

ЗЕРНОБОБОВЫЕ И КРУПЯНЫЕ КУЛЬТУРЫ № 2 (42), 2022 г.

Журнал СМИ основан в 2012 году.
Периодичность издания – 4 номера в год.

ISBN 9 785905 402036

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

Главный редактор

Зотиков Владимир Иванович – член-корр. РАН

Заместитель главного редактора

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

Ответственный секретарь

Грядунова Надежда Владимировна – к. биол. наук

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

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

Баталова Галина Аркадьевна, академик РАН

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

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

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

Вишнякова Маргарита Афанасьевна, д. биол. наук

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

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

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

Косолапов Владимир Михайлович, академик РАН

Крефт Иван, академик, Словения

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

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

Прянишников Александр Иванович, член-корр. РАН

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

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

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.**

Фотомастер **Черненький В.А.**

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

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

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

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

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

Адрес редакции, издателя,
типографии:
302502, Орловская область,
Орловский район, пос. Стрелецкий,
ул. Молодежная, д.10, корп.1
тел.:(4862) 40-32-24, 40-30-04
E-mail: office@vniizbk.ru,
jurnalzbk@mail.ru
Сайт: <https://vniizbk.ru>

Дата выхода в свет: 21.06.2022 г.

Формат А4.

Гарнитура Times New Roman.

Тираж 300 экз.

Отпечатано в ФГБНУ «ФНЦ ЗБК»

Цена свободная.

ZERNOBOBOVYE I KRUPÂNYE KUL'TURY (Legumes and Groat Crops) No.2 (42), 2022

Scientific journal founded in 2012 year.

Frequency of publication 4 issues per year.

ISBN 9 785905 402036**Founder and Publisher – Federal State Budgetary Scientific Institution
«Federal Scientific Center of Legumes and Groat Crops» (FSBSI FSC LGC)**Editor-in-Chief: **Zotikov, Vladimir I.** – *Corresponding Member, Russian Academy of Sciences*Deputy Editor-in-Chief: **Sidorenko, Vladimir S.** – *Deputy Director for breeding work, FSBSI FSC LGC, Cand. Sci. (Agric.)*Assistant Editor: **Gryadunova, Nadezhda V.** – *Leading Researcher Lab. NTI, FSBSI FSC LGC, Cand. Sci. (Biol.)***EDITORIAL TEAM****Amelin, Aleksandr V.** – *Collective Use Center «Plant Genetic Resources and Their Use» – N.V. Parakhin GAU, Orel; Dr. Sci. (Agric.)***Batalova, Galina A.** – *FSBSI Rudnitsky FANTs Severo-Vostoka, Deputy Director, Member, Russian Academy of Sciences***Bobkov, Sergei V.** – *FSBSI FSC LGC, Head of Laboratory of Physiology and Biochemistry of Plants, Cand. Sci. (Agric.)***Budarina, Galina A.** – *FSBSI FSC LGC, Head of Laboratory of Agricultural Technology and Plant Protection, Cand. Sci. (Agric.)***Vasin, Vasily G.** – *Samara State Agrarian University, Head. Department of Crop Production and Agriculture, Dr. Sci. (Agric.)***Vishnyakova, Margarita A.** – *FSBSI N.I. Vavilov FITS VIGR, Head of Department, Dr. Sci. (Biol.)***Voziyan, Valeriy I.** – *NIIPK «Selection» Rep. of Moldova, Dr. Sci. (Agric.)***Zadorin, Aleksandr M.** – *FSBSI FSC LGC, Cand. Sci. (Agric.)***Zelenov, Andrei A.** – *FSBSI FSC LGC, Deputy Director for Research, Cand. Sci. (Agric.)***Kosolapov, Vladimir M.** – *FSBSI V.R. Williams FNTs Feed Production and Agroecology, Director, Academician, Russian Academy of Sciences***Kreft, Ivan** – *University of Ljubljana, Slovenia, Professor, Academician, Slovenian Academy of Sciences and Arts, Dr. Sci., Dr. h.c.***Polukhin, Andrei A.** – *FSBSI FSC LGC, Director, Dr. Sci. (Econ.), Professor, Russian Academy of Sciences***Privalov, Fedor I.** – *Dr. Sci. (Agric.), Corresponding Member, National Academy of Sciences of Belarus, Professor***Pryanishnikov, Alexander I.** – *JSC «Schelkovo-Agrochem», Head of the Department of Selection and Seed Production of Agricultural Crops, Corresponding Member, Russian Academy of Sciences***Serekpae, Nurlan A.** – *S. Seifullin Kazakh Agrotechnical University, vice-rector, Dr. Sci. (Agric.)***Suvorova, Galina N.** – *FSBSI FSC LGC, Head of Laboratory of Genetics and Biotechnology, Cand. Sci. (Agric.)***Ushachev, Ivan G.** – *FSBSI FSC VNII Agr.Economics, Academician, Russian Academy of Sciences***Feng Baili** – *Ph. D., Professor, Northwest A & F University, P.R. China***Fesenko, Aleksei N.** – *FSBSI FSC LGC, Head of Laboratory of Buckwheat Breeding, Dr. Sci. (Biol.)***Shevchenko, Sergei N.** – *Samarskii NIISKh, Director, Member, Russian Academy of Sciences***Yagovenko, German L.** – *All-Russian Research Institute of Lupine – a branch of FSBSI V.R. Williams FNTs Feed Production and Agroecology, Director, Dr. Sci. (Agric.)*Scientific editor: **Gryadunova, Nadezhda V.**Layout, design: **Khmyzova, Natal'ya G.**English translation: **Stefanina, Svetlana A.**Photo: **Chernen'kii, Vitalii A.**

Journal is registered by the Federal Service for Supervision of Communications, Information Technologies and Mass Communications
Registration certificate
ИИ №ФС77-77939,
dated 19.02 2020

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

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

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

<http://eLIBRARY.RU>

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

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

Date of publication: 21.06.2022

Format A4.

Font Times New Roman.

Circulation 300 copies.

Printed at FSBSI «FSC LGC»

Price free.

СОДЕРЖАНИЕ

Зотиков В.И., Зубарева К.Ю., Варламов Н.В. Отзывчивость различных сортов сои на применение органоминеральных микроудобрений	5
Ибрагимова З.Ш. Параметры водного режима и активность антиоксидантной системы у образцов сои в условиях засухи и засоления	16
Головина Е.В., Леухина О.В., Леухина Т.В. Влияние погодных условий на формирование хозяйственно ценных признаков у сортов сои различной селекции	24
Зинченко А.В., Лынный Д.А., Сидорик И.В., Дидоренко С.В. Изучение скороспелости коллекционного материала сои в условиях Северного Казахстана	33
Зеленов А.Н., Зеленов А.А. Сто лет орловской селекции гороха. Итоги и перспективы	41
Соболева Г.В., Зеленов А.А., Задорин А.М., Кононова М.Е., Суворова Г.Н. Новый сорт гороха Столетник	60
Ерохин А.И. Применение низкочастотного электромагнитного поля для предпосевной обработки семян гороха	66
Таскинбаева Р.Ж., Есимбекова М.А., Ыдырыс А.А., Байтаракова К.Ж. Формирование активной коллекции нута (<i>Cicer L.</i>) для селекции на адаптивность и устойчивость в условиях Юго-Востока Казахстана	74
Амелин А.В., Фесенко А.Н., Заикин В.В., Фесенко И.Н., Чекалин Е.И. Динамика интенсивности фотосинтеза у детерминантных и индетерминантных сортов гречихи	82
Медведев А.М., Кузьмич М.А., Кузьмич Л.С., Лисеенко Е.Н., Жихарев С.Д., Соболева Е.В. Перспективы селекции озимой тритикале в Центральном Нечерноземье	89
Голова Т.Г., Ершова Л.А., Кузьменко С.А. Формирование продуктивности ярового ячменя в стрессовых условиях	98
Малокостова Е.И., Попова А.В. Урожайность и элементы ее структуры перспективных линий яровой пшеницы в конкурсном сортоиспытании	106
Кулеватова Т.Б., Злобина Л.Н., Бекетова Г.А., Андреева Л.В. Особенности реологических свойств теста на основе яровой мягкой пшеницы	111
Полонский В.И., Герасимов С.А., Сумина А.В. Адаптивность образцов овса по величине урожая и содержанию белка в зерне в условиях Восточной Сибири	119
Романов Б.В., Козлов А.А., Парамонов А.В., Сорокина И.Ю. Перспективная линия тургидной пшеницы	127

ZERNOBOBOVYE I KRUPÂNYE KUL'TURY (Legumes and Groat Crops) No.2 (42), 2022

Zotikov V.I., Zubareva K.Yu., Varlamov N.V. Responsiveness of different soybean varieties to the application of organomineral microfertilizers	5
Ibrahimova Z.Sh. Parameters of the water regime and activity of the antioxidant system in soybean samples under conditions of drought and salinization	16
Golovina E.V., Leukhina O.V., Leukhina T.V. Influence of weather conditions on the formation of economically valuable traits in soybean varieties of different breeding	24
Zinchenko A.V., Linnik D.A., Sidorik I.V., Didorenko S.V. The study of the precocity of soybean collection material in the conditions of Northern Kazakhstan	33
Zelenov A.N., Zelenov A.A. One hundred years of Orel pea breeding. Results and prospects	41
Soboleva G.V., Zelenov A.A., Zadorin A.M., Kononova M.E., Suvorova G.N. New variety of pea Stoletnik	60
Erokhin A.I. Application of a low-frequency electromagnetic field for presowing treatment of pea seeds	66
Taskinbayeva R.Zh., Esymbekova M.A., Ydyrys A.A., Baitarakova K.Zh. Formation of an active collection of chickpea (<i>Cicer L.</i>) for adaptability and tolerance breeding in the conditions of the south-east of Kazakhstan	74
Amelin A.V., Fesenko A.N., Zaikin V.V., Fesenko I.N., Chekalin E.I. Dynamics of photosynthesis intensity in buckwheat varieties with indeterminate vs. determinate growth habits	82
Medvedev A.M., Kuzmich M.A., Kuzmich L.S., Liseenko E.N., Zhikharev S.D., Soboleva E.V. Prospects of winter triticale breeding in the Non-Chernozem zone	89
Golova T.G., Ershova L.A., Kuzmenko S.A. Formation of spring barley productivity under stressful conditions	98
Malokostova E.I., Popova A.V. Yield and elements of its structure of promising spring wheat lines in competitive variety testing	106
Kulevatova T.B., Zlobina L.N., Beketova G.A., Andreeva L.V. Features of rheological properties of the dough based on spring soft wheat	111
Polonsky V.I., Gerasimov S.A., Sumina A.V. Adaptability of oats accessions in yield and protein content in the grain in the conditions of Eastern Siberia	119
Romanov B.V., Kozlov A.A., Paramonov A.V., Sorokina I.Yu. Perspective line of turgid wheat	127

ОТЗЫВЧИВОСТЬ РАЗЛИЧНЫХ СОРТОВ СОИ НА ПРИМЕНЕНИЕ ОРГАНОМИНЕРАЛЬНЫХ МИКРОУДОБРЕНИЙ

В.И. ЗОТИКОВ, член-корреспондент РАН, ORCID ID: 0000-0001-5713-7444
К.Ю. ЗУБАРЕВА, кандидат биологических наук, ORCID ID: 0000-0002-7083-6730
Н.В. ВАРЛАМОВ, доктор экономических наук, ORCID ID: 0000-0001-8255-3562

ФГБНУ «ФНЦ ЗЕРНОБОБОВЫХ И КРУПЯНЫХ КУЛЬТУР»

E-mail: office@vniizbk.ru

В статье изложены результаты исследований 2019-2021 гг. по изучению влияния комплексного применения органоминеральных микроудобрений и биостимуляторов в предпосевной обработке семян и листовых подкормках в фазы 3-х тройчатых листьев и бутонизации на продуктивность растений и качество зерна сои районированных новых сортов, отличающихся типом роста и развития Зуша и Осмонь в конкретных почвенно-климатических условиях. Опытным путем установлено их положительное влияние на увеличение (относительно контрольного варианта без обработок) значений количественных признаков элементов урожайности, которые находятся в положительной корреляционной связи с продуктивностью: количества бобов с растения на 4,29-13,85 и 3,86-10,67 шт., количества зерна с растения на 11,35-28,65 и 8,48-26,96 шт. и массы 1000 семян на 3,17-8,37 и 1,75-4,3 г соответственно у сортов Зуша и Осмонь. При контрастных погодных условиях в годы исследований отмечается наибольшая прибавка урожайности в результате предпосевной обработки семян, одной и двух листовых подкормок, которая составила у сорта Зуша – 0,21-0,24 т/га (6,7-7,6%), у сорта Осмонь – 0,20-0,21 т/га (6,3-6,6%). Повышенное содержание жира в зерне 20,38% у полудетерминантного сорта Зуша, а повышенное содержание белка 38,48% у индетерминантного сорта Осмонь отмечено при предпосевной обработке семян и двух внекорневых подкормках вегетирующих растений.

Ключевые слова: соя, агротехнологии, органоминеральные микроудобрения, листовые подкормки, качество, белок, жир, урожайность.

Для цитирования: Зотиков В.И., Зубарева К.Ю., Варламов Н.В. Отзывчивость различных сортов сои на применение органоминеральных микроудобрений. *Зернобобовые и крупяные культуры*. 2022; 2(42):5-15. DOI: 10.24412/2309-348X-2022-2-5-15

RESPONSIVENESS OF DIFFERENT SOYBEAN VARIETIES TO THE APPLICATION OF ORGANOMINERAL MICROFERTILIZERS

V.I. Zotikov, K.Yu. Zubareva, N.V. Varlamov

FSBSI «FEDERAL SCIENTIFIC CENTER OF LEGUMES AND GROAT CROPS»

E-mail: office@vniizbk.ru

Abstract: *The article presents the results of 2019-2021 research on the effect of complex application of organomineral microfertilizers and biostimulants in pre-sowing seed treatment and leaf dressing in the phases of 3 triple leaves and budding on plant productivity and grain quality of soybean released new varieties, different type of growth and development, Zusha and Osmon in specific soil and climatic conditions. A positive effect on the increase (relative to the control variant without treatments) of the quantitative traits of the yield elements, which are in a positive correlation with productivity, was found by experiment: number of beans per plant on 4.29-13.85*

and 3.86-10.67 pieces, amount of grain per plant on 11.35-28.65 and 8.48-26.96 pieces and weights of 1000 seeds on 3.17-8.37 and 1.75-4.32g respectively, in the varieties Zusha and Osmon. Under contrasting weather conditions in the years of the study, the largest increase in yield was noted as a result of pre-sowing seed treatment and one and two foliar applications, which amounted to: variety Zusha - 0.21-0.24 t/ha (6.7-7.6%), variety Osmon - 0.20-0.21 t/ha (6.3-6.6%). An increased fat content in the grain of 20.38% in the semi-determinant variety Zusha, and an increased protein content of 38.48% in the indeterminate variety Osmon were noted during pre-sowing seed treatment and two foliar top dressings of vegetative plants.

Keywords: soybeans, agricultural technologies, organomineral microfertilizers, foliar feeding, quality, protein, fat, productivity.

Современное сельское хозяйство выполняет стратегические задачи производства огромного количества биологического сырья, из которого посредством переработки конечный потребитель обеспечивается продуктами жизнеобеспечения. Однако, сельскохозяйственные ресурсы мира неукоснительно сокращаются из-за растущего населения земного шара и действия закона убывающего плодородия земель. Наряду с реализацией Всемирной продовольственной программы Организации Объединенных Наций [1] в мировом масштабе, и Доктрины продовольственной безопасности Российской Федерации [2] в рамках нашей страны, вышеприведенные факторы спровоцировали постоянный рост производства агропромышленного комплекса как во многих странах мира, так и в Российской Федерации за счет не возобновляемых ресурсов и энергии.

В последние годы на фоне тотального химического прессинга наблюдается циркуляция в экосистемах синтетических пестицидов и кумуляция последних в биосредах человека и животных [3], вследствие чего остро стоит вопрос трансформации существующих систем земледелия в сторону восстановления естественного ресурсооборота наряду с ростом производства сельскохозяйственной продукции.

Экологизация земледелия – метод ведения сельского хозяйства в рамках которого происходит сознательная минимизация использования традиционных химических удобрений, пестицидов, регуляторов роста. Для увеличения урожайности, обеспечения культурных растений элементами питания, борьбы с биотическими патогенными факторами активнее используются инновационные подходы, базирующиеся на биологически ориентированные системы [4].

Немаловажным фактором, способствующим развитию данного направления в сельском хозяйстве, является становление нормативно-правовой базы для действующих производителей органической продукции и планирующих перевод своих предприятий на соответствующие стандарты, которое в РФ началось с 2008 года (СанПиН 2.3.2.1078-01), а в 2020 году впервые вступает в силу Федеральный закон об органическом сельском хозяйстве № 280-ФЗ от 29.07.2017 г.

Однако выстроить и организовать ведение органического сельского хозяйства для товаропроизводителей зачастую достаточно сложный процесс, включающий в себя решение задач разнопланового характера.

В мировой практике существуют разные фрагментарные научные решения, обосновывающие рациональное природопользование и включающие в отдельности и в совокупности использование вещественной и технологической моделей как сохраняющие природные ресурсы, так и конструирующие экономически и экологически сбалансированные агроценозы, которые можно применять в длительном переходном (подготовительном) и конверсионном периоде к ведению устойчивого сельского хозяйства.

Применение различных систем питания – одно из наиболее эффективных средств стабильного производства отрасли растениеводства в современных условиях.

Листовые подкормки в последние десятилетия стали неотъемлемой частью интенсивных, конвенциональных (традиционных) и природоподобных технологий возделывания культурных растений за счет обеспечения максимальной скорости поглощения

питательных веществ, доставляемых в легкоусвояемой форме, с целью наиболее полного использования генетического потенциала урожайности возделываемых сортов.

Ассортимент на современном рынке специальных удобрений для внекорневых (листовых) подкормок вегетирующих растений в различные фазы роста и развития становится более разнообразным [5-7]. Они имеют много достоинств: полностью водорастворимые и различаются по составу, что позволяет использовать в том числе и в длительном постепенном переходе на органическое сельское хозяйство, так как часто содержат комплекс макро- и микроэлементов в хелатной форме, а также фитогормоны, гуминовые и фульвокислоты, олигосахариды, пептиды и аминокислоты; сравнительно небольшая стоимость; совместимость со многими компонентами баковых смесей; минимизированные дозы внесения; хорошая растворимость в воде, что позволяет использовать различное технологическое оборудование.

Механизм действия большинства современных микропрепаратов для листовых подкормок на продуктивность растений и качество сельскохозяйственных культур районированных сортов в конкретных почвенно-климатических условиях остается недостаточно изученным.

Цель исследований – изучение влияния комплексных органоминеральных микроудобрений с хелатами микроэлементов на продуктивность растений и качество зерна азотфиксирующей культуры – сои.

Материал и методы исследования

Работу выполняли в 2019-2021 гг. Почва темно-серая лесная среднесуглинистая, среднегумусовая (4,2% по Д.С. Орлову, Л.А. Гришиной), слабокислая (рН водной вытяжки 5,1), со средним содержанием обменного калия (12,2% по А.А. Масловой) и подвижного фосфора (18,0% по Ф.В. Чирикову) для зернобобовых культур.

Возделывание культуры сои наряду с ее высокой рентабельностью производства, питательностью, ценностью при разностороннем применении, широкой востребованностью у товаропроизводителей и потребителей является одним из эффективных экологических путей решения развития органической стратегии страны путем использования потенциала симбиотической фиксации атмосферного азота клубеньковыми бактериями из воздуха и мобилизации его в почвенных запасах.

Объектами исследования являлись контрастные сорта сои: раннеспелый сорт индетерминантного типа роста и развития Осмонь (в Госреестре РФ с 2018 г.) и среднеранний сорт Зуша полудетерминантного типа роста и развития (с 2015 г.) [8, 9]. Эксперимент был заложен на делянках с учетной площадью 10 м² в четырехкратной повторности (рис. 1). Метод размещения делянок – рендомизированный. Норма высева – 0,6 млн. всхожих семян/га. Способ посева широкорядный (ширина междурядий 0,45 м).



Рис. 1. Посевы сои сортов Зуша и Осмонь на опытном поле в 2021 году (01 июля)

Схема опыта: 1 – контроль (без обработок); 2 – предпосевная обработка семян (бинарная баковая смесь аминокислотным биостимулятором Биостим Старт, 1л/т и фунгицидным протравителем Скарлет, 0,4 л/т (заблаговременно до посева) + инокулянтом Ризоформ Соя, содержащим *Bradyrhizobium japonicum* (2-3*10⁹ КОЕ/мл), 3л/т совместно с прилипателем-стабилизатором Статик, 0,85 л/т (в день посева);

3 – предпосевная обработка семян + листовая подкормка в фазу 1-3 тройчатых листьев (органоминеральными микроудобрениями Интермаг Профи Бобовые и Стручковые, 1 л/га + Биостим Масличный, 1 л/га);

4 – предпосевная обработка семян + две листовые подкормки в фазы 1-3 тройчатых листьев и бутонизации (Интермаг Профи Бобовые и Стручковые (Ультрамаг Комби), 1 л/га + Биостим Масличный, 1 л/га).

Учет урожая зерна сои проводили поделочно комбайном САМПО-130 при наступлении полной спелости и технологической влажности (14%) путем сплошного обмолота (в 2019 году – 13, в 2020 году – 26, в 2021 году – 16 сентября). Перед уборкой с делянок проведен сноповый отбор растений в фазе полного созревания для морфологического анализа в соответствии с Методическими рекомендациями ВИР Вишняковой М.А. и др. (2018). Биохимический анализ зерна сои проводили на инфракрасном анализаторе Infratec 1241 (программа SO 090711) (FOSS, Denmark). Оптическую плотность рабочего раствора этаноловых вытяжек (липофильного экстракта), содержащих сумму зеленых и желтых пигментов, определяли на спектрофотометре ПЭ-5300ВИ при трех длинах волн (665, 649 и 440 нм). Концентрацию хлорофиллов, *a* и *b* рассчитывали по уравнениям Винтерманс и Де Мотс для этанола, а каротиноидов в суммарной вытяжке пигментов по уравнению Веттштейна. Содержание хлорофиллов и каротиноидов пересчитывали в мг/г воздушно-сухого веса зеленой массы. Корреляционный анализ проведен с помощью использования программы Excel. Расчёт затрат на применение микроудобрений и биопрепаратов перед посевом семян и по вегетирующим растениям, а также на уборку прибавки урожая зерна производили на основе технологических карт ФНЦ ЗБК, рыночных цен и действующих нормативов.

Метеорологические условия в годы проведения исследований (2019-2021 гг.) вегетационных периодов были контрастными и имели некоторые отклонения от среднемноголетних данных (рис. 2).

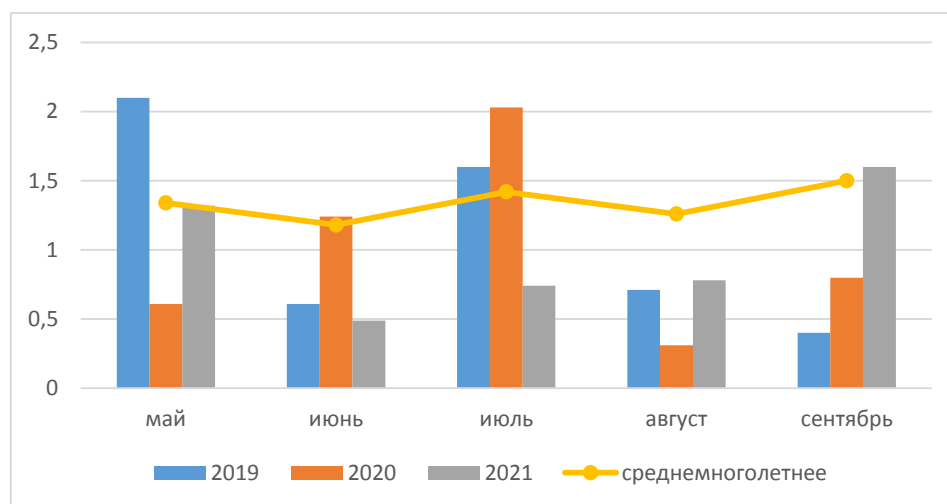


Рис. 2. Гидротермические коэффициенты (ГТК) периода роста и развития растений сои Орловского района Орловской области 2019-2021 гг. (по данным ЦГМС, г. Орёл)

Результаты и их обсуждение

В 2019 году сроки посева были затянуты (19 мая), так как в первой половине этого месяца наблюдались обильные осадки. Характер распределения осадков, восполняющих почвенную влагу, на протяжении всего вегетационного периода был благоприятным для

формирования урожая. Почвенные запасы влаги, пополненные майскими обильными осадками, нивелировали засушливые условия первых двух декад июня. В периоды всходы-ветвление, когда наблюдалась сильная засушливость, растения сои оказались довольно устойчивыми к данному фактору, чему способствовала хорошо развитая корневая система, располагающая основным запасом влаги в метровом слое почвы, а также характеристикой расхода воды в данный период 7,9% от общего расхода за вегетацию [10]. Соя более отзывчива на увлажнение в периоды цветения-бобообразования и особенно в периоды формирования бобов-налива семян (расход воды растениями в данные периоды составляет 30,8-39,4% от общего расхода за вегетацию). Обильные осадки третьей декады июня (101,6% от среднегодовой нормы), когда было зафиксировано цветение сортов сои, и июля (106% от нормы) обеспечили закладку урожая в наиболее критические по водопотреблению фазы развития растений даже на фоне понижения температуры в первые две декады июля до 16,3-16,5°C. В целом, температура воздуха в первой половине периода вегетации по месяцам была выше среднегодовой на 3,15°C, однако, в первую декаду августа наблюдалось понижение температуры до 14,9°C, что явилось экстремальным температурным режимом для сорта Зуша и повлияло на его урожайность, у которого периоды наступления основных фаз роста и развития во второй половине вегетации опережали на 1-1,5 недели сорт Осмонь. В этот период у сорта Зуша уже протекала массово фаза цветения-формирования бобов на большинстве ярусов образования генеративных органов, тогда как у сорта Осмонь образование генеративных органов фиксировалось только на нижних ярусах. Низкая температура спровоцировала абортивность генеративных органов, что существенно повлияло на урожайность сорта Зуша.

Метеорологические условия вегетационного периода 2020 года для сои можно охарактеризовать как благоприятные за исключением холодного с обильными осадками мая, когда температурный режим характеризовался как негативный (температура воздуха второй и третьей декады месяца была ниже среднегодовой нормы на 3,75°C и составила 10,3-11,3°C). Этот факт значительно пролонгировал всходы, которые фиксировались как полные лишь 04 июня при посеве 13 мая. Совокупность благоприятных факторов (количество осадков и температурный режим) повлияло на различия в наступлении фаз роста и развития во второй половине вегетации сортов, временной промежуток которых сократился до 5-7 дней. Однако, во второй декаде июля наблюдались обильные осадки (выпало 204,4% от среднегодовой нормы) в активные периоды цветения у сорта Осмонь и цветения-образования бобов у сорта Зуша. Аномальные осадки второй декады июля способствовали интенсивной активизации и распространению летней генерации возбудителя пероноспороза. Растения характеризовались появлением на листьях вначале бледно-зеленых (визуальный осмотр 28 июля 2020 г.), а позднее бурящих пятен, покрывающихся с нижней стороны серовато-фиолетовым налетом. Пораженные листья отмирали. Всё это отрицательно повлияло на урожай сои в количественном и качественном выражении.

Для 2021 года характерны следующие особенности: теплый и влажный период при прорастании семян (посев был проведен 12 мая, поэтому последующие затяжные обильные дожди обеспечили достаточную влажность почвы для набухания и прорастания семян в фазу всходов); несколько засушливый, но комфортный по температуре период роста и развития растений с обильными осадками в критические по водопотреблению фазы вегетации сои (третья декада июля (32,5 мм или 162,5% от нормы) — формирование репродуктивных органов; третья декада августа (27,2 мм или 123,6% от нормы) — созревание семян). Благоприятные погодные условия года обеспечили формирование высокого и качественного урожая.

В 2019 и 2021 гг. периоды посев-всходы протекали при среднесуточной температуре воздуха 18,8 и 15,4°C соответственно с достаточными запасами почвенной влаги, что благоприятно отразилось на показателе полевой всхожести семян. Продолжительность довсходового периода составила 8-9 и 12-13 дней в зависимости от сорта. Более поздний посев (19 мая) сократил продолжительность довсходового периода в сравнении с посевом в

2021 году (12 мая) при условии благоприятных погодных условий, а именно более высокой среднесуточной температуры.

По фазам роста и развития растений сои фенологические наблюдения показали, что у обоих сортов наблюдалось появление конуса нарастания первого порядка, а также у сорта Зуша наступление фазы цветения на нижних узлах главного стебля на вариантах применения предпосевной обработки семян на 1-2 дня раньше, чем на контроле.

После проведения внекорневой (листовой) подкормки в фазу 1-3 тройчатых листьев бинарной баковой смесью органоминеральными микроудобрениями активнее на развитие надземной биомассы отреагировал сорт Осмонь. После первой обработки прибавка в высоте растений по отношению к контролю составила в среднем за 3 года исследований 37,5%. После второй обработки в фазу бутонизации высота растений у сорта Зуша по годам исследований превысила контроль на 3,1 см, у сорта Осмонь прибавки не наблюдалось.

Однако, дополнительное питание в виде двух некорневых подкормок в фазы 1-3 тройчатых листьев и бутонизации повлияло на активность фотосинтетического аппарата растений сои, а именно на синтез большего количества высокоактивного хлорофилла, создавая тем самым фотосинтезирующие системы, способные наиболее полно поглощать приходящуюся на них энергию света и использовать впоследствии её на фотосинтез и образование органических веществ растительной биомассы, а, следовательно, и урожая.

Наши исследования показали, что при применении двух некорневых подкормок по вегетирующим растениям сои наблюдалось повышение суммы хлорофиллов *a* и *b* в листьях сорта Зуша на 15,86%, сорта Осмонь на 10,48% (табл. 1). При применении двух некорневых подкормок у обоих изучаемых сортов сои наблюдалось увеличение содержания в листьях хлорофилла *a*: у сорта Зуша – на 11,71%, у сорта Осмонь – на 10,37% по сравнению с контролем без обработки, при этом соотношение *a/b* понизилось с 1,32 до 1,21 мг/л и с 1,07 до 1,06 мг/л соответственно.

Таблица 1

Влияние листовых подкормок на содержание хлорофилла, *a* и *b* в листьях сои в фазу бобообразования, в мг/л (2021 год)

Варианты опыта	Концентрация в экстракте			Сумма хлорофиллов <i>a</i> и <i>b</i>	Отношение хлорофилла <i>a</i> к <i>b</i>	Отношение суммы хлорофиллов <i>a</i> и <i>b</i> к каротиноидам
	хлоро-филла <i>a</i>	хлоро-филла <i>b</i>	каро-тиноидов			
Сорт Зуша						
Контроль	7,60	5,77	5,32	13,37	1,32	2,51
Предпосевная обработка +2 листовые подкормки	8,49	7,00	6,25	15,49	1,21	2,48
Сорт Осмонь						
Контроль	7,33	6,89	4,97	14,22	1,07	2,86
Предпосевная обработка +2 листовые подкормки	8,09	7,62	5,50	15,71	1,06	2,86

Таким образом, листовые подкормки скорректировали работу фотосинтетического пигментного комплекса листьев на фоне высокой инсоляции 2021 года, а именно активизировали превращение энергии света в энергию разделения зарядов в ходе

окислительного фотосинтеза (увеличивается содержание хлорофилла *a*), диссипацию избытка поглощенной энергии (уменьшается отношение хлорофилла *a/b*) и светозащитную функцию (уменьшается отношение суммы хлорофиллов *a* и *b* к каротиноидам).

Применение в предпосевной обработке семян жидкого инокулянта Ризоформ Соя, содержащего штамм специализированной соевой бактерии *Bradyrhizobium japonicum*, предназначенного для эффективного формирования симбиотического аппарата и повышения уровня биологической азотфиксации, повысило уровень образования азотфиксирующих клубеньков на корневой системе сои на 29-41% в среднем по сортам (рис. 3). Листовые подкормки микропрепаратами, содержащими микроэлементы кобальт и молибден, участвующие в процессе симбиотической фиксации атмосферного азота, также положительно повлияли на уровень клубенькообразования.



Предпосевная обработка
семян



Контроль



Предпосевная обработка семян
+2 листовые подкормки

Рис. 3. Сорт сои Зуша (цветение-образование бобов, 07.07.2021 г.)

Изучаемые в опыте факторы повлияли на урожайность перспективных сортов сои Зуша и Осмонь, которая представлена в табл. 2. Необходимо отметить, что продуктивность сортов Зуша и Осмонь в среднем по итогам трехлетних испытаний составила 3,29 и 3,27 т/га.

Таблица 2

Урожайность сои в зависимости от вариантов опыта

Варианты опыта	Урожайность, т/га				Прибавка урожая	
	2019	2020	2021	Среднее	т/га	%
Сорт Зуша						
Контроль	3,10	2,73	3,62	3,15	-	-
Предпосевная обработка семян	3,20	2,85	3,97	3,34	0,19	6,0
Предпосевная обработка семян+1 листовая подкормка	3,20	2,98	3,90	3,36	0,21	6,7
Предпосевная обработка семян +2 листовые подкормки	3,17	3,05	3,95	3,39	0,24	7,6
Среднее по сорту	3,17	2,89	3,81	3,29	0,21	6,8
Сорт Осмонь						
Контроль	3,58	2,76	3,17	3,17	-	-
Предпосевная обработка семян	3,70	2,92	3,01	3,21	0,04	1,3
Предпосевная обработка семян+1 листовая подкормка	3,71	2,98	3,45	3,38	0,21	6,6
Предпосевная обработка семян +2 листовые подкормки	3,62	3,01	3,48	3,37	0,20	6,3
Среднее по сорту	3,65	2,92	3,24	3,27	0,15	1,6

Листовые подкормки препаратами, содержащими микроэлементы, оказали непосредственное влияние на весь ход вегетационного процесса.

Отзывчивость сортов сои Зуша и Осмонь на применение органоминеральных микроудобрений как отдельных элементов технологического процесса разная. По итогам трех лет отзывчивость на применение предпосевной обработки семян у сорта Зуша в 5 раз выше, чем у сорта Осмонь. Прибавка урожая составила 6,0 и 1,3 % соответственно, или 0,19 т/га и 0,04 т/га. Отзывчивость на применение некорневых подкормок выше у сорта Осмонь, у которого прибавка урожая в вариантах с одной и двумя листовыми подкормками в сравнении с вариантом применения только предпосевной обработки семян была больше на 5,3 и 5,0% или на 0,17 и 0,16 т/га соответственно.

Количественные признаки элементов продуктивности изменялись в зависимости от варианта опыта и подтверждают результаты, полученные при учете урожайности. Продуктивность сортов Зуша и Осмонь возрастает на 6,0-7,6 и 1,3-6,3% соответственно на фоне увеличения количества бобов с растения на 4,29-13,85 и 3,86-10,67 шт., количества семян с растения на 11,35-28,65 и 8,48-26,96 шт. и массы 1000 семян на 3,17-8,37 и 1,75-4,32 грамм.

Соя характеризуется специфичностью питания и неравномерностью поглощения питательных элементов по фазам роста и развития растений. Критическими периодами по потреблению азота являются бутонизация-цветение, налив бобов. Наилучшим образом симбиотический аппарат развивался в 2021 году, чему свидетельствует более мощный бобово-ризобийный симбиоз (по числу азотфиксирующих клубеньков на корнях растений), что значительно увеличило азотфиксацию и положительно повлияло не только на урожайность, но и на содержание белка в зерне: от 41,0 до 41,6% в среднем по двум сортам. Меньшая белковость семян была в 2019 году – 37,5-40,1%, и особенно в 2020 – 34,8-38,0%. Сорт сои Зуша по содержанию белка в зерне (39,24 %) по итогам трех лет исследований (2019-2021 гг.) превосходит сорт Осмонь (38,19%).

Сорта по-разному отреагировали на применение микроудобрений и биостимуляторов формированием белкового комплекса. Максимальное содержание белка в зерне у сорта Зуша было отмечено в варианте с двумя листовыми подкормками и составляет 39,45%, что на 0,16 единиц больше, чем в контроле. Сорт Осмонь был более отзывчив на предпосевную обработку семян и листовые подкормки накоплением белка в зерне, прибавка составила 0,35; 0,42 и 0,55% к контролю. Максимальный сбор белка с гектара отмечается у сорта Зуша на варианте с двумя листовыми подкормками -1337,4 кг/га, а у сорта Осмонь – на вариантах с одной и двумя листовыми подкормками – 1296,2 и 1296,8 кг/га, что выше контроля на 99,8 и 93,8-94,4 кг/га соответственно (рис. 4).

Как известно, между содержанием белка и жира в зерне сои существует обратная зависимость, которую подтвердили и наши исследования [11]. Микроудобрения и биостимуляторы не оказали существенного влияния на содержание жира в зерне сорта Осмонь. Но в абсолютном исчислении сбор жира увеличился за счет повышения урожая сои сорта Осмонь на вариантах с применением листовых подкормок. Обратная зависимость наблюдается у сорта Зуша: если в вариантах совместного применения препаратов повышение сбора белка произошло только за счет увеличения урожайности, то сбор жира в опытных вариантах напрямую зависел, как от урожайности, так и от содержания жира в зерне сои. Исследования показали, что предпосевная обработка семян с двумя листовыми подкормками способствует увеличению жира в зерне сои сорта Зуша на 0,19%, а сбора жира с 1 га – с 642 до 713,3 кг (рис. 4).

Согласно данным корреляционного анализа установлено, что содержание белка и жира в зерне и его сбор находится в положительной корреляционной связи с урожайностью ($r=0,82-0,9$ и $r=0,99-1,0$), которая, в свою очередь, положительно коррелирует с ее компонентами: количество бобов на 1 растение ($r=0,83$ у сорта Зуша), числом семян в бобе ($r=0,58$ и $r=0,83$ соответственно у сортов Зуша и Осмонь), массой 1000 семян ($r=0,53$ у сорта Осмонь). Сорта проявили разную отзывчивость на применение агроприемов.

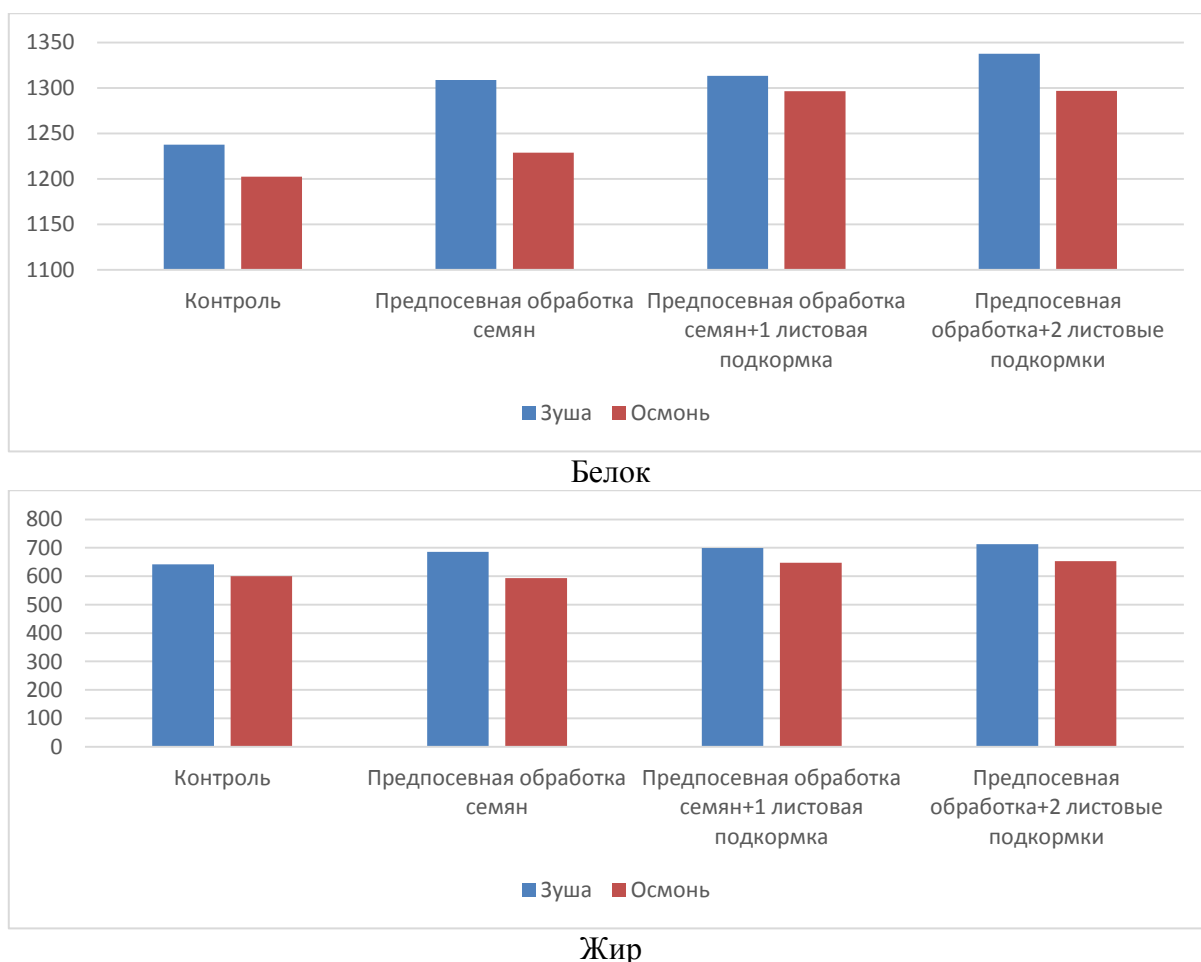


Рис. 4. Влияние биостимуляторов и микроудобрений на сбор белка и жира с 1 га (в среднем за годы исследований), кг

Совместное использование органоминеральных микроудобрений в предпосевной обработке семян и листовых подкормках экономически оправдано. Их применение обеспечивало условную прибыль от 17709,2 до 19226,2 руб/га при возделывании сорта Зуша, где наиболее предпочтительным является вариант опыта с применением предпосевной обработки семян и двух листовых подкормок, и от 2805,7 до 18744,7 руб/га – сорта Осмонь, где наилучший результат прибавки урожая в стоимостном выражении имеет вариант с применением предпосевной обработки семян и одной листовой подкормки.

Отзывчивость на комплексные органоминеральные микроудобрения позволяет рекомендовать возделывание новых районированных сортов сои Зуша и Осмонь по технологии, содержащей элементы предпосевной обработки семян и листовые подкормки по вегетирующим растениям в фазы 1-3 тройчатых листьев и бутонизации.

Заключение

Таким образом, в результате трехлетних исследований изучения влияния комплексного применении предпосевной обработки семян и листовых подкормок органоминеральными микроудобрениями Интермаг Профи Бобовые и Стручковые 1,0 л/га и Биостим Масличный 1,0 л/га, выявлено, что внекорневые подкормки в два срока обеспечивают достоверную прибавку урожая зерна сои: у сорта Зуша – 0,21-0,24 т/га, у сорта Осмонь – 0,20-0,21 т/га., за счет увеличения количества бобов с растения на 4,29-13,85 ($r=0,83$) и 3,86-10,67 шт., количества семян с растения на 11,35-28,65 и 8,48-26,96 шт. ($r=0,58$ и $0,83$) и массы 1000 семян на 3,17-8,37 и 1,75-4,32г ($r=0,53$).

Из двух изученных сортов наиболее отзывчив на предпосевную обработку семян, как отдельного элемента технологического процесса, сорт Зуша – прибавка к урожаю зерна составила 0,19 т/га.

Использование микроудобрений и биостимуляторов повлияло не только на рост урожайности сои. Сорты по-разному отзывались на применение препаратов по качественным характеристикам зерна, а именно по содержанию белка и жира, что позволит в дальнейшем конкретно использовать получаемый урожай на заранее запланированные цели по переработке: получение соевого масла и соевого шрота или для производства изолированного соевого белка. Полудетерминантный сорт Зуша отреагировал повышением содержания жира в семенах в вариантах с листовыми подкормками, у индетерминантного сорта Осмонь наблюдается обратная тенденция – увеличивается количество белка.

Оценка агроэкономической эффективности органоминеральных микроудобрений для предпосевной обработки семян и листовых подкормок подтверждает целесообразность их использования для удовлетворения растений сои в элементах питания в период вегетации. Они обеспечивают условную прибыль от прибавки урожая 17709,2-19226,2 руб/га при возделывании сорта Зуша и 2805,7-18744,7 руб/га – сорта Осмонь, что экономически оправдано.

Литература

1. Соглашение о стратегическом партнерстве между Правительством Российской Федерации и Всемирной продовольственной программой Организации Объединенных Наций на 2019-2022 годы. Распоряжение Правительства Российской Федерации от 09.03.2019 г. № 395-р: URL: <http://government.ru/docs/all/120935/> (дата обращения: 10.05.2022 г.).
2. Указ Президента Российской Федерации от 21 января 2020 года № 20 «Об утверждении Доктрины продовольственной безопасности Российской Федерации» URL: <http://www.kremlin.ru/acts/bank/45106/> (дата обращения: 10.05.2022 г.).
3. Ракитский В.Н., Терешкова Л.П., Чхвиркия Е.Г., Епишина Т.М. Основы обеспечения безопасного применения пестицидов // *Здравоохранение РФ*. – 2020. – Т. 64. – № 1. – С. 45-50. doi: 10.18821/0044-197X-2020-64-1-45-50.
4. Кирюшин В.И. Научно-инновационное обеспечение приоритетов развития сельского хозяйства // *Достижения науки и техники АПК*. 2019. Т.33. № 3. –С. 5-10. DOI: 10.24411/0235-2451-2019-10301.
5. Санина Н.В., Апаликов А.А. Листовые подкормки как эффективный элемент в современных технологиях возделывания ярового ячменя // *Зернобобовые и крупяные культуры*. – 2015. – № 3 (15). – С. 61-64.
6. Глазова З.И. Эффективность применения органоминеральных комплексов для листовых подкормок гречихи // *Зернобобовые и крупяные культуры*. - 2019. - № 2. – С.101-107. DOI: 10.24411/2309-348X-2019-11098.
7. Лозина Н.А., Зотиков В.И. Изменчивость элементов продуктивности проса в результате применения микроудобрений // *Зернобобовые и крупяные культуры*. – 2021. - № 4 (40). – С. 46-52. DOI: 10.24412/2309-348X-2021-4-46-52.
8. Зотиков В.И., Вилунов С.Д. Современная селекция зернобобовых и крупяных культур в России // *Вавиловский журнал генетики и селекции*. – 2021. – Т. 25. - № 4. – С. 381-387. DOI: 10.18699/VJ21.041.
9. Государственный реестр селекционных достижений, допущенных к использованию. Т. 1. «Сорта растений» (официальное издание). – М.: ФГБНУ «Росинформагротех», – 2021. – 719 с.
10. Федотов В.А, Гончаров С.В., Столяров О.В., Ващенко Т.Г., Шевченко Н.С. Соя в России: (монография). – М.: Агролига России, – 2013. – 432 с.
11. Зубарева К.Ю., Бобков С.В., Хрыкина Т.А. Влияние органоминеральных микроудобрений на накопление белка в органах растений и качество зерна сои // *Зернобобовые и крупяные культуры*. – 2022. – № 1 (41). – С. 13-20. DOI: 10.24412/2309-348X-2022-1-13-20.

References

1. Soglashenie o strategicheskome partnerstve mezhdu Pravitel'stvom Rossiiskoi Federatsii i Vsemirnoi prodovol'stvennoi programmoi Organizatsii Ob"edinennykh Natsii na 2019 - 2022 gody. Rasporyazhenie Pravitel'stva Rossiiskoi Federatsii ot 09.03.2019 g. № 395-r [Agreement on strategic partnership between the Government of the Russian Federation and the United Nations World Food Program for 2019-2022. Decree of the Government of the Russian Federation dated March 9, 2019 No. 395-r]: URL: <http://government.ru/docs/all/120935/> (accessed: 10.03.2022 g.). (In Russian)
2. Ukaz Prezidenta Rossiiskoi Federatsii ot 21 yanvarya 2020 goda № 20 «Ob utverzhdenii Doktriny prodovol'stvennoi bezopasnosti Rossiiskoi Federatsii» [Decree of the President of the Russian Federation of January 21, 2020 No. 20 "On Approval of the Food Security Doctrine of the Russian Federation"] URL: <http://www.kremlin.ru/acts/bank/45106/> (accessed: 10.03.2022 g.). (In Russian)
3. Rakitskii V.N., Tereshkova L.P., Chkhvirkiya E.G., Epishina T.M. Osnovy obespecheniya bezopasnogo primeneniya pestitsidov [Basics for ensuring the safe use of pesticides] *Zdravookhranenie RF*. 2020. V. 64. no.1, pp.45-50. doi: 10.18821/0044-197X-2020-64-1-45-50. (In Russian)

4. Kiryushin V.I. Nauchno-innovatsionnoe obespechenie prioritetov razvitiya sel'skogo khozyaistva [Scientific and innovative provision of agricultural development priorities] *Dostizheniya nauki i tekhniki APK*. 2019. V.33, no. 3, pp. 5-10. DOI: 10.24411/0235-2451-2019-10301. (In Russian)
5. Sanina N.V., Apalikhov A.A. Listovye podkormki kak effektivnyi element v sovremennykh tekhnologiyakh vozdel'yvaniya yarovogo yachmenya [Foliar feeding as an effective element in modern technologies for the cultivation of spring barley] *Zernobobovye i krupyanye kul'tury*. 2015, no.3 (15), pp. 61-64. (In Russian)
6. Glazova Z.I. Effektivnost' primeneniya organomineral'nykh kompleksov dlya listovykh podkormok grechikhi [The effectiveness of the use of organomineral complexes for foliar feeding of buckwheat] *Zernobobovye i krupyanye kul'tury*. 2019, no. 2, pp. 101 - 107. (In Russian)
7. Lozina N.A., Zotikov V.I. Izmenchivost' elementov produktivnosti prosa v rezul'tate primeneniya mikroudobrenii [Variability of millet productivity elements as a result of the use of microfertilizers] *Zernobobovye i krupyanye kul'tury*. 2021, no. 4 (40), pp. 46-52. DOI: 10.24412/2309-348X-2021-4-46-52. (In Russian)
8. Zotikov V.I., Vilyunov S.D. Sovremennaya selektsiya zernobobovykh i krupyanykh kul'tur v Rossii [Modern legume and cereal crop breeding in Russia] *Vavilovskii zhurnal genetiki i selektsii*. 2021, v. 25, no. 4, pp. 381-387. DOI: 10.18699/VJ21.041. (In Russian)
9. Gosudarstvennyi reestr selektsionnykh dostizhenii, dopushchennykh k ispol'zovaniyu. T. 1. «Sorta rastenii» (ofitsial'noe izdanie). [State register of breeding achievements approved for use. V. 1. "Varieties of Plants" (official edition).] Moscow, FGBNU «Rosinformagrotekh» Publ., 2021, 719 p. (In Russian)
10. Fedotov V.A., Goncharov S.V., Stolyarov O.V., Vashchenko T.G., Shevchenko N.S. Soya v Rossii: (monografiya) [Soya in Russia: (monograph)]. Moscow, *Agroliga Rossii*, 2013, 432p.
11. Zubareva K.Yu., Bobkov S.V., Khrykina T.A. Vliyanie organomineral'nykh mikroudobrenii na nakoplenie belka v organakh rastenii i kachestvo zerna soi [The effect of organomineral microfertilizers on the accumulation of protein in plant organs and the quality of soybean grain] *Zernobobovye i krupyanye kul'tury*. 2022, no. 1 (41), pp. 13-20. DOI: 10.24412/2309-348X-2022-1-13-20. (In Russian)

ПАРАМЕТРЫ ВОДНОГО РЕЖИМА И АКТИВНОСТЬ АНТИОКСИДАНТНОЙ СИСТЕМЫ У ОБРАЗЦОВ СОИ В УСЛОВИЯХ ЗАСУХИ И ЗАСОЛЕНИЯ

З.Ш. ИБРАГИМОВА кандидат биологических наук

E-mail: ziyade.ibrahimova@gmail.com

НАНА ИНСТИТУТ ГЕНЕТИЧЕСКИХ РЕСУРСОВ, Азербайджан

Целью исследовательской работы была оценка влияния дефицита воды на физиологические и биохимические показатели в листьях образцов сои при стрессе. Определяли водоудерживающую способность листьев растений сои, дефицит воды, содержание свободного пролина, активность гваякол-пероксидазы. Во время водного стресса наряду со снижением водоудерживающей способности наблюдались значительные изменения в содержании свободного пролина и активности фермента. Посредством осмотических растворов (сахароза) создавали условия умеренной (3,5 атм) и сильной (7 атм) засухи, а посредством раствора NaCl (9 атм) создавали условия засоления. В ходе воздействия умеренного водного стресса у растений 4-х сортов отмечался рост содержания свободного пролина в 1,47-3,3 раза. Тогда как, для сорта Синара характерно повышение в 12 раз относительно контроля. В условиях сильной засухи содержание этой аминокислоты у растений всех сортов возрастало в 1,83-16,3 раза. Низкий рост содержания пролина наблюдался у сорта Краснодар-68, а самый значительный – у сорта Синара. Предполагается, что причиной значительного роста содержания свободного пролина в листьях сорта Синара является разрушение белков в результате стресса. В условиях засоления активность системы антиоксидантной ферментной защиты возрастала в 1,37-2,94 раза, содержание свободного пролина – в 2,1-6,9 раза относительно контроля.

Комплексное изучение показателей водного дефицита выявило большую чувствительность образцов сорта Синара к воздействию засухи и засоления. Образцы сорта Киота отличились большей устойчивостью, что может объясняться более гибким к воздействиям окружающей среды водным балансом, то есть более быстрой работой адаптивных механизмов в условиях стресса.

Ключевые слова: соя, водный дефицит, пролин, гваякол-пероксидаза.

Для цитирования: Ибрагимова З.Ш. Параметры водного режима и активность антиоксидантной системы у образцов сои в условиях засухи и засоления *Зернобобовые и крупяные культуры*. 2022; 2(42):16-23. DOI: 10.24412/2309-348X-2022-2-16-23

PARAMETERS OF THE WATER REGIME AND ACTIVITY OF THE ANTIOXIDANT SYSTEM IN SOYBEAN SAMPLES UNDER CONDITIONS OF DROUGHT AND SALINIZATION

Z.Sh. Ibrahimova

ANAS INSTITUTE OF GENETIC RESOURCES, AZERBAIJAN

Abstract: *The aim of the research work was to assess the effect of water deficiency on physiological and biochemical parameters in the soybean leaves samples under stress. The water-retaining capacity of soybean plant leaves, water deficiency, free proline content, guaiacol peroxidase activity were determined. During water stress, along with a decrease in water retention*

capacity, significant changes in the content of free proline and enzyme activity were observed. By means of osmotic solutions (sucrose), conditions of moderate (3.5 atm) and severe (7 atm) drought were created, and by means of NaCl solution (9 atm), salinization conditions were created. During the exposure to moderate water stress, plants of 4 varieties showed an increase in the content of free proline by 1.47-3.3 times. Whereas, the Sinara variety is characterized by a 12-fold increase relative to the control. In conditions of severe drought, the content of this amino acid in plants of all varieties increased by 1.83-16.3 times. A low increase in the proline content was observed in the Krasnodar-68 variety, and the most significant was in the Sinara variety. It is assumed that the reason for the significant increase in the content of free proline in the leaves of the Sinara variety is the destruction of proteins as a result of stress. Under salinization conditions, the activity of the antioxidant enzyme protection system increased by 1.37-2.94 times, the content of free proline - by 2.1-6.9 times relative to the control.

A comprehensive study of water scarcity indicators revealed a greater sensitivity of samples of the Sinara variety to the effects of drought and salinization. The samples of the Kiota variety were distinguished by greater stability, which can be explained by a more flexible water balance to environmental influences, that is, faster operation of adaptive mechanisms under stress.

Keywords: soy, water deficiency, proline, guaiacol peroxidase.

Введение

Из всех сельскохозяйственных растений во всем мире соя – одна из самых важных зернобобовых культур, которая является богатым источником белков, жиров, макро- и микроэлементов. Несмотря на неуклонный рост потребности в сое, как богатом источнике белка, значительная часть урожая теряется. По сравнению с получаемой максимальной урожайностью большая часть этих потерь происходит из-за влияния факторов абиотического стресса. По сравнению с другими бобовыми соя более чувствительна к стрессовым воздействиям, в частности, к дефициту воды [8] и низкой температуре [9].

Общий физиолого-биохимический ответ растений на воздействие факторов абиотического стресса может быть определен с помощью таких параметров, как показатели водного режима, содержание свободного пролина, активность антиоксидантных ферментов. Изучение показателей водного режима дает возможность получить более точную информацию о засухоустойчивости каждого сорта [4].

Вред, наносимый клеткам и в целом растениям активными формами кислорода (АФК), объем которых во время стресса многократно возрастает, велик, и оказывая воздействие на все биомолекулы, может нарушить целостность клетки. Однако АФК в то же время играет роль маркера стрессовых ситуаций и способствует запуску сигнальных систем, передающих информацию о стрессе. У растений существуют механизмы защиты от вреда, наносимого свободными радикалами. К ним относятся изменения, происходящие на морфологическом, метаболическом, генетическом уровнях для приспособления к неблагоприятным условиям среды. Во время стресса в организме растения сохранение гомеостаза происходит за счет двух компонентов антиоксидантной системы: ферментативного (супероксиддисмутаза, пероксидаза, каталаза) и неферментативного – низкомолекулярных соединений (пролин, аскорбиновая кислота, фенол, глутатион, каротиноиды и т.д.). Каждое звено антиоксидантного механизма, действуя совместно, смягчает разрушительное действие АФК и способствует созданию устойчивости к неблагоприятным условиям окружающей среды [7].

В создании реакций растений на стресс фундаментальная роль принадлежит аминокислоте пролину. Так, различные организмы используют эту аминокислоту для устранения дисбаланса клетки, возникающего из-за неблагоприятных условий окружающей среды. Было обнаружено, что во время стресса содержание свободного пролина в растениях может возрастать в 100 раз. Многочисленные исследования показали, что пролин влияет на широкий спектр внутриклеточных процессов, в том числе биоэнергетику, дифференциацию, рост, развитие и апоптоз. Также, предполагается участие пролина в стабилизации протеинов и антиоксидантных ферментов, в устранении АФК из электрон-транспортной цепи и в

гашении синглетного кислорода ($^1\text{O}_2$), в стимулировании внутриклеточных сигнальных систем [6].

Цель исследований – оценка влияния дефицита воды на физиологические и биохимические показатели в листьях образцов различных сортов сои в условиях засухи и засоления.

Материал и методы исследований

Используемые в исследовании образцы сортов сои (*Glycine max* (L.) Merr.) были взяты с участка опытно-полевой базы Сараи Института Генетических Ресурсов. Использовались образцы 5 сортов сои: Киота, Краснодар-68, Канада-3, Опус, Синара. Определяли параметры водного режима в листьях двух верхних ярусов растений [1]. Параметры водного режима вычислялись по следующим формулам:

$$Sd = \frac{Bn \times 100}{B},$$

где Sd - водный дефицит (%), Bn – количество поглощаемой воды, равной разнице между весом листа в состоянии полного насыщения и предыдущим весом до насыщения (г), B – количество общей воды, равной разнице между весом листа в состоянии полного насыщения и сухим весом (г). Для определения сухого веса листа высушивали в термостате при температуре 105°C в течение 4-5 часов.

$$Ss = \frac{b \times 100}{a},$$

где Ss – водоудерживающая способность – потеря воды за определенный отрезок времени в сравнении с начальным содержанием воды в листе (сырой вес) (%), a – количество воды в листьях в начале эксперимента (сырой вес, г), b – количество воды, потерянной за определенный отрезок времени, в ходе увядания листа (г).

Для выявления образцов, устойчивых к стрессу, в лабораторных условиях интактным растениям в течение суток создавали стрессовые условия: засуху – посредством раствора сахарозы в 3,5 и 7,0 атм, а засоление – посредством раствора NaCl в 9,0 атм. В листьях двух верхних ярусов определяли содержание свободного пролина и активность гваякол-пероксидазы. Содержание пролина измеряли с помощью спектрофотометра (UV-3100 PC) при длине волны 520 нм, а активность гваякол-пероксидазы – при 470 нм. Содержание свободного пролина вычисляли по калибровочной кривой по методу Бейтса [5]. Активность гваякол пероксидазы [2] вычисляли по следующей формуле: $A = (D_2 - D_1) \cdot V_2 \cdot 60 / (t_2 - t_1) \cdot V_1$ m, где D_1 – оптическая плотность раствора в начале опыта, D_2 – оптическая плотность раствора в конце опыта, V – общий объем экстракта (мл), V_2 – объем раствора в кювете (мл), V_1 – объем экстракта, взятого для проведения реакции (мл), t_2 и t_1 – время начала и конца опыта (сек), m – вес растительного материала, взятого для опыта (г), 60 – секунды.

Результаты и их обсуждение

Исследование водоудерживающей способности образцов сои, содержащихся в оптимальных условиях и в условиях засухи, выявило значительное различие между сортами (рис. 1). Если в контрольных вариантах опыта показатель водоудерживающей способности варьировал между 34,4 % (Киота) и 48,2% (Синара), то в условиях умеренной засухи этот параметр менялся в пределах от 38,5% (Киота) до 70,5% (Синара), а в условиях сильной засухи – варьировал в диапазоне 43,6% (Киота) и 74,3% (Канада-3). Полученные результаты показали, что опытные варианты Синара и Канада-3 в ходе эксперимента теряли воду больше других образцов и отличались сравнительно слабой водоудерживающей способностью.

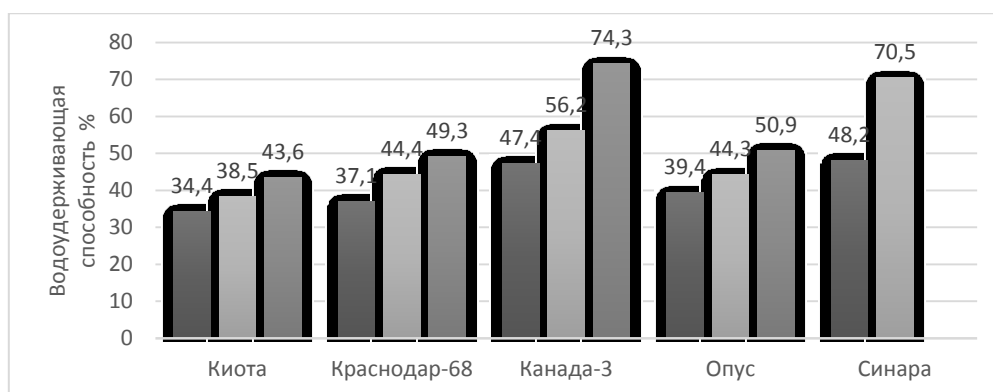


Рис. 1. Водоудерживающая способность образцов сои (%): 1-контроль, 2-засуха 3,5 атм, 3-засуха 7 атм

Из всех показателей водного режима (относительное содержание воды, водный дефицит, водоудерживающая и водопоглощающая способности) водоудерживающая способность больше всего отражает устойчивость растений к засухе и к высоким температурам [4]. Анализ процентного соотношения водоудерживающей способности растений, подвергнутых засухе, по сравнению с контрольными образцами показал, что в условиях умеренной засухи этот параметр снижался в диапазоне 11,9-46,2%. Минимальное снижение наблюдалось в листьях растений сорта Киота, максимальное – у образцов сорта Синара. При сильной засухе минимальное снижение водоудерживающей способности было характерно растениям сорта Киота (26,7%), и максимальное – растениям сорта Канада-3 (56,7%).

В контрольном варианте высокий показатель водного дефицита демонстрировали сорта Канада-3 (23,8%) и Синара (20,9%) (рисунок 2). Низкий показатель водного дефицита был характерен образцам сортов Киота (12,8%) и Опус (13,6%). При умеренной засухе высокий процентный рост показателей водного дефицита наблюдался у образцов сортов Синара (21,5%) и Канада-3 (13,8%). В условиях же сильной засухи наибольшая потеря воды наблюдалась у сортов Краснодар-68 и Канада-3, водный дефицит у которых составил 20,5% и 25,6%, соответственно. В условиях умеренной засухи наиболее низкий процентный рост водного дефицита определен у растений сортов Киота (8,5%) и Опус (8,8%), в условиях сильной засухи – у растений сорта Киота (15%).

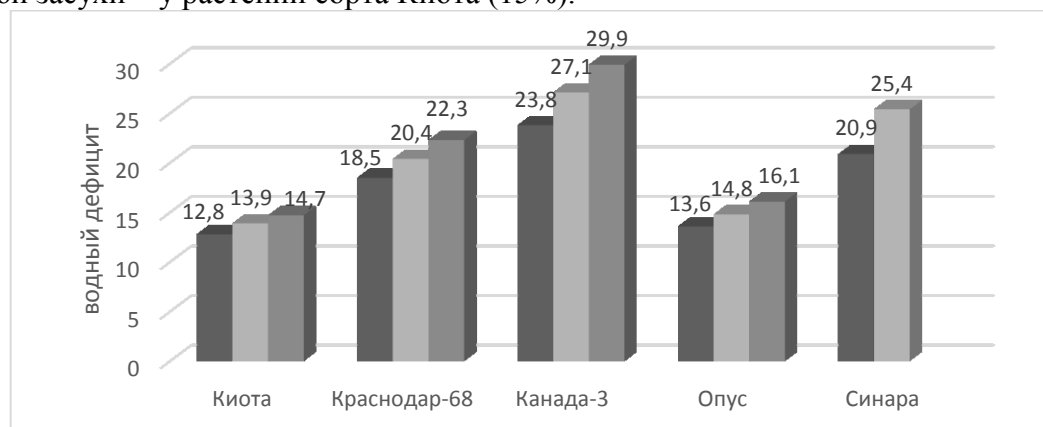


Рис. 2. Водный дефицит (%) у растений различных сортов сои: 1-контроль, 2-засуха 3,5 атм, 3-засуха 7 атм

Таким образом, по параметрам водного режима растения сорта Киота демонстрировали относительно высокие результаты и по сравнению с другими изученными сортами может считаться наиболее засухоустойчивым. Образцы сортов Канада-3 и, в особенности, Синара проявили себя как наиболее чувствительные к засухе.

В проводимом нами исследовании также определялась способность накопления пролина в листьях растений, подвергнутых влиянию факторов стресса (рис. 3). В контроле содержание пролина варьировало в интервале 2,3-5,21 $\mu\text{M}/\text{г}$.

При засухе наблюдался рост содержания свободного пролина (рис. 3) в листьях растений всех сортов. В ходе воздействия умеренной засухи содержание пролина менялось в интервале 3,65 $\mu\text{M}/\text{г}$ (сорт Канада-3) – 62,6 $\mu\text{M}/\text{г}$ (сорт Синара). При умеренном водном стрессе у 4-х сортов отмечался рост содержания свободного пролина в 1,47-3,3 раза. Тогда как, для сорта Синара характерно повышение в 12 раз относительно контроля.

При влиянии сильной засухи содержание пролина увеличивалось в еще большей степени (в 1,83-16,3 раза). По сравнению с контролем незначительный рост содержания пролина наблюдался у образца сорта Краснодар-68, значительный – у сорта Синара. В общем, содержание пролина изменилось в диапазоне 6,93 $\mu\text{M}/\text{г}$ (сорт Краснодар-68) – 85,1 $\mu\text{M}/\text{г}$ (сорт Синара). Анализ полученных данных показал, что увеличение дозы стрессового фактора засухи привело к еще большему накоплению свободного пролина в тканях растений. Принимая во внимание функции пролина как осмопротектора и антиоксиданта, повышение его содержания в клетках нацелено на защиту растения от резкого воздействия стрессора. Однако, сопоставление параметров водного режима и визуальных наблюдений за состоянием растений сорта Синара при стрессе дает основание связать значительное повышение содержания свободного пролина в этом образце не с биосинтезом пролина, а в большей степени с наличием продуктов деградации протеинов. На наш взгляд, увеличение содержания пролина в листьях растений сорта Синара в условиях умеренной (в 12 раз) и сильной (16,3 раза) засухи, связанное наряду с синтезом пролина, также с накоплением пролина, выделяющегося в результате деградации белков, говорит о большей чувствительности этого сорта.

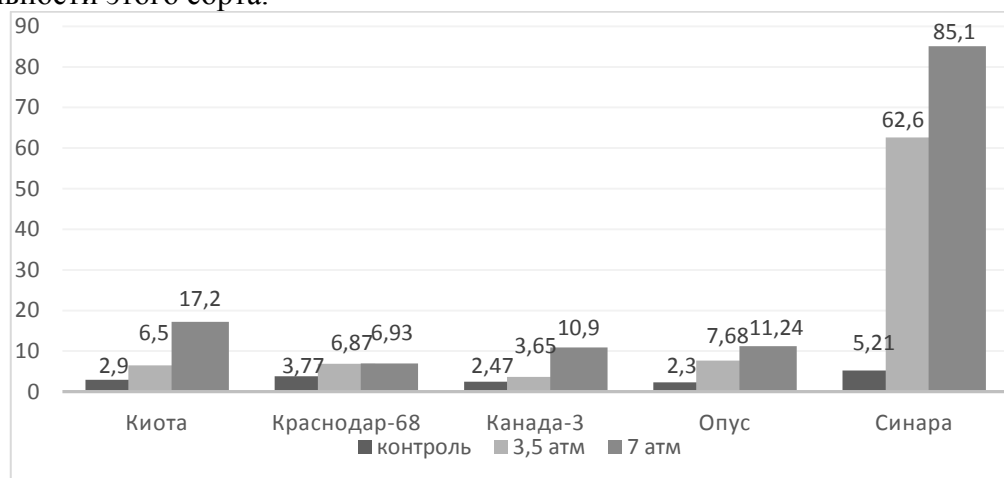


Рис. 3. Содержание свободного пролина ($\mu\text{M}/\text{г}$) в листьях образцов различных сортов сои в условиях засухи

Таким образом, для защиты метаболизма и обеспечения жизнеспособности более чувствительных форм от факторов стресса требуется более активное включение адаптационных механизмов, т.е. для устранения наносимых организму повреждений возникает необходимость в скорейшей мобилизации антиоксидантной системы в неблагоприятных условиях окружающей среды и ее функционировании в полную силу.

При засолении содержание пролина варьировало в пределах 8,1 $\mu\text{M}/\text{г}$ (сорт Краснодар-68) – 33,8 $\mu\text{M}/\text{г}$ (сорт Синара) (рис. 4). При этом, для сорта Краснодар-68 было характерно наименьшее увеличение содержания пролина (в 2,1 раза) относительно контроля, а для растений сортов Синара и Опус – наибольшее (в 6,5 и 6,9 раза, соответственно).

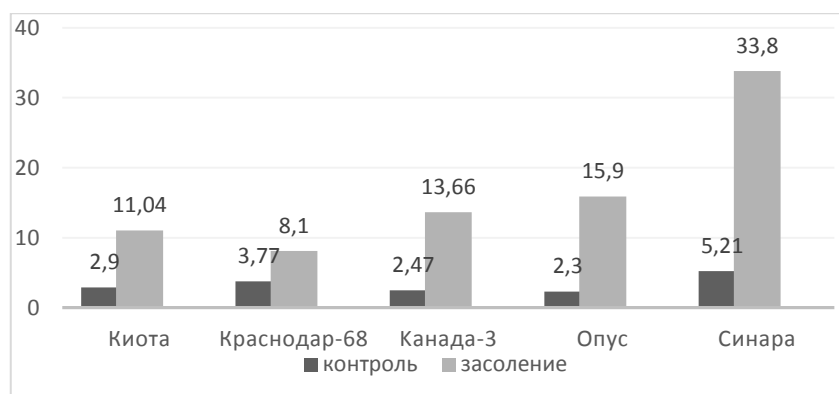


Рис. 4. Содержание свободного пролина ($\mu\text{M/g}$) в образцах сортов сои в условиях засоления: 1-контроль, 2-засоление

Исследование антиоксидантного фермента гваякол-пероксидазы показало, что в контроле ее активность варьировала в интервале 0,091-0,204. Максимальное значение было характерно для сорта Опус, а минимальное – для сорта Канада-3.

В условиях умеренной засухи активность фермента варьировала в интервале 0,167-0,303, а в условиях сильной засухи – в интервале 0,150-0,396. Минимум активности фермента в условиях умеренного стресса наблюдался в образцах сорта Опус (0,167), а в условиях сильного стресса – в образцах сорта Киота (0,150), максимальное же значение как в условиях умеренной, так и сильной засухи наблюдалось в растениях сорта Синара (0,303 и 0,396, соответственно) (рис. 5).

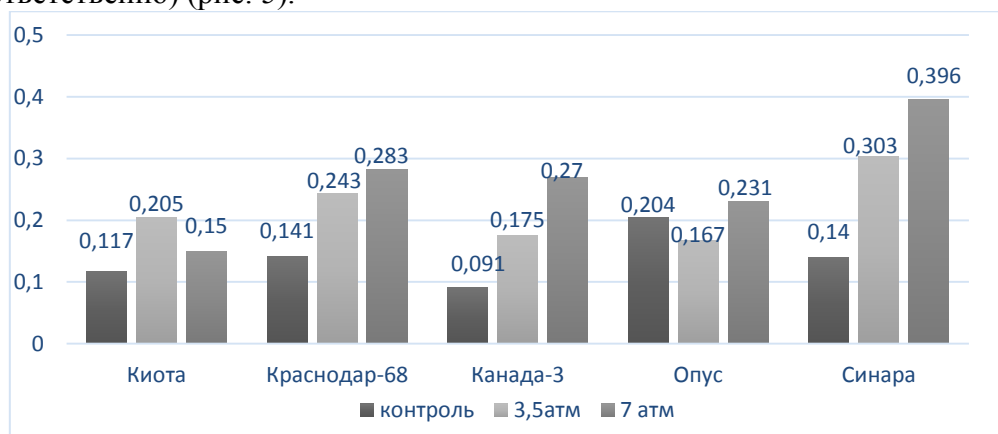


Рис. 5. Активность гваякол-пероксидазы в листьях растений сортов сои в условиях засухи

Анализ полученных данных по содержанию пролина и активности гваякол-пероксидазы позволяет говорить о взаимодействии ферментативных и низкомолекулярных компонентов антиоксидантной системы. Так, при сильной засухе повышение содержания пролина в образцах сорта сои Киота в 2,6 раза по сравнению с условиями умеренной засухи сопровождалось снижением активности гваякол-пероксидазы в 1,3 раза. Ослабление активности гваякол-пероксидазы под влиянием сильной засухи можно объяснить возрастанием его потребления по сравнению с синтезом фермента, повышением защитной деятельности низкомолекулярных компонентов, осуществляющих антиоксидантную функцию защитной системы клетки и участием в гашении свободных радикалов [3]. У растений сорта Опус была отмечена высокая конститутивная активность фермента гваякол-пероксидазы (0,204). Снижение активности фермента в условиях умеренной засухи свидетельствует не о его биосинтезе при этой дозе стресса, а о потреблении. В условиях сильной засухи в результате биосинтеза гваякол-пероксидазы, ее активность немного возрастая, составила 0,231. В других образцах с увеличением дозы воздействия стресса биосинтез и активность фермента возрастали.

В условиях засоления активность системы антиоксидантной ферментативной защиты повысилась относительно контроля в 1,37-2,94 раза. Исключение составили растения сорта Краснодар-68, где активность гваякол пероксидазы снизилась и составила 86,0%. Показатель активности фермента, изменяясь в диапазоне от 0,122 до 0,60, имел свой минимум в растениях сорта Краснодар-68, и достигал своего максимума в растениях сорта Опус (рисунок 6).

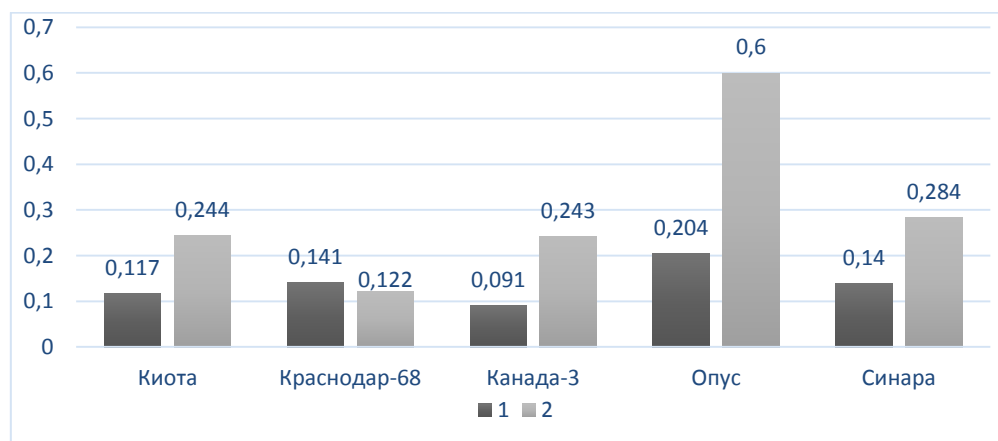


Рис. 6. Активность гваякол-пероксидазы в условиях засоления в листьях растений сортов сои: 1-контроль, 2-засоление

Закключение

В условиях стресса в листьях растений сои создавался водный дефицит. Значения водного дефицита разнились в зависимости от сорта сои. Комплексное изучение показателей водного дефицита выявило большую чувствительность образцов сорта Синара к воздействию засухи и засоления. Образцы сорта Киота отличились большей устойчивостью, что может объясняться более гибким к воздействиям окружающей среды водным балансом, то есть более быстрой работой адаптивных механизмов в условиях стресса.

Сопоставление параметров водного режима и визуальных наблюдений за состоянием растений сорта Синара при стрессе дает основание связать значительное повышение содержания свободного пролина в этом образце не с биосинтезом пролина, а в большей степени с наличием продуктов деградации протеинов. На наш взгляд, увеличение содержания пролина в листьях растений сорта Синара в условиях умеренной (в 12 раз), сильной (в 16,3 раза) засухи и при засолении (в 6,5 раза) связанное наряду с синтезом пролина, также с накоплением этой аминокислоты, выделяющейся в результате деградации белков, говорит о большей чувствительности этого сорта.

Определение активности гваякол-пероксидазы, являющейся ферментативным компонентом антиоксидантной системы, выявило значительное повышение активности в условиях стресса. Анализ полученных данных по содержанию пролина и активности гваякол-пероксидазы позволяет говорить о взаимодействии компонентов антиоксидантной системы у сортов Киота и Опус.

Литература

1. Диагностика устойчивости растений к стрессовым воздействиям / под ред. Г.В. Удовенко. Ленинград. - 1976. - 262 с.
2. Ермаков А.И., Арасимович В.В., Ярош Н.П. Методы биохимического исследования растений. – Ленинград - Агропромиздат – 1987 – С. 41-43.
3. Гарифзянов А.Р., Жуков Н.Н., Иванищев В.В., Образование и физиологические реакции активных форм кислорода в клетках растений. Эл. Науч. журнал. Современные проблемы науки и образования (science-education.ru) - 2011. – № 2.
4. Ионова Е.В., Некрасов Е.И. Изменение водного режима растений озимой мягкой пшеницы в условиях провокационного фона («засушник») //«Зернобобовые и крупяные культуры» - 2014 - №4 (12), – С.42-45.
5. Bates L.S., Walden R.P., Teare I.D. Rapid determination of free proline for water stress studies. C.Plant Soil. - 1973 - V.39 - p. 205-207.

6. Kumar TK, Samuel D, Jayaraman G, Srimathi T, and Yu C. The role of proline in the prevention of aggregation during protein folding in vitro. Biochem Mol Biol Int – 1998 – V.46 – p. 509–517
7. Kaushik Das and Aryadeep Roychoudhury. Reactive oxygen species (ROS) and response of antioxidants as ROS-scavengers during environmental stress in plants. Front. Environ. Science – 2014 - p.1-13
8. Lobato A. K. S., Costa R. K. L., Oliveira Neto K. F., Santos Filho B. G., Cruz F. J. R., Freitas J. M. N. and Cordeiro F. K. Morphological changes in soybeans under progressive water stress. International Journal of Botany. - 2008 – V.49 – no:2 - p. 231-235.
9. Van Heerden, P.D.R., G.H.J. Kruger Photosynthetic limitation in soybean during cold stress. S. Afr. J. Sci. – 2000 – no:96 - p. 201-206.
10. Xinwen Liang, Lu Zhang, Sathish Kumar Natarajan, and Donald F. Becker. Пролиновые механизмы выживания при стрессе. Antioxidants & redox signaling – 2013 – V.19 – no: 9 – p. 998-1011.

References

1. Diagnostika ustoichivosti rastenii k stressovym vozdйствиям [Diagnostics of plant resistance to stress] edited by G.V. Udovenko. Leningrad, 1976, 262 p. (In Russian)
2. Ermakov A.I., Arasimovich V.V., Yarosh N.P. Metody biokhimicheskogo issledovaniya rastenii [Methods of biochemical research of plants]. Leningrad, Agropromizdat Publ., 1987, pp. 41-43. (In Russian)
3. Garifzyanov A.R., Zhukov N.N., Ivanishchev V.V. Obrazovanie i fiziologicheskie reaktsii aktivnykh form kisloroda v kletkakh rastenii [Formation and physiological reactions of reactive oxygen species in plant cells]. Electronic Scientific journal. Modern problems of science and education (science-education/ru), 2011, no. 2 (In Russian)
4. Ionova E.V., Nekrasov E.I. Izmenenie vodnogo rezhima rastenii ozimoj myagkoj pshenitsy v usloviyakh provokatsionnogo fona («zasushnik») [Changes in the water regime of winter soft wheat plants in the conditions of a provocative background ("drought")], *Zernobobovye i krupyanye kul'tury*, 2014, no. 4 (12), pp.42-45 (In Russian)
5. Bates L.S., Walden R.P., Teare I.D. Rapid determination of free proline for water stress studies. C.Plant Soil. 1973, V.39, pp.205-207.
6. Kumar TK, Samuel D, Jayaraman G, Srimathi T, and Yu C. The role of proline in the prevention of aggregation during protein folding in vitro. Biochem Mol Biol Int. 1998, V.46, pp. 509–517.
7. Kaushik Das and Aryadeep Roychoudhury. Reactive oxygen species (ROS) and response of antioxidants as ROS-scavengers during environmental stress in plants. Front. Environ. Science – 2014, pp.1-13
8. Lobato A. K. S., Costa R. K. L., Oliveira Neto K. F., Santos Filho B. G., Cruz F. J. R., Freitas J. M. N. and Cordeiro F. K. Morphological changes in soybeans under progressive water stress. International Journal of Botany. 2008, V.49, no.2, pp. 231-235.
9. Van Heerden, P.D.R., G.H.J. Kruger Photosynthetic limitation in soybean during cold stress. S. Afr. J. Sci. 2000, no.96, pp. 201-206.
10. Xinwen Liang, Lu Zhang, Sathish Kumar Natarajan, and Donald F. Becker. Prolinovy mekhanizmy vyzhivaniya pri stresse. Antioxidants & redox signaling, 2013 , v.19, no. 9, pp. 998-1011.

ВЛИЯНИЕ ПОГОДНЫХ УСЛОВИЙ НА ФОРМИРОВАНИЕ ХОЗЯЙСТВЕННО ЦЕННЫХ ПРИЗНАКОВ У СОРТОВ СОИ РАЗЛИЧНОЙ СЕЛЕКЦИИ

Е.В. ГОЛОВИНА, доктор сельскохозяйственных наук, E-mail: kat782010@mail.ru,
О.В. ЛЕУХИНА, научный сотрудник, E-mail: oxana_leukhina@mail.ru,
Т.В. ЛЕУХИНА, научный сотрудник, E-mail: tanya_leukhina@mail.ru

ФГБНУ «ФНЦ ЗЕРНОБОБОВЫХ И КРУПЯНЫХ КУЛЬТУР»

В 2020-2021 годах в полевом опыте были исследованы хозяйственно ценные признаки 6 сортов отечественной (Лидер 1, Л-10, Л-171) и зарубежной (Амадеус, Асука, Нордика) селекции. Цель исследований – изучение влияния погодных условий Орловской области на продуктивность сортов сои. В фазу R8 (полная спелость) были взяты образцы растений для биометрического анализа.

По реакции на различную влагообеспеченность в генеративный период сорта разделились на следующие группы: 1. Асука, Лидер 1 и линия Л-171 образуют высокий урожай зерна в условиях повышенной влажности в начале генеративного периода и пониженной влажности в его конце и резко снижают урожайность при недостатке влаги в начале генеративного периода и при ее избытке во второй половине вегетации; 2. Амадеус нейтрален к изменению влагообеспеченности в течение вегетации и наиболее стабилен по продуктивности; 3. Нордика и линия Л-10 положительно отзываются на высокую влагообеспеченность во второй половине вегетации.

Линия Л-171 характеризуется высоким потенциалом продуктивности, формируя в благоприятных условиях до 33 г зерна на растении, но не обладает устойчивостью к меняющимся погодным условиям, снижая урожай в 3 с лишним раза при избытке влаги в период налива и созревания зерна.

Сорт Нордика выделился по длине корня 20,8 см, стебля 110,1 см и его массе 10,5 г, а также по такому технологически важному признаку, как расстояние до 1-го боба (21,0 см) и наибольшему коэффициенту микрораспределения 71,9%.

Ключевые слова: соя, сорт, погодные условия, хозяйственно ценные признаки, сухое вещество, урожайность.

Для цитирования: Головина Е.В., Леухина О.В., Леухина Т.В. Влияние погодных условий на формирование хозяйственно ценных признаков у сортов сои различной селекции. *Зернобобовые и крупяные культуры*. 2022; 2(42):24-32. DOI: 10.24412/2309-348X-2022-2-24-32

INFLUENCE OF WEATHER CONDITIONS ON THE FORMATION OF ECONOMICALLY VALUABLE TRAITS IN SOYBEAN VARIETIES OF DIFFERENT BREEDING

E.V. Golovina, O.V. Leukhina, T.V. Leukhina

FSBSI «FEDERAL SCIENTIFIC CENTER OF LEGUMES AND GROAT CROPS»

Abstract: *In 2020-2021 in the field experiment were investigated economically valuable features of 6 varieties of domestic (Leader 1, L-10, L-171) and foreign (Amadeus, Asuka, Nordica) breeding. The aim of research was to study the effect of weather conditions in the Orel region on*

the productivity of soybean varieties. In the phase R8 (full ripeness), plant samples were taken for biometric analysis.

Varieties were divided into the following groups according to their response to different moisture supply during the generative period: 1. Asuka, Leader 1 and line L-171 form a high yield of grain in conditions of high moisture at the beginning of the generative period and low moisture at the end of it and sharply reduce yields when there is a lack of moisture in the early generative period and when there is an excess of moisture in the second half of the growing season; 2. Amadeus is neutral to changes in moisture availability during the growing season and most stable in productivity; 3. Nordica and L-10 line respond positively to high moisture supply in the second half of the growing season.

Line L-171 is characterized by high productivity potential, forming in favorable conditions up to 33 grams of grain per plant, but is not resistant to changing weather conditions, reducing the yield by more than 3 times with excess moisture during the filling and ripening of grain.

The variety Nordica stood out for its root length of 20.8 cm, stem 110.1 cm and its weight of 10.5 g, as well as for such a technologically important trait as the distance to 1 bean (21.0 cm) and the highest coefficient of microdistribution 71.9%.

Keywords: soybean, variety, weather conditions, economically valuable traits, dry matter, yield.

В настоящее время соя самая распространенная в мире зернобобовая масличная культура. В мировом земледелии по объему производства среди растений сельскохозяйственного использования соя занимает 4 место после пшеницы, кукурузы и риса и первое место среди зерновых бобовых и масличных культур [1].

Рост производства этой культуры обусловлен многогранностью спектра использования: зерно сои является одним из самых высокобелковых (до 50%), содержит до 28% жира, большое количество витаминов, ферментов, зольных элементов [2]. Благодаря уникальному биохимическому и минеральному составу она широко используется в кормопроизводстве и пищевой промышленности, производстве медицинских препаратов, в химической, лакокрасочной, текстильной, бумажной, мыловаренной промышленности [3]. Соя имеет важное агротехническое значение, являясь ценным предшественником для многих культур. Благодаря ее симбиозу с клубеньковыми бактериями значительно улучшается почвенное плодородие.

Основные посевные площади под соей сосредоточены в таких странах как США, Бразилия, Аргентина, Индия, Китай [4]. Соя является одной из самых рентабельных культур и ее зерно пользуется высоким спросом. По динамике посевных площадей под этой культурой в Российской Федерации наблюдается увеличение с 2,63 млн. га в 2017 г. до 2,85 млн. га в 2020 г. (рис. 1) [5].

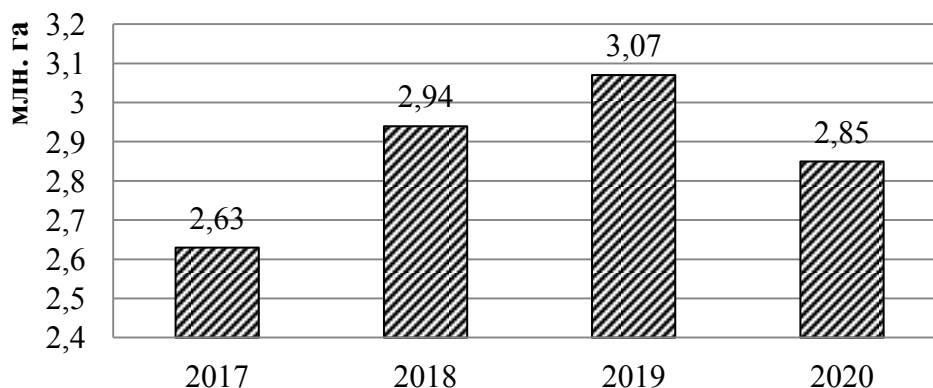


Рис. 1. Посевные площади сои в Российской Федерации, 2017-2020 гг.

Источник: Росстат

Урожайность сои в России увеличилась с 1,41 т/га в 2017 г до 1,59 т/га в 2020 году за счет применения современных агротехнологий, обновления сельхозтехники, а также выведения новых сортов с наилучшими хозяйственно-биологическими характеристиками (рис. 2) [5].

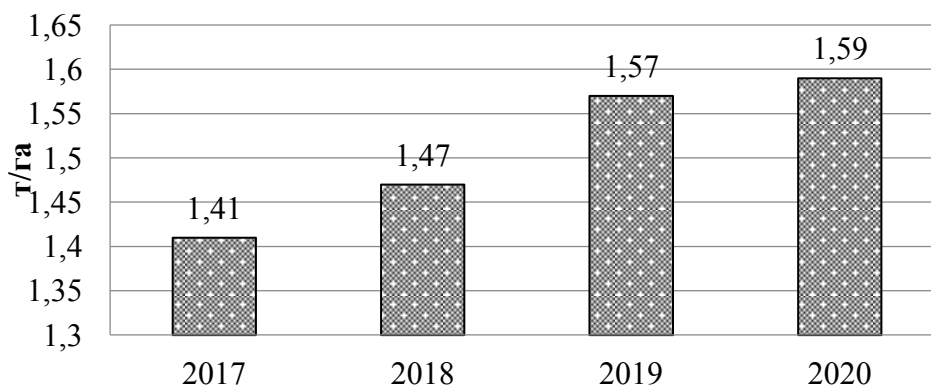


Рис. 2. Урожайность сои в Российской Федерации, 2017-2020 гг.

Источник: Росстат

В решении проблемы получения высоких и стабильных урожаев сои важная роль принадлежит сортам, способным наиболее полно реализовать биологический потенциал в широком диапазоне почвенно-климатических факторов. Эколого-генетическое изучение растений различных сортов сои с целью выявления особенностей их взаимодействия со средой является одной из актуальных задач современных физиологии, селекции и растениеводства [1].

Цель исследования – изучить влияние погодных условий Орловской области на продуктивность сортов сои отечественной и зарубежной селекции.

Материалы и методы исследования

Полевой опыт проводился в 2020-2021 гг. на базе ФНЦ ЗБК. Объектом исследований являлись: сорт отечественной селекции Лидер 1 (включен в Государственный реестр селекционных достижений, допущенных к использованию в 2022 г.), линии Л-10, Л-171 и сорта канадской селекции Амадеус, Асука, Нордика, включенные в Государственный реестр в 2017 г. Посев сои осуществлялся во вторую декаду мая широкоярусным способом при норме высева 600 тыс. всхожих семян на 1 гектар. Закладка опыта проведена по Методике полевого опыта Б.А. Доспехова [6]. В фазу R₈ (полная спелость) были отобраны образцы растений для структурного анализа [7]. Коэффициенты рассчитывались по следующим формулам:

$$K_{\text{хоз}} = \frac{\text{масса семян}}{\text{надземная масса + масса семян}} * 100\%;$$

$$K_{\text{макрораспределения}} = \frac{\text{масса бобов с семенами}}{\text{сухая надземная масса (или всего растения)}} * 100\%;$$

$$K_{\text{микрораспределения}} = \frac{\text{масса семян}}{\text{масса створок и семян}} * 100\%$$

Экспериментальные данные обработаны статистическими методами с использованием компьютерных программ Microsoft office Excel.

В течение вегетационного периода на растения влияют различные абиотические факторы, но в большей степени продуктивность зависит от агрометеорологических параметров – температуры и влагообеспеченности [8]. Погодные условия за 2020-2021 гг. представлены в таблице 1.

В 2020 году средняя температура мая (11,2°C) была на 2,6°C ниже среднегодовой, в связи с чем сроки всходов затянулись. В июне-сентябре, температура оказалась выше среднегодовой на 0,7-3,6°C. В мае, июне и июле отмечено повышенное увлажнение; в августе и сентябре – низкое количество осадков. То есть фазы ветвление, цветение, налив

бобов и созревание проходили в благоприятных для сои погодных условиях. ГТК в 2020 году равен 1,8.

Таблица 1

**Гидротермические условия вегетационного периода сои в годы исследований
(данные метеостанции ФГБНУ ФНЦ ЗБК)**

Период исследования	Показатели	Месяцы вегетации				
		Май	Июнь	Июль	Август	Сентябрь
2020 год	Среднесуточная температура воздуха, °С	11,2	20,0	19,3	17,7	15,3
	Количество осадков, мм	74,6	74,2	120,9	16,9	36,0
2021 год	Среднесуточная температура воздуха, °С	13,8	19,8	22,4	20,6	10,4
	Количество осадков, мм	72,1	40,7	51,1	49,8	67,0
Среднемноголетняя норма	Среднесуточная температура воздуха, °С	13,8	16,8	18,0	17,0	11,7
	Количество осадков, мм	51,0	73,0	81,0	63,0	52,0

2021 год в общей сложности более теплый и влажный, чем предыдущий. Однако распределение тепла и влаги в течение вегетационного периода было неравномерным. В период всходы – начало ветвления температура ниже среднемноголетней, осадки в пределах нормы; в фазы бутонизация – начало плодообразования температура выше нормы, осадков – 30-60% нормы. В период налив бобов – начало созревания избыточное количество осадков (124 % выше нормы). ГТК в 2021 году равен 1,9.

Результаты и их обсуждение

Хозяйственно ценные признаки определяют продуктивность выращиваемого растения и его пригодность для культивирования. Результаты двухлетнего испытания по изучению хозяйственно ценных признаков сортов сои представлены ниже. В 2020 году наибольшая длина корня отмечена у Л-171 22,5 см, длина стебля – у Лидера 1 111,3 см, расстояние до 1-го боба у Нордики 20,9 см (табл. 2). В 2021 году наивысшие показатели длины корня и стебля зафиксированы у сорта Нордика (24,5 см и 111,5 см соответственно), расстояния до 1-го боба – у сорта Асука (22,5 см).

В среднем за 2 года длина стебля проанализированных сортов сои варьировала от 94,3 см до 110,1 см. Самыми низкорослыми оказались сорта Асука (94,3 см) и Л-171 (100,4 см), длинностебельными – Л-10 (106 см) и Нордика (110 см). Наибольшее расстояние до 1 боба у Асуки 19,6 см и Нордики 21,0 см, наименьшее – у Лидера 1 – 12,2 см и у Л-171 – 14,1 см. Линия Л-10 в среднем за 2 года имела минимальную длину корня 18,5 см, Нордика – максимальную 20,8 см. В среднем по сортам в более влажном 2021 году длина корня выше на 3 см, расстояние до 1 боба – на 2 см, чем в 2020 году.

Таблица 2

Хозяйственно ценные признаки сортов сои. R₈ (полная спелость)

Сорт	Длина стебля, см			Длина корня, см			Расстояние до 1-го боба, см		
	2020	2021	$\bar{x}$	2020	2021	$\bar{x}$	2020	2021	$\bar{x}$
Лидер 1	111,3	97,7	104,5	16,2	21,7	19,0	10,5	13,9	12,2
Л-10	106,3	105,8	106,1	16,2	20,8	18,5	14,3	17,4	15,9
Л-171	94,6	106,1	100,4	22,5	16,9	19,7	13,4	14,7	14,1
Амадеус	107,1	102,0	104,6	17,1	22,7	19,9	15,9	14,4	15,2
Асука	92,2	96,3	94,3	21,0	19,3	20,2	16,6	22,5	19,6
Нордика	108,7	111,5	110,1	17,0	24,5	20,8	20,9	21,0	21,0
$\bar{x}$	103,4	103,2		18,3	21,0		15,3	17,3	
НСР ₀₅	5,08	4,11	-	1,44	2,50	-	3,24	2,89	-

Условия 2020 года оказались чрезвычайно благоприятными для растений сортов Л-171, Асука и Лидер 1. У Нордики напротив все количественные показатели выше в 2021 году (табл. 3). В 2020 году по количеству боковых побегов (5,1 шт.), генеративных узлов (36,6 шт.), а также таким важнейшим элементам продуктивности, как количество бобов (102,5 шт.) и семян (244,8 шт.) лидировала линия Л-171. Однако в 2021 году у Л-171 самые низкие показатели. В 2021 году наибольшее количество семян отмечено у Л-10 и Нордики (82,5 шт. и 82,1 шт.). В этом же году Л-10 превысила остальные сорта по количеству бобов на 22,2%, Нордика – по количеству генеративных узлов и побегов на 27,7% и 74,8% соответственно. В среднем по сортам количество генеративных узлов в 2020 году превышает показатели 2021 года на 35%, количество бобов – на 43%, количество семян – на 46%.

Таблица 3

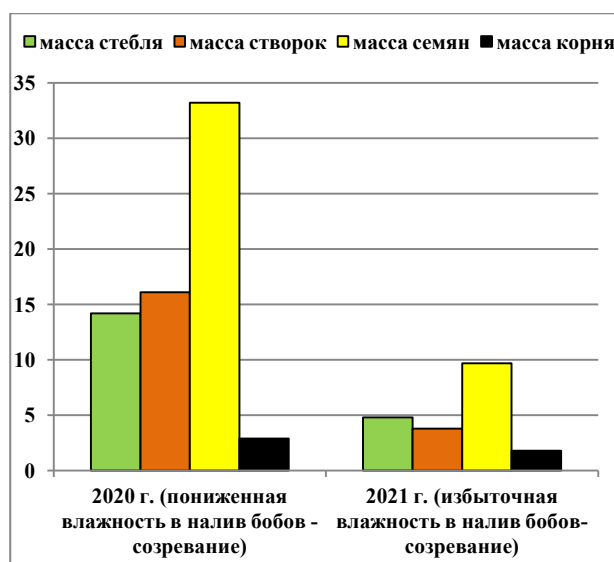
Хозяйственно ценные признаки сортов сои. R₈ (полная спелость)

Сорт	Количество, шт. на растении											
	Боковых побегов			Генеративных узлов			Бобов			Семян		
	2020	2021	$\bar{x}$	2020	2021	$\bar{x}$	2020	2021	$\bar{x}$	2020	2021	$\bar{x}$
Лидер 1	0,2	0,2	0,2	12,5	11,3	11,9	38,7	32,4	35,6	89,6	73,1	81,4
Л-10	1,1	0,3	0,7	13,4	11,9	12,7	30,9	37,1	34,0	65,6	82,5	74,1
Л-171	5,1	0,2	2,7	36,6	11,0	23,8	102,5	23,2	62,9	244,8	56,6	150,7
Амадеус	2,6	1,5	2,1	13,8	15,4	14,6	26,8	28,5	27,7	63,3	61,2	62,3
Асука	1,9	0,2	1,1	15,3	11,5	13,4	35,5	25,8	30,7	80,5	58,4	69,5
Нордика	1,5	1,9	1,7	13,8	16,9	15,4	25,5	34,4	30,0	62,2	82,1	72,2
$\bar{x}$	2,1	0,7		17,6	13,0		43,3	30,2		101,0	69,0	
НСР ₀₅	0,65	0,44	-	3,43	2,08	-	11,64	5,43	-	20,96	12,45	-

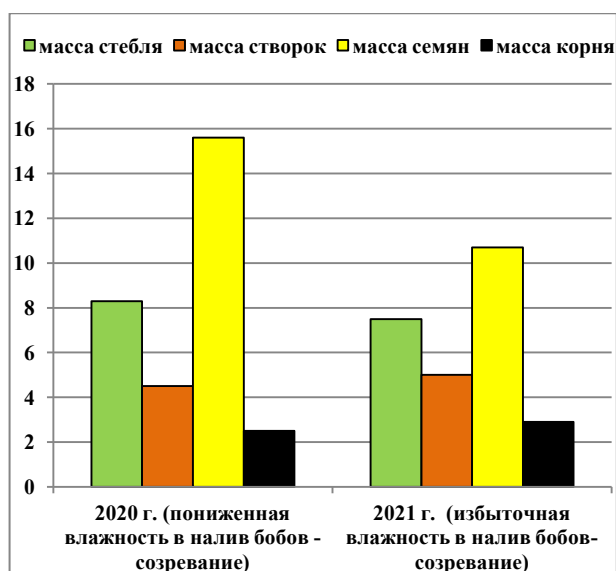
В среднем за 2 года максимальные показатели количества боковых побегов (2,7 шт.), генеративных узлов (23,8 шт.), а также таких важнейших элементов продуктивности, как количество бобов (62,9 шт.) и семян (150,7 шт.) у линии Л-171. Наименьшие количественные показатели зафиксированы у сортов Амадеус и Лидер 1. У Лидера 1 количество боковых побегов 0,2 шт., генеративных узлов 11,9 шт. на растении. У Амадеуса в 2 раза меньше, чем у Л-171 количество бобов 27,7 шт. и семян 62,3 шт.

Наращение сухой биологической массы является одним из главных показателей эффективности функционирования продукционного процесса [9]. Температура и особенно влажность оказывают значительное влияние на формирование биологической и зерновой продуктивности. Сорта сои по-разному реагировали на количество влаги в период формирования и созревания бобов. Для сортов Асука, Лидер 1 и особенно для линии Л-171 оптимальными оказались условия 2020 года с достаточной влажностью в период цветения-начало плодообразования и с пониженной влагообеспеченностью в фазы налива бобов и созревания (рис. 3). В 2021 г. во время цветения – начала плодообразования осадков выпало ниже среднегодовой нормы, а в налив бобов – созревание количество осадков превысило норму на 63%. Урожайность зерна снизилась у Лидера 1 на 25%, у Асуки на 46% и у Л-171 на 242%. Масса стебля, створок и корня у Л-171 в 2021 году также уменьшилась в 1,5-4,0 раза.

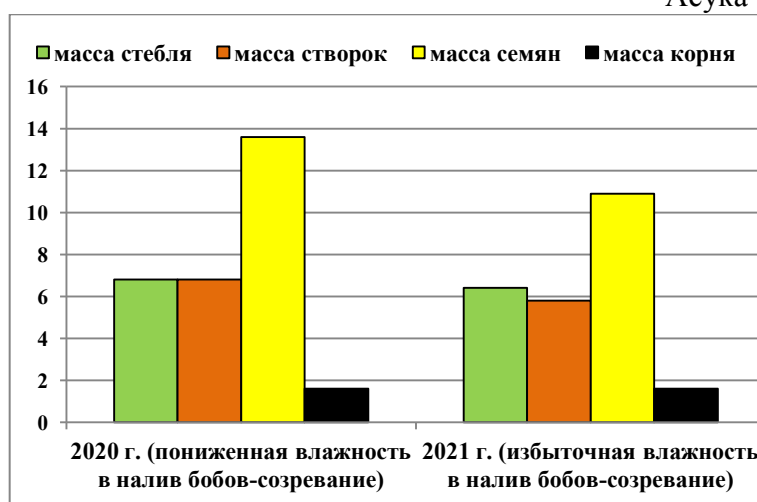
Различия в погодных условиях оказали слабое влияние на формирование продуктивности у сорта Амадеус. Масса зерна колебалась в пределах 12,0 г в 2021 году – 12,4 г в 2020 году (рис. 4). Масса стебля в 2021 году выше, чем в предыдущем году на 0,6 г, масса корня – на 0,9 г.



Л-171



Асука



Лидер 1

Рис. 3. Влияние различной влагообеспеченности в период налив бобов – созревание на продуктивность сортов сои

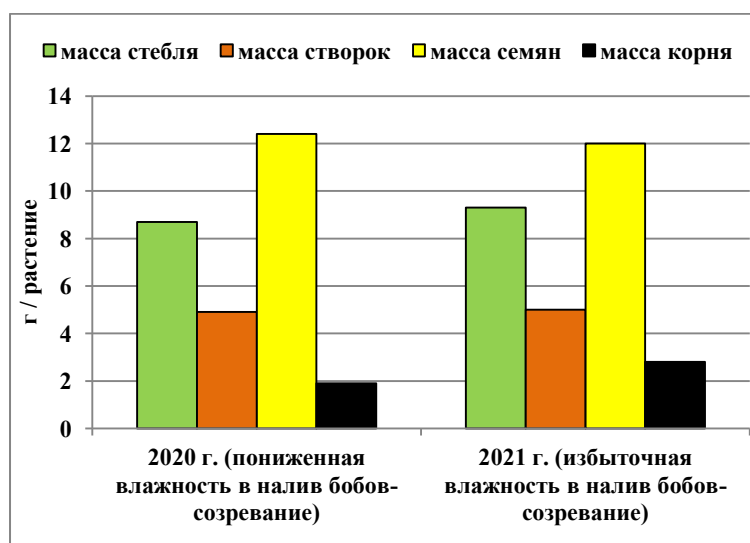


Рис. 4. Влияние различной влагообеспеченности в период налив бобов – созревание на продуктивность сорта сои Амадеус

Для сортов Нордика и Л-10 наиболее благоприятными оказались условия 2021 года с пониженным увлажнением в период цветения – начало плодообразования и избыточным увлажнением в фазы налив бобов – созревание (рис. 5). Урожай зерна в 2021 году составил у Л-10 12,1 г/растение, у Нордики – 16,2 г/растение, что на 8% и 13% выше, чем в 2020 году. Масса стебля у этих сортов в 2021 году выросла на 23% у Нордики и на 37% у Л-10, масса корня – на 83% и 86% соответственно.

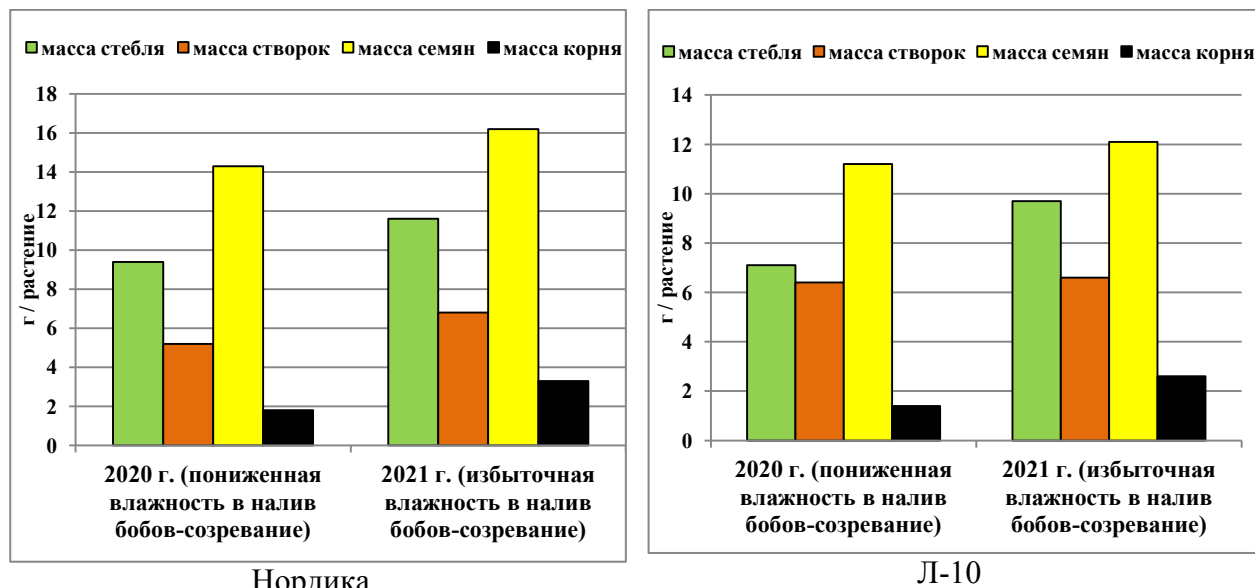


Рис. 5. Влияние различной влагообеспеченности в период налив бобов – созревание на продуктивность сортов сои

В среднем за 2 года максимальная масса зерна отмечена у Л-171 – 21,5 г/растение, стебля – у Нордики – 10,5 г/растение, корня – у Нордики и Асуки – 2,6-2,7 г/растение; минимальная масса зерна у Л-10 – 11,7 г/растение, стебля и корня у Лидера1 – 6,6 г/растение и 1,6 г/растение соответственно.

В таблице 4 представлено распределение сухого вещества по органам растения у сортов сои в фазу полной спелости. В более влажном 2021 году в среднем по сортам доли семян и створок в общей массе растения снизились на 3,6% и 1,5% по сравнению с 2020 годом, доли стебля и корня напротив выросли на 2,2% и 2,9% соответственно. У Л-171 доля семян в общей массе растений выше, чем у остальных сортов и составляет 50,0% в 2020 г. и 48,3% в 2021 г. Нордика превзошла остальные сорта по доле стеблей 30,6%, Асука – по доле корней 7,7% в 2020 г. и 11,3% в 2021 г.

Таблица 4

Распределение сухого вещества по органам растения у сортов сои. R₈ (полная спелость)

Сорт	2020 год				2021 год			
	семена	створки	стебли	корни	семена	створки	стебли	корни
Лидер 1	47,2	23,6	23,6	5,6	44,1	23,5	25,9	6,5
Л-10	42,9	24,5	27,2	5,4	39,0	21,3	31,3	8,4
Л-171	50,0	24,2	21,4	4,4	48,3	18,9	23,9	8,9
Амадеус	44,4	17,6	31,2	6,8	41,2	17,2	32,0	9,6
Асука	48,1	18,5	25,6	7,7	41,8	17,6	29,3	11,3
Нордика	46,6	16,9	30,6	5,9	42,7	17,9	30,6	8,7
$\bar{x}$	46,5	20,9	26,6	6,0	42,9	19,4	28,8	8,9

Следует отметить, что линия Л-171 имеет самый высокий показатель Кхоз – 88,9, у остальных сортов значение этого показателя варьировало от 44,0 до 48,6 (табл. 5).

Таблица 5

**Коэффициенты использования сухого вещества на формирование зерна сои,
2020-2021 гг.**

Сорт	K _{хоз}	Коэффициент макрораспределения, %	Коэффициент микрораспределения, %
Лидер 1	48,6	73,0	66,0
Л-10	44,0	68,6	64,2
Л-171	88,9	75,7	69,6
Амадеус	46,7	65,4	71,2
Асука	49,7	69,6	71,3
Нордика	48,2	67,0	71,9
$\bar{x}$	54,4	69,9	69,0

Линия Л-171 и сорт Лидер 1 характеризуются наиболее высоким коэффициентом макрораспределения (75,7% и 73,0%). Самый низкий коэффициент макрораспределения был отмечен у сорта Амадеус (65,4%).

Наибольшее значение коэффициента микрораспределения было зафиксировано у сорта Нордика (71,9%), а наименьшее значение – у линии Л-10 (64,2%).

Закключение

По реакции на различную влагообеспеченность в генеративный период сорта разделились на следующие группы:

– Асука, Лидер 1 и линия Л-171 образуют высокий урожай зерна в условиях повышенной влажности в начале генеративного периода и пониженной влажности в его конце и резко снижают урожайность при недостатке влаги в начале генеративного периода и при ее избытке во второй половине вегетации;

– Амадеус нейтрален к изменению влагообеспеченности в течение вегетации и наиболее стабилен по продуктивности;

– Нордика и линия Л-10 положительно отзываются на высокую влагообеспеченность во второй половине вегетации.

Линия Л-171 характеризуется высоким потенциалом продуктивности, формируя в благоприятных условиях до 33 г зерна на растении, но не обладает устойчивостью к меняющимся погодным условиям, снижая урожай в 3 с лишним раза при избытке влаги в период налива и созревания зерна.

Сорт Нордика выделился по длине корня 20,8 см (в среднем выше на 6,5%, чем у других сортов), стебля 110,1 см (на 7,4%) и его массе 10,5 г (на 21,1%), а также по такому технологически важному признаку, как расстояние до 1-го боба (21,0 см) и имел наибольший коэффициент микрораспределения 71,9%.

Литература

1. Головина Е.В., Зотиков В.И. Продукционный процесс и адаптивные реакции к абиотическим факторам сортов сои северного экотипа в условиях Центрально-Черноземного региона РФ. – Орел: изд-во «Картуш», - 2019. – 320 с.
2. Попова Н.П., Бельшикина М.Е., Кобозева Т.П. Особенности белкового комплекса семян сои северного экотипа // Известия Тимирязевской сельскохозяйственной академии. - 2018. - № 1. –С. 104-108.
3. Петибская В.С. Соя: химический состав и использование / под ред. В.М. Лукомца. Майкоп: ОАО Полиграф Юг, - 2012. – 432 с.
4. Панарина В.И. Соя в России: современное положение на рынке // Материалы 11-ой Всероссийской конференции молодых учёных и специалистов, ФГБНУ ФНЦ ВНИИМК. - 2021. – С. 287-291.
5. Российский статистический ежегодник. 2020: Стат.сб. / Росстат. Москва, - 2020. – 700 с.
6. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). – 5-е изд., доп. и перераб. – М.: Агропромиздат, - 1985. – 351 с.
7. Методические указания по изучению коллекции зерновых бобовых культур / Корсаков Н.И., Адамова О.А., Будакова В.И. и др. Л. ВИР, - 1975, – 59 с.

8. Гончарова Э.А. Изучение устойчивости и адаптации культурных растений к абиотическим стрессам на базе мировой коллекции генетических ресурсов: Научное наследие профессора Г.В. Удовенко / Под ред. А.А. Жученко – СПб.: ГНУ ВИР, - 2011. – 336 с.
9. Ничипорович А.А. Теория фотосинтетической продуктивности растений // Итоги науки и техники. Физиология растений. Теоретические основы продуктивности растений. – М.: ВИНТИ, - 1977. - Т. 3. – С. 11-55.

References

1. Golovina E.V., Zotikov V.I. Produktsionnyi protsess i adaptivnye reaktsii k abioticheskim faktoram sortov soi severnogo ekotipa v usloviyakh Tsentral'no-Chernozemnogo regiona RF [Production process and adaptive responses to abiotic factors of soybean varieties of the northern ecotype under conditions of the Central Black Earth region of Russia]. Orel: «Kartush» Publ., 2019, 320 p. (In Russian)
2. Popova N.P., Belyshkina M.E., Kobozeva T.P. Osobennosti belkovogo kompleksa semyan soi severnogo ekotipa [Peculiarities of the protein complex of soybean seeds of the northern ecotype]. *Izvestiya Timiryazevskoi sel'skokhozyaistvennoi akademii*. 2018, 1, pp. 104-108. (In Russian)
3. Petibskaya V.S., Lukomets V.M., ed. Soya: khimicheskii sostav i ispol'zovanie [Soybeans: chemical composition and use]. Maikop: OAO Poligraf Yug Publ., 2012, 432 p. (In Russian)
4. Panarina V.I. Soya v Rossii: sovremennoe polozhenie na rynke [Soybean in Russia: Current Market Situation] Materialy 11 Vserossiiskoi konferentsii molodykh uchenykh i spetsialistov [Materials of the 11th All-Russian Conference of Young Scientists and Specialists], FGBNU FNTs VNIIMK Publ., 2021, pp. 287-291. (In Russian)
5. Rossiiskii statisticheskii ezhegodnik [Russian Statistical Yearbook]. 2020, Rosstat, Moscow, 2020, 700 p. (In Russian)
6. Dospekhov B.A. Metodika polevogo opyta [Field experiment technique], the 5th ed., revised. Moscow, *Agropromizdat*, 1985, 351 p. (In Russian)
7. Korsakov N.I., Adamova O.A., Budakova V.I. et al. Metodicheskie ukazaniya po izucheniyu kolleksitsii zernovykh bobovykh kul'tur [Methodological guidelines for studying the collection of grain legume crops] Leningrad, VIR 1975, 59 p. (In Russian)
8. Goncharova E.A., Zhuchenko A.A. ed. Izuchenie ustoichivosti i adaptatsii kul'turnykh rastenii k abioticheskim stressam na baze mirovoi kolleksitsii geneticheskikh resursov: Nauchnoe nasledie professora G.V. Udoenko [Study of resistance and adaptation of cultivated plants to abiotic stresses on the basis of the world collection of genetic resources: Scientific heritage of Prof. G.V. Udoenko]. SPb., GNU VIR, 2011, 336 p. (In Russian)
9. Nichiporovich A.A. Teoriya fotosinteticheskoi produktivnosti rastenii. Itogi nauki i tekhniki. Fiziologiya rastenii. Teoreticheskie osnovy produktivnosti rastenii. Moscow, VINITI, 1977, 3, pp. 11-55. (In Russian)

ИЗУЧЕНИЕ СКОРОСПЕЛОСТИ КОЛЛЕКЦИОННОГО МАТЕРИАЛА СОИ В УСЛОВИЯХ СЕВЕРНОГО КАЗАХСТАНА

А.В. ЗИНЧЕНКО¹, ORCID ID: 0000-0001-5681-7368, E-mail: zinchenko.av@inbox.ru

Д.А. ЛЫННИК¹, ORCID ID: 0000-0001-5576-7792

И.В. СИДОРИК¹, ORCID ID: 0000-0003-3461-0352

С.В. ДИДОРЕНКО², кандидат биологических наук, ORCID ID: 0000-0002-2223-0718

¹ ТОО «СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННАЯ ОПЫТНАЯ СТАНЦИЯ «ЗАРЕЧНОЕ», С. ЗАРЕЧНОЕ, РЕСПУБЛИКА КАЗАХСТАН

² ТОО «КАЗАХСКИЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ ЗЕМЛЕДЕЛИЯ И РАСТЕНИЕВОДСТВА», П. АЛМАЛЫБАК, РЕСПУБЛИКА КАЗАХСТАН

Соя является одной из самых распространенных масличных и зернобобовых культур, которая возделывается более чем в 60 странах в умеренном, субтропическом и тропическом поясах. В Костанайской области возделывается ограниченное количество сои и только несколькими хозяйствами. Расширение посевных площадей под сою требует создания сортов, адаптированных к различным зонам республики, с учетом сроков вегетации растений и фотопериодической реакции растений на длину светового дня, с диапазоном накопления положительных температур 1700-1900°C- для северных регионов, 1900-2200°C - для восточных регионов и более 3000°C- для юга республики Казахстан. Важнейшую роль в продвижении сои в северные регионы Казахстана играет ее способность вызревать в условиях короткого безморозного периода. Скороспелость этой культуры зависит от генетических факторов, погодных условий вегетационного периода, технологии применяемой при выращивании. Исследования коллекционного материала сои на базе сельскохозяйственной опытной станции «Заречное», представленного 120 сортами различного эколого-географического происхождения, позволили выявить скороспелые образцы для дальнейшей селекционной работы. Коллекционные образцы были изучены в разные по погодным условиям годы 2017-2021, что позволило более полно проанализировать влияние погодных условий на скорость развития и скорость созревания сои. Также была изучена длительность отдельных периодов развития сои «всходы-цветение», «цветение-образование бобов», «цветение-созревание». В ходе исследований весь коллекционный материал в зависимости от продолжительности вегетационного периода был разбит на 5 групп спелости.

Ключевые слова: соя, сорт, коллекция, скороспелость, период вегетации.

Для цитирования: Зинченко А.В., Лынный Д.А., Сидорик И.В., Дидоренко С.В. Изучение скороспелости коллекционного материала сои в условиях Северного Казахстана. Зернобобовые и крупяные культуры. 2022; 2(42):33-40. DOI: 10.24412/2309-348X-2022-2-33-40

THE STUDY OF THE PRECOCITY OF SOYBEAN COLLECTION MATERIAL IN THE CONDITIONS OF NORTHERN KAZAKHSTAN

A.V. Zinchenko, D.A. Lyynik, I.V. Sidorik, S.V. Didorenko*

E-mail: zinchenko.av@inbox.ru

*LLP «KAZAKH RESEARCH INSTITUTE OF AGRICULTURE AND CROP PRODUCTION»,
REPUBLIC OF KAZAKHSTAN

Abstract: Soy is one of the most widespread oilseeds and leguminous crops, which is cultivated in more than 60 countries in the temperate, subtropical and tropical zones. In the Kostanay region, a limited amount of soybeans is cultivated and only by a few farms. The expansion of sown areas for soybeans requires the creation of varieties adapted to different zones of the Republic, taking into account the timing of the vegetation of plants and the photoperiodic reaction of plants to the length of daylight hours, with a range of accumulation of positive temperatures of 1700-1900⁰C - for the northern regions, 1900-2200⁰C - for the eastern regions and more than 3000⁰C - for the south of the Republic of Kazakhstan. The most important role in the promotion of soybeans to the northern regions of Kazakhstan is played by its ability to ripen in a short frost-free period. The early maturity of this crop depends on genetic factors, the weather conditions of the growing season, and the technology used in cultivation. Studies of soybean collection material on the basis of the Zarechnoye agricultural experimental station, represented by 120 varieties of various ecological and geographical origin, made it possible to identify early maturing samples for further breeding work. Collection samples were studied in different weather conditions in the years 2017-2021, which made it possible to more fully analyze the effect of weather conditions on the rate of development and ripening of soybeans. Also, the duration of individual periods of development of soybean "shoots-flowering", "flowering-formation of beans", "flowering-ripening" was studied. In the course of research, all collection material, depending on the duration of the growing season, was divided into 5 groups of ripeness.

Keywords: soybean, variety, collection, precocity, growing season.

Введение

Одной из самых распространенных зернобобовых культур является соя, которая возделывается по всему миру. Популярность данного растения обусловлена ее широким использованием как продовольственной, кормовой и технической культуры. Рентабельность сои при этом может достигать 100%. В семенах сои содержится около 40% белка и около 20% масла, это говорит о том, что соя имеет высокое содержание белка и самый высокий валовый объем производства растительного масла среди всех производимых культур в мире. Странами лидерами по производству сои являются США, Бразилия, Аргентина и Китай [10].

Данную культуру начали возделывать еще 5000 лет назад в Китае, который на сегодняшний день является генетическим центром происхождения сои. Это подтверждается тем, что в Китае и сегодня можно встретить большое количество произрастающей однолетней дикой сои (*G. soya*), а также именно здесь хранятся самые древние письменные источники о возделывании данной культуры [3].

Широта адаптации сои обусловлена тремя центрами формообразования, такими как восточно-африканский, австралийский и южно-восточноазиатский. Селекционное значение видов сои из восточно-африканского центра заключается в большом количестве цветков на одном растении (более 170), кроме того они имеют устойчивость к засухе, бактериальным и грибковым заболеваниям, засолению почвы. Виды сои из австралийского центра трудно скрещиваются с культурной соей, но они также имеют ценность для селекционеров, так как их генотип содержит гены устойчивости к засухе, к грибковым и бактериальным заболеваниям. Австралийская соя несет в себе признаки многосемянности, то есть в бобе может быть до 8 семян, которые обладают низкой активностью ингибиторов трипсина. Южно-восточноазиатский центр выделяется своим видовым разнообразием, здесь встречаются как дикие формы сои, так сорта с культурным морфотипом [8].

Соя – одна из самых крупных в генетическом плане сельскохозяйственных культур, генотип которой в настоящее время насчитывает 469 генов. Генетические ресурсы дикой и

культурной сои собираются в обширные коллекции, которые хранятся в генетических банках мира, где поддаются изучению. При изучении генетического разнообразия сои используются различные классы молекулярных маркеров, к примеру, запасные белки, RAPD, AFLP, ISSR и многие другие [9].

На сегодняшний день одна из самых крупных коллекций сои, состоящая из 7,5 тыс. образцов, находится во Всероссийском институте растениеводства им. Н.И. Вавилова. В коллекции представлены образцы сои более чем из 70 стран мира. Распределение образцов в коллекции следующее: 45,9% образцы научной селекции, 40,3% селекционные линии, 8,3% местные сорта и 5,5% это дикие виды. За период существования данной коллекции, учеными были определены признаки – индикаторы образцов сои для нахождения соответствующего исходного материала, кроме того изучалась изменчивость биологических, биохимических, агрономических и морфологических признаков сои [1, 2, 9].

У сои известны гены, отвечающие за морфологические признаки, то есть за окраску различных частей и органов растения, а также несущие в себе информацию о наличии или отсутствии пигментации, типу и цвету опушения, характеру роста стебля и другое. Кроме того, практически все образцы коллекции ВИР обладают генами, определяющими важные для селекции качественные признаки, такие как продолжительность вегетационного периода, устойчивость к заболеваниям того или иного характера, к ряду абиотических факторов, способность к симбиозу с азотфиксирующими бактериями и т.д. [4].

На сегодня существуют различные направления селекции сои, но самыми значимыми и распространенными являются: селекция на повышение урожайности в оптимальных условиях возделывания; селекция на иммунитет и толерантность к основным патогенным микроорганизмам, насекомым и гербицидам; селекция на улучшение биохимического состава семян (повышение содержания водорастворимых углеводов и белков, снижение уровня ингибиторов трипсина, изменение баланса жирных кислот, белковых и углеводных фракций); селекция на повышение адаптивности к абиотическим стрессорам (то есть к засухе, холоду, засоленности, свету); селекция на улучшение технологических качеств растений и семян (устойчивость к полеганию, размер и окраска семян, прочность и доля семенной оболочки, габитус куста). Все эти направления селекции сои обычно раскладываются на три метода: индивидуальный и массовый отбор, различные типы мутагенеза (физический, химический мутагенез, а также трансгенез и редактирование генома), внутривидовую и отдаленную гибридизацию, во всех случаях результатом селекции должен быть сорт, имеющий улучшенные параметры одного или нескольких хозяйственно ценных признаков [5].

Индивидуальный и массовый отбор – это самый простой и распространенный метод селекции, при котором отбор проводится среди уже имеющихся сортов и линий. Данный метод подразумевает, то что обладающий хозяйственно ценными признаками исходный сорт культуры гетерогенен по некоторым признакам, которые обычно на глаз не определить в зоне выведения сорта, поэтому для реализации метода отбора, высевают такой сорт на дифференцированный фон и проводят массовый или индивидуальный отбор наиболее приспособленных особей. Данный метод имеет короткий срок выведения сорта. Индивидуальный отбор проводится в таких основных фонах как: инфекционные фоны, засушники, криокамеры, динамики температур и фотопериодов, используется, к примеру, в США, Канаде, Бразилии, Китае, Индии, Индонезии, России и т.д. Массовый имеет следующие фоны для отбора: посев в других географических регионах, которые отличаются эколого-географическими условиями от места выведения сорта. Он применяется в Китае, Индии, Японии, ЮАР, Сербии, Канаде и др. [6].

Кроме того, еще одним не маловажным методом селекции является искусственная гибридизация, который осуществляется при помощи подбора родительских пар, несущих нужные хозяйственно ценные признаки, а кроме того с совершенствованием методов отбора перспективных особей в расщепляющихся гибридных популяциях. Метод подразделяется на два типа: внутривидовая гибридизация, которая используется повсеместно во всем мире, и

отдаленная гибридизация, распространенная в США, Канаде, Китае, Японии, России и т.д. Данный метод требует уже значительно больше времени, чем предыдущий [5, 6].

На протяжении долгого периода времени учеными из двух российских институтов ФГБНУ ВНИИ масличных культур и ВИР, только для Амурской области, были выведены более 100 новых генетически не модифицированных образцов сои [2].

А за последние 20 лет китайскими учеными был выведен 141 сорт сои, 93% из которых (это 131 сорт) применяются в сельском хозяйстве, самым продуктивным считается Zhonghuang 35, урожайность которого составляет 55 ц/га [11].

Самая крупная коллекция сои в Казахстане находится в КазНИИЗиР [7].

На территории Костанайской области на малых площадях возделывается ограниченное количество сои и то только некоторыми хозяйствами. Все это потому, что на современном этапе существует недостаточно продуктивных сортов сои, которые бы могли дать урожай в наших условиях (короткий период без заморозков и холодов).

И сейчас считается актуальным, учитывая интерес сельхозтоваропроизводителей, продвигать возделывание сои в регионе северного Казахстана. В связи с чем здесь ведутся селекционные работы по выведению новых, скороспелых, засухоустойчивых, высокопродуктивных сортов сои.

Эффективность селекционной работы с соей во многом зависит от исходного материала: чем он богаче и генетически разнообразнее, тем быстрее можно получить ожидаемый результат. Подбор исходного материала начинается с изучения сортообразцов,

Целью исследований стало изучение коллекционных образцов сои на способность вызревать в условиях Северного Казахстана.

Материалы и методика

Для Костанайской области, где безморозный период составляет 115-118 дней, а заморозки могут начаться уже в конце августа начале сентября, в селекционной программе главенствующее место занимает скороспелость сортов.

В качестве материала для исследования служат 120 сортообразцов мировой коллекции сои 000, 00, 0 и I групп спелости. В данную коллекцию включены сорта из России, Украины, Польши, США, Франции, Китая, Чехословакии, Узбекистана, Беларуси, Чехии, Японии и Швейцарии. Селекция республики Казахстан в коллекции представлена 18 сортообразцами. Данная коллекция изучается на полевом стационаре ТОО «Сельскохозяйственная опытная станция «Заречное», который расположен в зоне засушливой степи Северного Казахстана. Стандартом в питомниках принят районированный сорт Ивушка, который размещается через каждые 5-10 номеров. Вегетационный период сои составляет от 80 до 165 дней. Наша мировая коллекция сои дифференцирована по признакам: скороспелость, узколистность, неосыпаемость, высокобелковость, детерминантный тип развития.

Климат в Костанайской области резко континентальный с холодной, малоснежной зимой и жарким, сухим летом. Погодные условия в основные месяцы формирования растений сои по годам складывались следующим образом: так в условиях Костанайской области по данным метеостанции, расположенной на стационаре ТОО «Сельскохозяйственная опытная станция «Заречное», наиболее высокая средняя температура воздуха складывалась в 2021 г. – 21,1°C. Наименьшая средняя температура воздуха в период вегетации складывалась в 2018 г. – 17,2°C, что на 1,1°C меньше среднегодовой нормы.

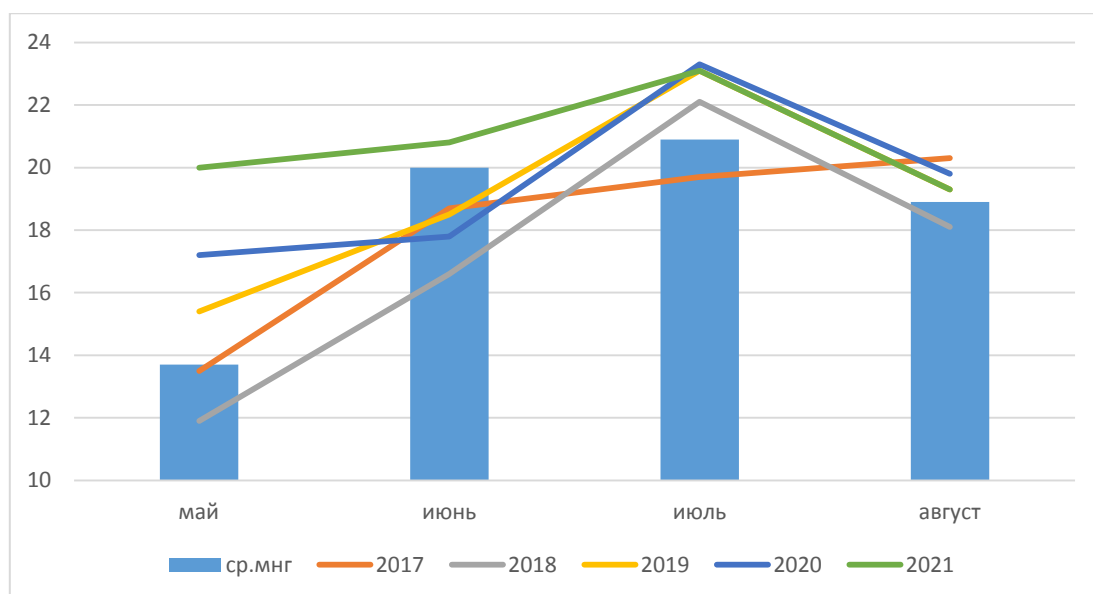


Рис. 1. Температура воздуха в период вегетации, 2017-2021 гг., °C

За вегетационный период 2017 г. и 2018 г. выпало наибольшее количество осадков – 234,4 и 239,2 мм, соответственно. Самыми засушливыми были 2019 и 2021 гг. – 106,9 и 127,4 мм, соответственно. Июнь 2019, 2020 и 2021 гг. был наименее влагообеспеченным в сравнении с этим же периодом 2017 и 2018 гг. и среднемноголетними данными. По осадкам июля, так называемый «июльский максимум» осадков наблюдался только в 2017 и 2021 гг. Осадки мая 2018 г. составили 44,7 мм при среднемноголетней норме 36 мм, а температура воздуха 11,9°C, что на 1,8° ниже среднемноголетней нормы. В первой декаде июня выпало 45,9 мм, что на 11 мм больше среднемноголетних значений, обильные осадки сопровождались низкой температурой воздуха 14,5°C (ниже среднемноголетней нормы на 3,4°C). Это способствовало интенсивному развитию грибных инфекций и естественно оказало отрицательное влияние на полевую всхожесть.

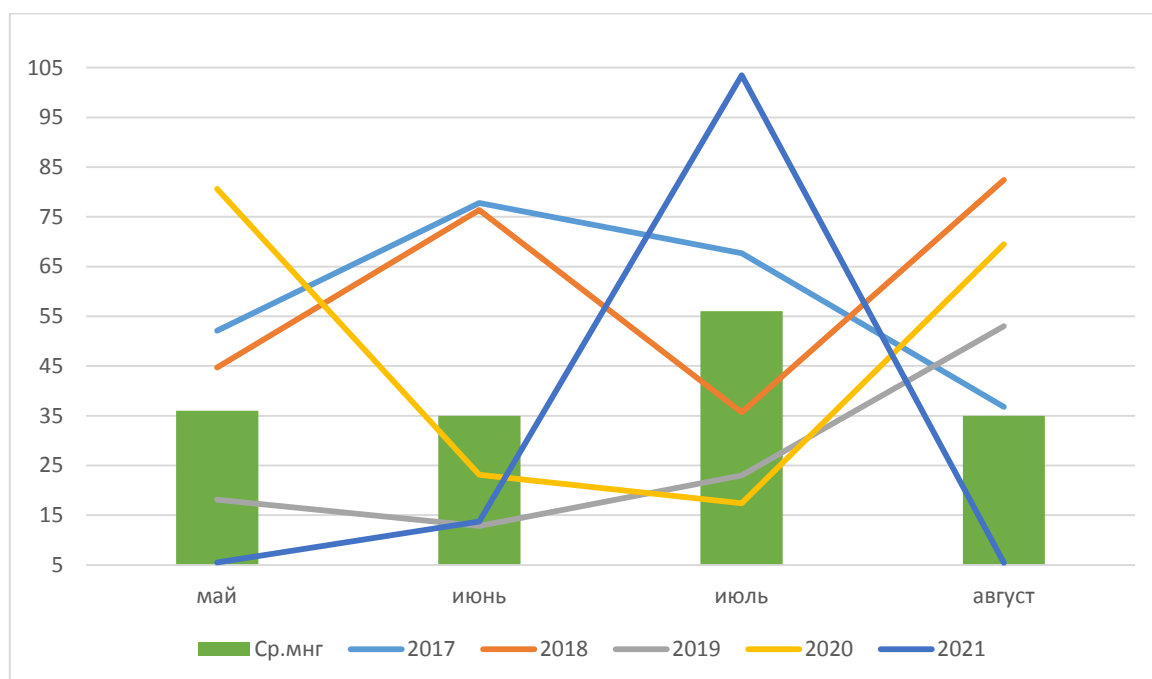


Рис. 2. Распределение осадков в период вегетации, 2017-2021 гг., мм

Осадки августа за период 2018-2020 гг. и третьей декады июля 2021 г. превышали многолетние показатели соответственно на 47,4; 18,0; 34,5 мм и 47,5 мм, в целом не оказывали отрицательного влияния на развитие сои, за исключением 2018 г. и 2021 г, когда выпавшие осадки привели к незначительному полеганию растений и пролонгации периода вегетации среднеспелых сортов сои.

Опыт закладывается по гербицидному пару, подготовка которого осуществляется с применением почвозащитной ресурсосберегающей технологии. Закрытие влаги производится по мере достижения физической спелости почвы вращающейся бороной, не нарушающей мульчирующий слой. Предпосевная обработка почвы под сою заключается в предпосевной культивации КПС-4 с прикатыванием. Посев в оптимальный срок конец второй-третью декаду мая.

Развитие растений в течение периода вегетации будут разделяться на две фазы – вегетационную и репродуктивную, которые в свою очередь могут быть поделены на несколько подфазных периодов. Ранее рассматривали и использовали множество таких классификаций, однако сегодня принята классификация и буквенно-цифровое обозначение, которую предложили Fehr и Caviness. Фенологические наблюдения по сое ведутся по всем вариантам опытов. Отмечаются следующие фазы: посев, всходы (VE), появление тройничного листа (V1), цветение (R2), бобообразование (R4), налив бобов (R6), созревание (R8) [7].

Результаты и обсуждение

При проведении фенологических наблюдений в стадию – всходы (VE) в условиях СХОС «Заречное» были отмечены образцы с низким процентом всхожести – 20-30% (СибНИИК 315, Алтом, Warsawska, Лира, Фея, Хорол, Кэн Нун 8, Darika, Черемош, Лань, СюйСюн 1, СК Уника, Alta, Феодосия, СК Фарта, Самер 3).

Сортообразцы Maplepresto, Лира, Олимпия, Славия, Дончанка, Вега, Черновицкая 7, 6287 не дают всходов.

Фаза тройчатого листа (V2) отмечена в период 31.05-18.06. У образца Рассвет фаза тройчатого листа отмечена – 31.05 в 2021г., у образцов Picket K6298, Соер 3, Грибская Кормовая, Maplegelen, Вилана, 1049 – 01.06 в 2017 г. отмечена фаза тройничного листа. Образцы с поздним образованием тройничного листа: Подяка, Фея, Хорол, 407/2, Кэн Нун 8, Darika, Баян – 16.06, Алматы, Лань, Суламит, 6878, Селекта 301, K1889 – 17.06, у сорта Toury, Перемога 18.06.

Фаза цветения большинства сортов приходится на период 23.06-23.07. К раннецветущим можно отнести 70 образцов с периодом цветения 21.06-01.07. У сортов Амурская 401 и Северная 5 цветение отмечено 21.06 и 22.06 в 2021 г. К поздноцветущим сортам можно отнести 50 образцов. Самыми позднеспелыми являются Селекта 301 – 24.08 (2018 г.); Дун Доу 29 – 19.08 (2019 г.); Баян – 12.08 (2018г.); Жансая, Перемога – 11.08 (2021 г.); Дун Доу 1, Дун Доу 339, Виктория – 10.08 (2019г.); Buster – 05.08 (2020 г.), Естофита, Фея, Darika, Agassiz -02.08 (2021г.), Гео, SL 0126, Жалпаксай – 03.08 (2017г.).

Первые бобы появились 17 июля (2021 г.) – 26 июля (2019 г.). Фаза полного бобообразования (R4) отмечалась с 19 июля по 03 сентября, что составило от цветения до образования бобов 9 – 71 сут., у образцов Semu 315-71 сут., 6919- 57 сут., GEO-53 сут., Safrina-51 сут., Подяка и Dawson этот период составил 50 сут. Выделены образцы с коротким периодом цветения – 8-19 сут.: Естофита, 4969, SL 01 26, Darika, Черемош, Maplearrow, Toury, Жансая, Ивушка, Соер 3491, СК Уника, Воронежская 31, СНК 129. Ранним образованием бобов отличился сорт Красивая мечта – 19.07.

Выделены образцы с коротким периодом цветения – 14-18 суток: Припять, Соер 3491, Соер 5, Светлая, Свапа, Зерница, ПЭП 26, Kolleksiya, ЛЗ15/07, Романтика, СибНИИСХОЗ 6, Спритна, Викторина, Fiskeby v, Русия, Светлячок.

Весь изучаемый коллекционный материал в зависимости от созревания был разбит на 5 групп спелости.

Таблица 1

Продолжительность вегетационного периода сои разных групп спелости

Группа спелости	Вегетационный период (сут)	Количество образцов				
		2017	2018	2019	2020	2021
000	79-85	1	2	13	8	1
00	86-95	41	19	33	23	13
0	96-105	55	-	38	55	29
I	106-113	15	-	20	1	62
II	Не вызрели	-	-	2	33	15

Самыми скороспелыми образцами с периодом вегетации 79-85 суток выделены: Соер 5, Касатка, Смена, Соер 3491, Малета, Зерница, Сибирячка, Алтом, СибНИИСХОЗ 6, 308/1, Русия, Светлячок, Северная 5, Светлая, Свапа, Гармония, Дина.

Образцы Зара, Роза, Мисула, Алматы, Жалпаксай вообще не вызревали в условиях отчетного периода 2017-2021 гг.

Таким образом в результате исследований коллекции сои за 2017-2021 гг. выявлены образцы, которые могут быть использованы как источники признака скороспелости.

Работа выполнена в рамках Программно-целевого финансирования МСХ РК по бюджетной программе 267, BR10764991 «Создание высокопродуктивных сортов и гибридов масличных и крупяных культур на основе достижений биотехнологии, генетики, физиологии, биохимии растений для устойчивого их производства в различных почвенно-климатических зонах Казахстана».

Литература

1. <https://agrovesti.nrt/lib/tech/growing-legumes/genofond-kormovoj-soi-v-kollektsii-vir.html>
2. <https://vniimk.ru/science/conferences/o-novykh-metodakh-selektsii-soi-za-rubezhom-i-o-vozmozhnosti-ikh-ispolzovaniya-v-selektsii-soi-vo-vn/>
3. <https://www.agrodialog.com.ua/proisxozhdenie-i-istoriya-soi.html>
4. Palmer R.G., Shoemaker R.C., Rennei B. Approved soybean gene symbols // Soybean Genetics Newsletters. 1987. V.14. P.41-58.
5. Ала А.Я. Теоретические основы селекции по созданию материала на повышенное содержание белка и масла в семенах сои. В кн.: Биология, генетика и микробиология сои. Новосибирск, - 1976, – С.41-48.
6. Бриге Ноулз П. - Научные основы селекции растений. – М., - 1972, – 392 с.
7. Дидоренко С.В., Кудайбергенов М.С., Аbugалиева А.И., Сидорик И.В., Скороспелость сои – приоритет казахстанской селекции. «Фундаментальные и прикладные исследования в биоорганическом сельском хозяйстве России, СНГ и ЕС». – 9-12 августа, 2016. – г. Сколково, Большие Вяземы. – Т.1. – С. 410-414.
8. Дидоренко С.В. Сбор, изучение и использование генофонда сои (Glycine Max.L.) в Казахстане// Международная конференция «Пути повышения эффективности использования генетических ресурсов зернобобовых культур в селекции», С.-Петербург, 1-3 ноября, - 2016. – С.43-45.
9. Корсаков Н.И. Каталог генетической коллекции сои. Вып.115. Л., - 1973. – 69 с.
10. Позняков В.Г., Посыпанов Г.С. Современное состояние, проблемы возделывания и использования сои// Соя. Научно-производственный справочник. – М., - 1998. – С. 6-24.
11. Фокина Е.М., Беляева. Г.Н, Разанцев Д. Р., Признаковая коллекция сои как основа для создания сортов нового поколения. //Вестник ДВО РАН. - 2020. - № 4. – С .86-87.

References

1. <https://agrovesti.nrt/lib/tech/growing-legumes/genofond-kormovoj-soi-v-kollektsii-vir.html>
2. <https://vniimk.ru/science/conferences/o-novykh-metodakh-selektsii-soi-za-rubezhom-i-o-vozmozhnosti-ikh-ispolzovaniya-v-selektsii-soi-vo-vn/>
3. <https://www.agrodialog.com.ua/proisxozhdenie-i-istoriya-soi.html>
4. Palmer R.G., Shoemaker R.C., Rennei B. Approved soybean gene symbols // Soybean Genetics Newsletters. 1987. V.14. Pp.41-58.
5. Ala A.Ya. Teoreticheskiye osnovy selektsii po sozdaniyu materiala na povyshennoye soderzhaniye belka i masla v semenakh soi [Theoretical foundations of breeding for the creation of material for a high content of protein and oil in soybean seeds]. In: Biologiya, genetika i mikrobiologiya soi. Novosibirsk, 1976, pp. 41-48. (In Russian)
6. Brige Noulz P. Nauchnyye osnovy selektsii rasteniy [Scientific basis of plant breeding]. Moscow, 1972, 392 p. (In Russian)
7. Didorenko S.V., Kudaybergenov M.S., Abugaliyeva A.I., Sidorik I.V., Skorospelost' soi – prioritet kazakhstanskoy selektsii [The early maturity of soybean is a priority of Kazakhstani breeding.]. «Fundamental'nyye i prikladnyye

- issledovaniya v bioorganicheskom sel'skom khozyaystve Rossii, SNG i ES» ["Fundamental and applied research in bioorganic agriculture in Russia, the CIS and the EU"]. 9-12 Aug., 2016, Skolkovo, Bol'shiye Vyazem, v.1, pp. 410-414. (In Russian)
8. Didorenko. S.V. Sbor, izucheniye i ispol'zovaniye genofonda soi (Glycine Max.L.) v Kazakhstane [Collection, study and use of the soybean (Glycine Max.L.) gene pool in Kazakhstan] Mezhdunarodnaya konferentsiya «Puti povysheniya effektivnosti ispol'zovaniya geneticheskikh resursov zernobobovykh kul'tur v selektsii» [International conference "Ways to improve the efficiency of the use of genetic resources of leguminous crops in breeding"], S.-Peterburg, 1-3 Nov., 2016, pp.43-45. (In Russian)
9. Korsakov N.I. Katalog geneticheskoy kolleksii soi [Soybean Genetic Collection Catalog]. Iss.115, Leningrad, 1973, 69 p. (In Russian)
10. Poznyakov V.G., Posypanov G.S. Sovremennoye sostoyaniye, problemy vzdelyvaniya i ispol'zovaniya soi [Current state, problems of cultivation and use of soybeans] Soya. Nauchno-proizvodstvennyy spravochnik [Soy. Scientific and production reference book]. Moscow, 1998, pp. 6-24. (In Russian)
11. Fokina Ye.M, Belyayeva. G.N, Razantsvey D. R., Priznakovaya kolleksiya soi kak osnova dlya sozdaniya sortov novogo pokoleniya [Soybean trait collection as a basis for the development of new generation varieties.]. *Vestnik DVO RAN*. 2020, 4, pp .86-87 (In Russian)

СТО ЛЕТ ОРЛОВСКОЙ СЕЛЕКЦИИ ГОРОХА. ИТОГИ И ПЕРСПЕКТИВЫ

А.Н. ЗЕЛЕНОВ, доктор сельскохозяйственных наук,
ORCID ID 0000-0001-6909-0161

А.А. ЗЕЛЕНОВ*, кандидат сельскохозяйственных наук,
ORCID ID 0000-0003-4544-7845
E-mail: Zelenov-a-a@yandex.ru

ФГБНУ «ФНЦ ЗЕРНОБОБОВЫХ И КРУПЯНЫХ КУЛЬТУР»

*АО «ЩЁЛКОВО-АГРОХИМ»

*Селекционерами Шатиловской сельскохозяйственной опытной станции и ФНЦ ЗБК за сто лет на орловской земле создано 32 успешно прошедших госиспытание сорта. В общей сложности они допущены к использованию во всех 12 регионах сортоиспытания Российской Федерации от Белого и Балтийского морей до Тихого океана. В процессе длительной селекции произошла эволюция культуры от длинностебельных с неограниченным ростом, полегающих, малоурожайных листочковых сортов до современных короткостебельных, устойчивых к полеганию, с урожайностью до 70 ц/га ограниченно растущих сортов усатого и гетерофилльного (хамелеон) типов. Одновременно выявлены не имеющие аналогов в мировом разнообразии *Pisum sativum* L. формы: люпиноид Уварова, рассечённолисточковая, гетерофилльная трифоль. Успехи в селекции обусловлены благодаря теоретическим исследованиям и разработкам генетических, физиологических, биохимических методов селекции. Перспективными для создания сортов с урожайностью 80-90 ц/га являются биоэнергетическое (ароморфозное) и фитоценотическое направления селекции.*

Ключевые слова: горох, селекция, морфотипы, сорта.

Для цитирования: А.Н. Зеленов, А.А. Зеленов. Сто лет орловской селекции гороха. Итоги и перспективы Зернобобовые и крупяные культуры. 2022; 2(42):41-59. DOI: 10.24412/2309-348X-2022-2-41-59

ONE HUNDRED YEARS OF OREL PEA BREEDING. RESULTS AND PROSPECTS

A.N. Zelenov, ORCID ID 0000-0001-6909-0161
A.A. Zelenov*, ORCID ID 0000-0003-4544-7845

E-mail: Zelenov-a-a@yandex.ru

FSBSI «FEDERAL SCIENTIFIC CENTER OF LEGUMES AND GROAT CROPS»

*АО «SHCHELKOVO AGROCHEM»

Abstract: *Breeders of Shatilovo Agricultural Experimental Station and the Federal Scientific Center of Legumes and Groat Crops (FSC LGC) for a hundred years on Orel land have created 32 varieties that successfully passed the State Testing. In total, the varieties are approved for use in all 12 variety-testing regions of the Russian Federation from the White and Baltic Seas to the Pacific Ocean. In the course of long-term breeding there was an evolution of the crop from long-stemmed*

with unlimited growth, lodging, low-yielding leafy varieties to modern short-stemmed, lodging-resistant, with yields up to 70 c/ha of limited growing tendril and heterophyllic (chameleon) varieties. At the same time, Pisum sativum L. forms, which have no analogues in the world diversity, were identified: Uvarov lupinoid, dissected leaf, heterophyllic trifol. Successes in breeding are due to theoretical research and the development of genetic, physiological, biochemical breeding methods. Bioenergetic (aromorphous) and phytocenotic breeding directions are promising for creating varieties with yields of 80-90 c/ha.

Keywords: peas, breeding, morphotypes, varieties.

Горох – древнейшая сельскохозяйственная культура России. Свидетельством её широкого распространения является упоминание гороха, наряду с пшеницей, рожью, просом и овсом, в «Русской Правде» Ярослава Мудрого (XI век н.э.). В ископаемых остатках XIV-XV веков зерна гороха обнаружены в прибрежных поселениях среднего течения Оки (Р.Х. Макашева, 1973). Эта территория, Среднерусская лесостепь, по своему биоклиматическому потенциалу и почвенной характеристике является благоприятной для возделывания гороха. Максимальные сборы семян современных сортов здесь достигают 60-70 ц/га.

Так, в 1990 г. в опытах Тульского НИИСХ урожай семян сорта пелюшки Орпела составил 70 ц/га. В 1992 г. во ВНИИЗБК (ныне ФНЦ ЗБК) получено 57,3 ц/га усатого гороха Орлус, а в 2003 г. там же - 61,0 ц/га листочкового сорта Темп. В этом же году на Липецкой сортоиспытательной станции урожай Темпа составил 59,9 ц/га, а усатого сорта Фараон 58,6 ц/га. В производственных условиях ООО «Дубовицкое» Малоархангельского района Орловской области с каждого гектара собирают 50 и более центнеров семян сорта Фараон. Даже в экстремально засушливом 2010 году в этом хозяйстве на площади 250 га было выращено по 35,6 ц/га семян этого сорта (Н.В. Парахин, С.Д. Каракотов, 2011).

Однако в стародавние времена орловские крестьяне возделывали малоурожайные сорта народной селекции, среди которых был местный образец тонкостебельной, высокорослой, сильнополегающей листочковой пелюшки, включённый в каталог мировой коллекции ВИР им. Н.И. Вавилова под номером к-1691. В опытах ВНИИЗБК 1984-1986 гг. его средняя урожайность составила всего 11 ц/га семян [1].

Вот с такого «низкого старта» в 1922 году начиналась селекция гороха на Шатиловской сельскохозяйственной опытной станции. Работа складывалась непросто и порой драматично. Первоочередная задача состояла в выявлении наиболее урожайного, приспособленного к местным условиям сорта. Таким оказался германский сорт Виктория мандорфская. Сорт урожайный, с красивыми крупными желтовато-розовыми семенами, отличающимися высокими кулинарными достоинствами. Благодаря хорошо развитой, глубоко идущей корневой системе растения хорошо сопротивлялись засухе. Этот сорт долгое время возделывался в Орловской области и лишь в 1951 г. его сменил менее требовательный к условиям выращивания шведский сорт Капитал.

С целью создания собственных сортов с 1926 г. на станции проводилась гибридизация и отбор элитных растений. Но «в 1929 г. в связи с реорганизацией станции работа по селекции гороха была закрыта, а селекционный материал был передан другим опытным станциям» [2]. Лишь через 7 лет селекция гороха на Шатиловской станции была возобновлена. С 1938 по 1945 гг. её вела Е.П. Пухальская. К сожалению, весь созданный до Великой Отечественной войны материал погиб во время немецко-фашистской оккупации. После войны, в 1946-1949 гг. Г.Б. Демиденко заново собрал и изучил коллекционные образцы, создал новые гибридные комбинации, сделал отборы.

Наиболее продолжительное время (1950-1967 гг.) селекцию и семеноводство на станции вёл Николай Александрович Рюриков. Он создал первый на Орловщине сорт **Шатиловский зеленозёрный**, который с 1962 г. был районирован в Орловской и Брянской областях. Сорт обладал высокой для того времени урожайностью семян (25-29 ц/га) и хорошими кулинарными достоинствами. Он имел удовлетворительную устойчивость к

биотическим и хорошую к абиотическим стрессорам [3]. Но из-за длинного лежащего стебля и позднего созревания широкого распространения в производстве сорт не получил.

В 1958 г. на станции была развёрнута работа по созданию среднеспелых, устойчивых к полеганию сортов гороха с укороченным стеблем. Однако из-за неудачного выбора донора длины стебля сорт **Шатиловский неполегающий** не был районирован. Не выдержал государственного испытания и укосный сорт **Орловский**. Поэтому было решено с 1967 г. прекратить селекцию гороха на станции, а весь материал передать в недавно организованный и набирающий силу Всесоюзный НИИ зернобобовых и крупяных культур [2].

В год своего столетия (1996) Шатиловка стала научно-методическим центром экологического испытания и показа в рамках ежегодного «Дня поля» достижений российской селекции по важнейшим сельскохозяйственным культурам. К сожалению, уровень урожайности сортов гороха на станции не даёт представления об их потенциальных возможностях. Так, в 2014-2016 гг. в среднем по всем экспонируемым сортам она составила всего 26,2 ц/га, что меньше, чем у яровой вики (27,9 ц/га) и сои (34,2 ц/га) [4].

Во ВНИИЗБК в первые годы селекцию гороха проводили также на основе традиционного длинностебельного листочкового морфотипа. В качестве генисточников использовали преимущественно материал Шатиловской и Горьковской сельскохозяйственных опытных станций, Башкирского НИИСХ. Первые успехи пришли не сразу. Полученные с использованием башкирских образцов сорта Сокол и Орлёнок, хотя и отличались хорошими продовольственными характеристиками, районированы не были. Такая же участь постигла и репринт шатиловского сорта Орловский – Орловский 2. Лишь в 1976 году Г.Б. Демиденко удалось создать первый районированный сорт института – **Стрелецкий**. Сорт укосного использования получен индивидуальным отбором из гибридной популяции Горьковский 14 × Рамонский 77. С 1979 г. районирован в Центральном регионе РСФСР. Максимальная урожайность зелёной массы – 469 ц/га получена в Орловской области в 1976 г., семян – 39,4 ц/га там же в 1978 г.

Большого внимания заслуживают укосные сорта Г.Б. Демиденко Аист и Малиновка. Первый относится к подвиду гороха посевного, второй – полевого (пелюшка). Оба созданы индивидуальным отбором из гибридной популяции Приекульский 407 (пелюшка. Латвия) × Черниговский 190 (*ssp. sativum*, Украина).

Аист среднепоздний (80-95 суток), длинностебельный (110-182 см). Максимальный урожай зелёной массы – 429 ц/га получен в 1980 г во ВНИИЗБК, семян – 55,6 ц/га в 1983 г. в Белорусском НИИ земледелия и кормов. Благодаря мелким семенам (МТС 140-170 г) сорт обладает высоким коэффициентом размножения. Семена отличаются большой массовой долей сырого протеина – до 28,6%, в сухом веществе (с.в.) вегетативной массы – до 18,4%.

Сорт впервые был районирован в 1985 г. в Волго-Вятском и Центрально-Чернозёмном регионах РСФСР и в Белорусской ССР.

Малиновка характеризуется исключительно высоким урожайным потенциалом и широкой экологической пластичностью. Это безусловный шедевр Григория Борисовича Демиденко.

Сорт позднеспелый (90-105 суток), длинностебельный (140-180 см). Максимальный урожай зелёной массы – 618 ц/га Малиновка сформировала в 1986 г. во ВНИИЗБК, семян – 72,3 ц/га (!) в 1983 г. при испытании на поливе на Советском ГСУ в Крыму. Семена средне-мелкие (150-180 г). Сорт впервые был районирован в 1987 г. и в разные годы был допущен к использованию в восьми регионах России, от Белого моря до Тихого океана (таблица).

Совместно с Татарским НИИСХ индивидуальным отбором из гибридной популяции ВНИИЗБК Ахалкалакский местный, обработанный нитрозотилмочевинной (семена) × Рамонский 77 создан укосный сорт **Татарстан 2**. Как по урожайности зелёной массы, так и семян высокие показатели не отмечены. С 1989 г. районирован по Северному, Центральному и Средневолжскому регионам.

Так же с использованием мутагенного фактора путём обработки семян сорта Зерноградский многоплодный 2 этиленимином Н.А. Лобанов создал зерновой сорт

Стрелецкий 11 с двумя бобами на плодonoсе и максимальной урожайностью 40,7 ц/га. В 1985 г. районирован в Центральном регионе. Примечательно, что отобранные из мутантной популяции двуплодные растения оказались продуктивнее многоплодных.

В лаборатории генетики и цитологии под руководством и при участии Н.А. Соболева была проведена большая работа по использованию индуцированного мутагенеза в селекции гороха и фасоли. Полученный из сорта Раман мутантный сорт Орловский 29 в 1976 г. был передан на госиспытание. Однако, несмотря на ряд положительных результатов, из-за слишком короткого стебля не был районирован.

Но и длинностебельные полегающие сорта уже никого не удовлетворяли. Урожайность зернового сорта **Орловский 3** (Уникум × Местный Тамбовский) с длиной стебля 110-170 см в конкурсном испытании ВНИИЗБК (1977-1980) в среднем составил всего 27,9 ц/га. Он был в районировании в 1985-1999 гг. в Центральном регионе.

При полегании растений гороха происходит ухудшение физиологических показателей продукционного процесса и снижение сухой массы надземных органов в среднем на 31%, а массы семян на 41%. В отдельных случаях недобор урожая достигал 74% [5]. В этой связи в институте проводилась интенсивная работа по поиску и созданию доноров неполегаяемости. Наиболее смелыми были исследования лаборатории генетики и цитологии по отдалённой гибридизации между горохом и бобами. От бобов гороху много не требовалось. Лишь устойчивый к полеганию стебель. Но ожидаемый результат не был получен [6].

Решение было найдено внутри *Pisum sativum* L. Необходимыми параметрами (55-80 см) и относительной устойчивостью отвечал районированный в СССР с 1984 г. чешский высокоурожайный сорт Смарагд. Во ВНИИЗБК М.Д. Варлахов выделил подобную линию ДВ-499. Оптимальный генотип ОБЦ-817 с тремя бобами на плодonoсе был создан в отделе биохимии и цитологии Башкирского филиала АН СССР В.В. Хангильдиным и передан автором во ВНИИЗБК. Из гибридной комбинации Неосыпающийся 1 × (ОБЦ-817 × Мироновский 186) нами были получены адаптивные, трёхплодные, с неосыпающимися семенами, короткостебельные листочковые линии В-32 и В-34, которые в парных, насыщающих и сложноступенчатых скрещиваниях были использованы при создании сортов Орпела, Орловчанин, Орловчанин 2, Спрут, Батрак, Шустрик, Визир.

От скрещивания ДВ-499 × Усач (Омск) получены усатые, короткостебельные линии Ус-14, Ус-16 и 84-435. С участием Ус-16 созданы сорта Орлус и Спрут 2, в Татарском НИИСХ – Казанец. Линия Ус-14 – одна из компонентов скрещивания усатой короткостебельной пелюшки на зерно Алла. Линия 84-435 использована при создании усатой детерминантной (*deh*) линии Ус-87-022.

Благодаря работам А.М.Шевченко на Ворошиловградской (Луганской) селекционной станции, где были созданы замечательные сорта с неотделяющейся семяножкой (неосыпающиеся) – Неосыпающийся 1, Ворошиловградский юбилейный, Труженик и другие, в стране обсуждалась идея обязательного перевода всей селекции гороха на неосыпающуюся основу. Во ВНИИЗБК под руководством Н.М. Чекалина были разработаны и успешно реализованы всесоюзные селекционно-генетические программы «Тенакс» и Тенакс-2», объединившие усилия 17 селекционных учреждений Союза. В итоге выполнения этих программ в короткие сроки селекция гороха была переведена на создание сортов с неосыпающимися семенами [7].

Последующими исследованиями было установлено, что при своевременной уборке сортов с отделяющейся семяножкой самопроизвольные потери урожая от растрескивания бобов и осыпания семян минимальны (В.И.Летуновский, 1992). Из-за ухудшения товарного вида неосыпающихся семян селекционеры дальнего зарубежья этот признак не приняли. Выводы о влиянии аллеля *deh* на семенную продуктивность растений оказались противоречивыми [8]. Поэтому сорта гороха как с отделяющейся, так и с неотделяющейся семяножкой получили равные права на допуск к использованию.

Селекционер В.Н. Уваров в 1987 г. индивидуальным отбором из гибридной популяции Смарагд × В-34 создал выдающийся зерновой сорт **Орловчанин**. Среднеспелый (72-80

суток), короткостебельный (65-80 см), сравнительно устойчивый к полеганию. Соцветия двух- иногда трёхцветковые. Семена крупные (МТС 280-300 г), неосыпающиеся. Обладает высокой способностью к симбиотической фиксации атмосферного азота. Отличается повышенной устойчивостью к засухе (В.Н. Уваров, А.Н. Зеленов, 1994). Высокоурожаен. В 1987 г. в Гомельском отделе ВНИИЗБК при урожае 58,0 ц/га Орловчанин на 17 ц/га опередил стандарт Труженик. В 1988 г. на Саратовском ГСУ Одесской области получено 50 ц/га нового сорта, на 12 ц/га больше сорта Топаз. В 1990 г. в ОПХ «Стрелецкое» ВНИИЗБК (Орловская обл.) на площади 220 га собрали по 46 ц/га семян Орловчанина. В 1993 г. в хозяйстве «Владна» Краснодарского края его урожайность составила 58 ц/га, а в совхозе «Ленинская искра» Хмельницкой области – 62 ц/га. Максимальная урожайность Орловчанина – 69,6 ц/га достигнута в 1992 г. на Горно-Марийском ГСУ республики Марий-Эл.

Орловчанин впервые районирован в 1991 г и был внесён в Госреестр РФ по шести регионам (таблица). На Украине он получил статус национального стандарта республики.

В результате скрещивания чешского сорта Тырчис с Орловчанином В.Н.Уваров создал сорт **Визир** с максимальной урожайностью во ВНИИЗБК 49,9 ц/га (1996 г.). Сорт унаследовал от Орловчанина высокую засухоустойчивость и вероятно, благодаря этому с 2003 г. был районирован в Северо-Кавказском и Нижневолжском регионах.

В связи с тенденцией на расширение ареала возделывания гороха в северные и засушливые зоны, учитывая высокую устойчивость *spp.arvensis* (пелюшка) к биотическим и абиотическим стрессорам и другие его достоинства во ВНИИЗБК было решено развернуть селекцию короткостебельных форм этого подвида на зерно. Морфофизиологическое обоснование перспективности создания адаптивных сортов пелюшек с урожайностью более 70 ц/га детально разработано в Орловском ГАУ им. Н.В. Парахина совместно с ВНИИЗБК [9,10].

В 1990 г. М.П.Мирошникова методом трёхкратного бекроссирования пелюшки Надежда (Кировская обл.) линией В-32 создала и передала на госиспытание первый в России сорт гороха полевого на зерно **Орпела**. Сорт среднеспелый (75-78 суток), короткостебельный (65-85 см). Соцветие трёхцветковое, но в процессе длительного репродуктивного из-за обратного мутирования *fn* (или *fna*) в *Fn* (*Fna*) на кисти осталось только два цветка. Семена крупные (270-310 г), неосыпающиеся с массовой долей белка в них 25,5%.

По данным ВНИИ кормов им. В.Р. Вильямса (А.И. Фицев и др., 1994; И.В. Малиевская, 1995) зерно Орпелы, благодаря высокому содержанию критических аминокислот метионина, цистина и глицина, а также низкому содержанию ингибиторов протеаз, обладает отличными кормовыми достоинствами.

В конкурсном испытании ВНИИЗБК (1988-1990) средняя урожайность семян Орпелы составила 42,6 ц/га (+3,4 ц/га к Смарагду). В 1990 г. в Днепропетровском отделе ВНИИЗБК получено 61,8 ц/га семян (+9 ц/га к стандарту Сармат). Максимальная урожайность достигнута в том же году в Тульском НИИСХ – 70 ц/га. Орпела районирована в 1994 г. по четырём регионам РФ (таблица).

В систематику *Pisum sativum* L. короткостебельная, крупносемянная, неосыпающаяся форма гороха полевого включена под названием **var. miroshnikovae Serd. et Stankev. (разновидность Мирошниковой)**. Тип: Орпела». Россия, ВНИИЗБК, к-8629 [11].

Успехи селекции короткостебельных зерновых сортов побудили А.А.Гаврикову и И.В.Кондыкова создать короткостебельную укосную пелюшку. Из комбинации Смарагд × Малиновка отобрана уникальная относительно устойчивая к полеганию форма, ставшая укосным сортом **Зарянка** с длиной стебля 60-90 см. Укорочение стебля Малиновки произошло за счёт уменьшения длины междоузлий при неизменном их числе. Стебель – пустотелая соломина, и сокращение его длины почти не влияет на продуктивность вегетативной массы. Зато значительно возрастает семенная продуктивность.

Так, в конкурсном испытании ВНИИЗБК (1990-1993 гг.) средняя урожайность зелёной массы составила 299 ц/га, что на 31 ц/га, или на 3,7% выше стандарта Малиновка; урожай

семян – 32 ц/га (+37,5% к стандарту). Максимальная урожайность сухого вещества – 175,5 ц/га получена в 1996 г. в Московской обл., семян – 36,6 ц/га в 1994 г. в Калужской области. Зарянка впервые была районирована в 1997 г. в шести регионах России от Балтики до Тихого океана и в Республике Беларусь (таблица) (И.В. Кондыков и др., 1992).

Несмотря на достигнутые успехи, на необходимость для производства создания сортов гороха укосного использования, и, несмотря на достоинства гороха полевого, в настоящее время селекционная работа по этим направлениям в ФНЦ ЗБК из-за отсутствия исполнителей, к сожалению, прекращена.

В середине 70-х годов прошлого столетия во ВНИИЗБК, как и в целом по стране, основное внимание селекционеров-гороховиков переключилось на создание сортов с усатым типом листа. Хотя безлисточковый мутант в 1949 г. впервые был обнаружен в СССР на Грибовской опытно-селекционной станции и там же был создан первый овощной сорт нового морфотипа Усатый 5, к созданию гладкозёрных усатых сортов отечественных селекционеров подтолкнули достижения западноевропейской селекции (Л.С.Козлова, 1993).

Положительные результаты в институте пришли не сразу. В расщепляющихся гибридных популяциях с листочковыми и усатыми генотипами была установлена низкая конкурентоспособность усатых растений (Lafond et al., 1981; В.В. Хангильдин, 1984; Т.С. Титенок, А.Н. Зеленов, 1992). В связи с этим, были предложены «Методические рекомендации по отбору усатых генотипов гороха из гибридных популяций» (Т.С. Титенок, А.Н. Зеленов, 2000), в соответствии с которыми из гетерогенного по типу листа ценоза F₂ проводится массовый отбор усатых растений. В их гомозиготной по типу листа популяции происходит отбор элитных растений – родоначальников будущих сортов.

Современные сорта насыщены рецессивными аллелями генов. Многие исследователи отмечали их негативное влияние на продукционный процесс. S.Blixt (1972) изучил 300 мутаций гороха, и практически все они снижали продуктивность своих исходных генотипов. Но в то же время, «каждая по тем или иным причинам положительно отбираемая мутация неизбежно влечёт за собой положительный же отбор генов-модификаторов, повышающих её относительную жизнеспособность» (Н.В. Тимофеев-Ресовский и др. 1969).

С.Н. Агаркова во ВНИИЗБК выдвинула новую теорию гетерозиса у зернобобовых культур, основанную на аддитивном действии рецессивных аллелей, которые вызывают гетерозис у гибридов F₁ и формируют трансгрессии в последующих поколениях [12].

В.Л. Яковлев в серии перманентного насыщения методом слепого беккрасса листочкового сорта Смарагд рецессивными аллелями *def* (неосыпаемость семян) и *af* (усатый лист) создал устойчивый к полеганию и осыпанию семян, высокоурожайный, пластичный сорт **Норд**. Последующее насыщение Норда рецессивным аллелем детерминатного типа роста стебля (*deh*) показало возможность вовлечения рецессивных аллелей в селекционный процесс без снижения семенной продуктивности [13].

Норд стал первым районированным усатым сортом селекции института. Сорт среднеспелый (73-78 суток). Максимальная урожайность семян – 56 ц/га получена в 1990 г. в Краснодарском крае. Семена среднекрупные (МТС 240-275 г), жёлтые (у Смарагда зелёные), с массовой долей белка 23,0-24,5%. Впервые районирован в 1992 г. и был допущен к использованию в шести регионах России и на Украине (таблица).

Методом трёхкратного прерывающегося бессрасса BC₃ Flavanda (Нидерланды) × Ус-16 Т.С.Титенок создала среднеспелый (70-82 суток), короткостебельный (64-80 см), усатый сорт **Орлус**. Семена крупные (260-300 г) с отделяющейся семяножкой («обычные»). Массовая доля белка в них 22-24%. Средний урожай семян в конкурсном испытании (1987-1989 гг.) составил 45 ц/га (+7 ц/га к стандарту Смарагд). Максимальная урожайность – 69 ц/га отмечена в 1996 г. на испытательной станции Раштатт семеноводческой компании Südwest deutsche Saatzucht (Германия). Орлус отличается высокой полигенной устойчивостью к фузариозной гнили, аскохитозу, гороховой плодовой гнили и гороховой тле. Обладая хорошей комбинационной способностью, Орлус является одной из родительской форм сортов

Фараон, Амиор и зимующего Зимус. Впервые был районирован в 1994 г. в трёх регионах России (таблица).

Индивидуальным отбором из сложной гибридной популяции [(Уладовский 9 × Неосыпающийся 1) × (Ус-19 × ДВ-499)] нами создан среднепоздний (84-90 суток), длинностебельный (90-120 см) укосный сорт **Спрут** с усатыми листьями и неосыпающимися семенами. Несмотря на отсутствие листочков, благодаря крупным прилистникам способен накапливать большую вегетативную массу. В конкурсном испытании ВНИИЗБК (1986-1988) средняя урожайность зелёной массы составила 278 ц/га, на уровне стандарта Аист; семян – 37 ц/га, у Аиста – 30 ц/га. В 1992 г. в совхозе «Малиновский» Краснозороенского района Орловской области на площади 12 га собрано по 48,5 ц/га семян Спрута. Районирован с 1993 г. в шести регионах России (таблица).

Сорт **Спрут 2** создан нами совместно с Днепропетровским аграрным университетом Украины методом индивидуального отбора из сложно-ступенчатой комбинации:



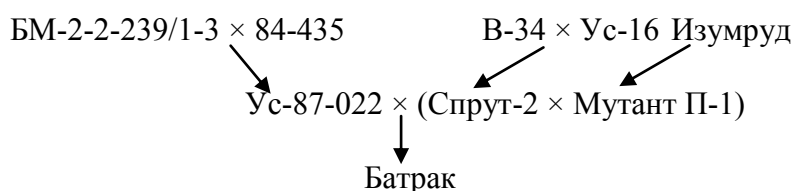
Сорт зернового использования. Среднеспелый (75-90 дней). Стебель прочный, устойчивый к полеганию, длиной 68-90 см. Соцветие двух-, иногда трёхцветковая кисть. Семена среднекрупные (МТС 240-300 г), неосыпающиеся с массовой долей белка 23-25%. В госиспытании в Волго-Вятском регионе (1991-1993) средняя урожайность семян составила 36,2 ц/га, на 4,5 ц/га больше стандарта Труженик. Максимальная урожайность – 64,2 ц/га получена в Нижегородской области. Спрут 2 размножали на Днепропетровском опорном пункте ВНИИЗБК. В связи с распадом СССР возникли трудности в обеспечении сортоучастков семенами. Поэтому в 1994 г. сорт районировали только по Волго-Вятскому региону. Спрут 2 обладает хорошей комбинационной способностью и входит в родословные наших сортов Батрак, Родник, Шустрик, Русь, а также зимующего сорта Фокус (Национальный центр зерна им. П.П. Лукьяненко) и Вологодский усатый (Северо-Западный НИИ МЛПХ).

В 1983 г. А.Е.Зубов в Самарском НИИСХ обнаружил контролируемый аллелем *deh* мутант детерминантного типа роста стебля (А.Е. Зубов, С.Р. Князькова, 1989), у которого, по описанию авторов, апикальная часть стебля оканчивается соцветием. Однако, тщательное изучение Н.Н.Кондыковой (Акульчевой) позволило установить, что у самарских детерминантов рядом с верхним соцветием расположена сильно редуцированная почка. Следовательно, действие аллеля *deh* сводится к редукции прилистников в репродуктивной зоне стебля [14].

В активе ВНИИЗБК два детерминантных сорта – листочковый Орловчанин 2 и усатый Батрак. **Орловчанин 2** создал В.Н.Уваров методом двукратного индивидуального отбора из гибридной популяции от скрещивания полученного от А.Е. Зубова мутанта БМ-2-2-239/1-3 с сортом Орловчанин. Среднеспелый (70-75 суток), короткостебельный (65-72 см). Соцветие 2-3 цветковая кисть. Семена крупные (260-290 г), неосыпающиеся; массовая доля протеина в них 23,8%. В конкурсном испытании (1990-1992 гг.) урожай семян Орловчанина 2 (37,0 ц/га) практически на уровне стандарта Орловчанин (36,0 ц/га). Но в Самарском НИИСХ в 1992 г. новый сорт показал рекордную урожайность – 75 ц/га (!). Орловчанин 2 впервые районирован в 1995 г. в четырёх регионах РФ (таблица).

При создании сорта **Батрак** удалось совместить в одном генотипе рецессивные признаки короткостебельности, детерминантного (*deh*) типа роста стебля, безлисточковости, неосыпаемости семян (А.Н. Зеленев, 2002 г.). Элитное растение – родоначальник нового

сорта выделено в результате двукратного индивидуального отбора из сложноступенчатой комбинации:



Батрак – сорт среднеспелый (69-78 суток), стебель короткий (47-75 см), неполегающий. Соцветие 2-3 цветковое. Семена среднекрупные (240280 г), неосыпающиеся, массовая доля протеина в них до 26,4%. Средняя урожайность в конкурсном испытании института (1992-1996) на уровне стандарта Орловчанин (34,5 ц/га). Но на сортоучастках южных и юго-восточных субъектов Федерации Батрак превышал местные стандарты на 5-11 ц/га. По-видимому, детерминантные сорта гороха, как и детерминантные сорта гречихи (Г.Е. Мартыненко, 1994; Н.В. Фесенко, Г.Е. Мартыненко, 1997) адаптированы к условиям высокой температуры и большой освещённости. Батрак впервые районирован в 1999 г. и допущен к использованию в шести регионах России (таблица).

Ген *DEH* обладает высокой мутабельностью [15]. Прежде всего, отмечена высокая частота обратного мутирования *deh DEH*, из-за которого в репродуктивной зоне стебля происходит восстановление величины и формы прилистника. Среди растений детерминантной усатой линии Ус-93-1378 селекции ВНИИЗБК в Чехии в 1997 г. выявлен спонтанный мутант с многократно непарноперистыми листьями [15]. В 2002 г. во ВНИИЗБК в посевах сорта Батрак обнаружен рассечённолисточковый мутант. Эта форма контролируется аллелями *af* и *tac*⁴, причём последний тождественен *tac*, а отличие в гетерозиготе с *af* фенотип обусловлен эффектом положения [16]. У ряда других детерминантных сортов и линий отмечено немало мелких мутаций. В связи с указанными особенностями, селекционную работу с этой формой в ФНЦ ЗБК было решено прекратить.

Уменьшение площади листовой поверхности у детерминантных растений из-за редукции прилистников можно было бы компенсировать крупными парными прицветничками (*brac*), которые занимают лишь 2,3-4,8% суммарной листовой поверхности растения, но при их удалении семенная продуктивность снижается на 16,8-37,7% [17]. Полагаем, что прицветнички выполняют функцию флагового листа злаковых. Однако, сорта с аллелем *brac* Орёл, Татьяна из-за недостаточной урожайности не выдержали государственного испытания. Линия Ус-90-3000 с прицветничками была менее продуктивна, чем сорт-сиб с Батрак. Но Т.Д. Бабушкиной в НИИСХ Северного Зауралья из комбинации Белус × Ус-90-3000 удалось создать сорт с прицветничками **Русь**, районированный с 2010 г. в Западно-Сибирском и Восточно-Сибирском регионах РФ. Для определения селекционной ценности прицветничков и методов работы с ними нужно провести исследования по агроэкологии, генетике и физиологии этого признака.

Уникальный, не имеющий аналога в мировом разнообразии *Pisum L.*, тип детерминантности представляет созданная в 1991 г. В.Н. Уваровым форма гороха **люпиноид**, названная так из-за верхушечного многоцветкового соцветия, напоминающего соцветие люпина. Люпиноид (*det det fa fa*) выделен в F₃ скрещивания Детерминантный ВСХИ (*det*) × А-87-15 (*fa*); *det* – аллель детерминантного типа роста стебля московской модели, *fa* – фасциации стебля.

По семенной продуктивности люпиноиды пока уступают современным сортам традиционной морфологии. Во-первых, первые образцы люпиноидов с листочковыми листьями сильно полегли. В.Н. Уваров создал усатые аналоги с повышенной устойчивостью. Во-вторых, на плодonoсе люпиноидов одновременно формируется до 15 бобов. Фотосинтетический потенциал растений не в состоянии обеспечить развивающиеся семена фотоассимилятами. Попытки совместить люпиноидное соцветие с листовым

аппаратом обладающих высоким биоэнергетическим потенциалом морфотипов хамелеон и рассечённолисточковый пока не увенчалась успехом. Выяснилась их генетическая несовместимость. Опять-таки возникли вопросы к генетикам и физиологам.

В последние два десятилетия прошлого века в лаборатории физиологии растений ВНИИЗБК Н.Е. Новикова и А.В. Амелин под руководством А.П. Лаханова провели большую по масштабу, фундаментальную по глубине, ценную для селекции исследовательскую работу по физиологии продукционного процесса у гороха. На основе комплексного ретроспективного анализа сортов и форм стародавней и современной селекции, исходя из принципа целостности растительного организма, установлены закономерности изменчивости донорно-акцепторных отношений в растениях в процессе эволюции *Pisum sativum* L. в культуре [18, 19].

При этом, в частности, выявлены положительные корреляции между удельной поверхностной плотностью листа (УППЛ) и семенной продуктивностью, между линейной плотностью стебля (ЛПС) и устойчивостью растений к полеганию. Разработаны методы использования этих признаков в селекции высокоурожайных сортов (А.В. Амелин).

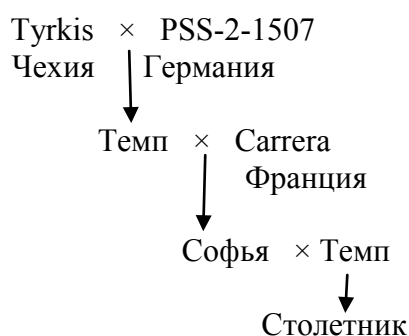
Н.Е.Новикова предложила использовать показатель «отношение длины корня к длине стебля» у 11-ти суточных растений для отбора высокопродуктивных элитных растений. Этот показатель у них находился в диапазоне 3,5-5. Из гибридной комбинации Тырчис (Чехия) × ПСС-2-1507 (Германия) была отобрана линия ФН-154-92, из которой В.Н.У варов создал высокоурожайный, технологичный, с отличными кулинарными достоинствами зерна листочковый сорт **Темп**. Среднеспелый (76-80 суток), короткостебельный (60-85 см), с повышенной устойчивостью к полеганию и засухоустойчивостью. Семена среднекрупные (МТС 220-260 г) с массовой долей протеина в них 23-24%. На Московской ГСС урожай семян составил 54,8 ц/га, стандарта – 34,1 ц/га; на Липецкой ГСС 59,9 ц/га, стандарта – 45,0 ц/га. С 2010 г. сорт Темп допущен к использованию в Центральном и Центрально-Чернозёмном регионах РФ.

От скрещивании линий ФН-154-92 с французским сортом Carrera В.Н.Уваров создал усатый сорт **Софья**. Среднеспелый (75-81 суток), короткостебельный (60-80 см). Семена средней крупности (МТС 220-240 г) с массовой долей протеина в них 23-24% и отличными кулинарными достоинствами. На Ливенском ГСУ Орловской обл. в 2009 г. получено 47,0 ц/га семян Софьи (+1,4 ц/га к стандарту). Максимальный урожай – 49,3 ц/га отмечен на Нижне-Тавдинском сортоучастке Тюменской области в 2011 г. В 2010 г. сорт Софья районирован в Центральном и Центрально-Чернозёмном регионах России.

В лаборатории генетики и биотехнологии ФНЦ ЗБК Г.В.Соболева разработала особо актуальный в условиях глобального потепления метод клеточной селекции гороха на засухоустойчивость путём отбора регенерантов из каллусной ткани на питательной среде с полиэтиленгликолем [20]. На основе этого метода из предоставленных В.Н.Уваровым гибридных семян Софья × Темп создан названный в честь столетия орловской селекции гороха **Столетником** засухоустойчивый, технологичный, с высокими кулинарными достоинствами листочковый сорт. Среднеспелый (64-75 суток), короткостебельный (60-75 см). Средние (МТС 200-220 г) семена по массовой доле сырого протеина (25,0%) немного уступают стандартному сорту Гамбит (26,1%). Но, благодаря более высокой урожайности по сбору белка с гектара, Столетник превосходит его. Зерно отличается хорошей разваримостью: в среднем – 118 мин.; у Гамбита – 142 мин. За годы конкурсного испытания (2019-2021) урожайность Столетника составила в среднем 32,3 ц/га, на 4,6 ц/га выше стандарта. С 2022 г. Столетник проходит государственное испытание на сортоучастках Европейской части России.

Следует обратить внимание, что засухоустойчивые в условиях Среднерусской лесостепи сорта Темп, Софья и Столетник созданы лишь на основе адаптированных к атлантико-континентальному климату сортов (схема) и допущены к использованию только в Центральном и Центрально-Чернозёмном регионах. Поэтому интересно проследить судьбу

Столетника, который заявлен на госиспытание, в том числе в более жёстких по климату Средневолжскому, Северо-Кавказскому и Уральскому регионам.



Наиболее важным выводом в исследованиях физиологов является установление факта, что за сто лет научной селекции гороха увеличение урожайности семян почти в 4 раза произошло за счет повышения уборочного индекса с 20 до 65% и реутилизации основных элементов питания из вегетативных органов в 1,5 — 1,8 раза при практически постоянной величине общей биологической массы растения. Потенциал современных сортов гороха А. В. Амелиным и Н. Е. Новиковой определен в 60-70 ц/га, что подтверждается приведенными выше примерами рекордных урожаев. Поскольку «селекция гороха на урожайность семян путем увеличения уборочного индекса и использования семенами элементов питания свои возможности почти исчерпала, дальнейший прогресс представляется наиболее успешным путем увеличения общей биологической продуктивности растений».

«Перспективным морфологическим типом растений с высокими физиологическими показателями продукционного процесса и повышенным потенциалом продуктивности является хамелеон — форма с ярусной гетерофиллией» [19].

История возникновения формы **хамелеон** начинается в Индии, где генетик Балрам Шарма методом химического мутагенеза получил мутант *tendrilled acacia* (усиковая акация) и обозначил контролирующий его аллель символом *tac* (B. Sharma, 1972). Он же описал рекомбинант *afaftactac*, отличительная особенность которого — усатые листья с редкими случайно расположенными на них листочками (B. Sharma, 1981). Позже форму *afaftactac* изучили в Висконсинском университете США (J.L. Goldman, E. T. Gritton, 1982). Никто из упомянутых авторов не отметил у ней различий в архитектонике листьев в зависимости от их расположения на стебле.

Пожалуй, впервые наличие усатых листьев в среднем ярусе стебля хамелеонов обнаружено в 1989 году во ВНИИ ЗБК у отобранных из F₂ скрещивания *tendrilled acacia* (Индия) × Filby (Великобритания) растений (А. Н. Зеленев, 1991). Архитектоника листа у формы гороха с ярусной гетерофиллией отличается изменчивой экспрессивностью и зависит от расположения листьев на стебле, условий выращивания и генетических особенностей образца. Поэтому она и получила свое название хамелеон. Гетерофиллия детерминирована эпистазом аллеля *af* к *tac* при высокой концентрации продуктов ассимиляции в конусе нарастания стебля.

В систематике *Pisum sativum* L форма хамелеон обозначена как **разновидность Зеленова** — **var. Zelenovii Serd. et Stankev.** Тип: «Линия Аз-92-2210 (Хамелеон), Россия, ВНИИ ЗБК, к-8710 [11].

В процессе реализации селекционной программы по созданию сортов нового морфотипа устранены недостатки первоначально полученных генотипов (полегаяемость стебля, низкий уборочный индекс и др.), определена агроэкологическая ниша с уровнем плодородия обеспечивающим урожайность семян 80-90 ц/га; разработаны методы работы с селекционным материалом, созданы высокоурожайные технологичные сорта и генбанк образцов для селекции [21, 22, 23].

Все полученные нами из мировой коллекции ВИР имени Н. И. Вавилова образцы

Украины и США генотипа *afaftactac* имеет лежащий стебель. Пожалуй, лишь в ФНЦ ЗБК при создании сорта **Спартак** нам удалось впервые преодолеть лежаемость формы хамелеон.

Первый российский районированный с 2009 года сорт морфотипа хамелеон создан совместно с Орловским госагроуниверситетом имени Н.В. Парахина индивидуальным отбором из F₄ Аз-23 (хамелеон) x San Cipriano (листочковый, Италия). Среднеспелый (75-82 суток), короткостебельный (65-80 см). Семена средние (180-210 г.); массовая доля белка в них 22,9- 24,2%.

Максимальная урожайность семян (62,3 ц/га, на 15,4 ц/га выше стандарта Таловец 70) достигнута в 2008 г. на Большеболдинском ГСУ Нижегородской области. В Орловской области на Ливенском ГСУ в среднем за 2008 и 2009 гг. урожайность составила 41,6 ц/га, на 3,4 ц/га. больше стандарта Орловчанин. Высокая отзывчивость Спартака на улучшение условий выращивания отмечена в исследованиях Орловского ГАУ имени Н.В. Парахина (Ю.В. Кузьмичева, С.Н. Петрова, 2013), Московского НИИСХ «Немчиновка» (В.Д. Штырхунов и др., 2016).

В отличие от других возделываемых сортов гороха, при увеличении дозы вносимых удобрений урожайность Спартака повышается в возрастающей степени и соответственно, увеличивается рентабельность и доходность производства (A.N. Zelenov et al., 2021).

Спартак допущен к использованию в 7 регионах Российской Федерации (таблица).

Пилотный сорт направления селекции гороха на повышение биоэнергетического потенциала награжден четвертью серебряной медали ВДНХ (представлен вкупе с тремя сортами других культур).

Не меньшими достоинствами обладает и созданный А.М. Задориным другой сорт морфотипа хамелеон — **Ягуар**. Создан многократным, начиная с F₅, индивидуальным отбором из комбинации Аз-99 (хамелеон) x Татьяна (усатый). Среднеспелый (69-80 суток, стандарт Фараон 72-84 суток). Короткостебельный (55-75 см). Семена крупные (МТС 235-270 г) с массовой долей протеина 23,6-25,4%, отличается высокими кулинарными достоинствами (разваримость 108 минут, вкус отличный).

По урожаю семян в большинстве случаев Ягуар превосходит Спартак. В конкурсном испытании ВНИИ ЗБК (2015-2017 гг.) средняя урожайность Ягуара составила 42,9 ц/га, Фараона -35,1 ц/га. В 2017 г. при урожае 52,2 ц/га Ягуар превысил стандарт на 11,8 ц/га. Максимальная урожайность 63,6 ц/га (+6,2 ц/га к стандартному сорту Томас) достигнута в 2020 г. на Томской сортоиспытательной станции Томской области. Впервые районирован в 2020 г. и в настоящее время допущен к использованию в 5 регионах России.

Все созданные нами сорта и линии морфотипа хамелеон ведут свою родословную от первых образцов, полученных в 1989 г. от скрещивания *tendrilled acacia* x *Filly*. В процессе селекции генотипа высокого биоэнергетического уровня (хамелоны) скрещивают с генотипами низкого уровня, обычно усатыми. Это усложняет формирование морфофизиологических корреляций в будущем сорте. С целью расширения генетического разнообразия морфотипа хамелеон А.М. Задорин осуществил *ресинтез* (повторный синтез) новых генотипов с высокой семенной продуктивностью. От скрещивания tac-6 (усиковая акация) x Орлус и tac-6 x Мультик получены линии X₂ – 12-88, X₂ – 12-89 и X₂ – 12-90, отличающиеся хорошей семенной продуктивностью [24]. А.М. Задорин выявил также эффективность внутриморфных (хамелеон x хамелеон) скрещиваний по сравнению с межморфными [25] и внес коррективы в методику селекции морфотипа хамелеон.

В лаборатории агротехнологий и защиты растений ФНЦ ЗБК де-факто не согласились с расчетами А.В. Амелина и Н. Е. Новиковой по определению потенциальной урожайности современных сортов гороха и в течение нескольких лет безуспешно пытались получить у новых сортов хотя бы 40-50 ц/га семян (М.Т. Голопатов, 2018; М.Т. Голопатов, Б. С. Кондрашин, 2017, 2020; М.Т. Голопатов, Г.П. Гурьев, 2021). Агрофон полей селекционного севооборота также не способствовал выявлению высокоурожайных генотипов нового

поколения. Поэтому, чтобы не потерять ценный селекционный материал, мы решили хотя бы часть эффективных образцов перенести на приусадебный участок, где проводилось известкование, посев сидеральных культур, полновесное внесение минеральных удобрений и, в случае необходимости, полив. В этих условиях неожиданно было отмечено превращение хамелеонов в усатые растения.

Описание опыта:

В 2018 г. было проведено сложное скрещивание [(ТМ-06-457 х Яг-06-83) х (Яг-10-384 х Сибирский 1)]. ТМ-06-457 – образец из НИИСХ Северного Зауралья, Тюмень. Сибирский 1 – из Института цитологии и генетики Сибирского отделения РАН, Новосибирск. Яг-06-83 и Яг-10-384 – образцы А.М. Задорина, ФНЦ ЗБК. Все родительские формы – проверенные на гомозиготность высокопродуктивные хамелеоны. В 2019 г. все растения F_1 были хамелеонами. Для повышения частоты рекомбинаногенеза все растения популяции скрестили друг с другом (внутрикомбинационное скрещивание). В 2020 г. в потомстве от внутрикомбинационного скрещивания все листья на растениях были **усатые**. В 2021 г. среди усатых растений F_2 выделено около 7% хамелеонов. В 2022 г. по согласованию с ФНЦ ЗБК популяция F_3 высеяна на высоком агрофоне в отделе селекции АО «Щелково Агрохим», поселок Доброе Орловской области.

Предполагаем, что в данном случае благодаря многоступенчатой внутриморфной гибридизации в условиях интенсивной агротехнологии в растениях повысился уровень биоэнергетического потенциала, а локальный эпистаз аллеля *af* по отношению к *tac* сменился тотальным. Однако, возник вопрос, как эти преобразования отразятся на семенной продуктивности.

Другой случай необычного возникновения усатых растений наблюдается при гибридизации между собой гомозиготных усиковых акаций *tac* и *tac*^A [16].

При толковании этого факта следует также обратить внимание на то, что контрастные рецессивные признаки – усатый лист, акациевидный, усиковая акация, листья хамелеона, рассеченолисточкового в доминантном положении показывает один и тот же фенотип – сложный непарноперистый с несколькими парами листочков лист с усиками в верхней его части. Все это наводит на мысль, что **наследование сложного листа гороха определяется не одним геном, а супергеном, т.е. блоком сцепленных субгенов, которые передаются потомству вместе**. Согласно этой гипотезе, каждый из метамеров листа – листочки или усики, или их супротивные пары контролируются соответствующим субгеном. Наблюдаемые метаморфозы листа гороха обусловлены перестройками внутри супергена.

Не имеющий аналога в мировом разнообразии гороха посевного **рассеченолисточковый мутант** почти на 25% превышает исходный сорт Батрак по накоплению общей биомассы растений (А.Н. Зеленов, В.Ю. Щетинин, 2006). Образцы этого морфотипа выделяются среди других по интенсивности фотосинтеза (В.И. Панарина, 2010), превосходят сорт Батрак по другим физиологическим показателям продукционного процесса: по содержанию хлорофилла (a+b) в листьях в 2 раза и прилистниках в 1,5 раза; по массе корней в 1,3 раза, клубенькообразующей способности в 1,6 раза. Рассеченолисточковые образцы в 1,6 раза превосходят Батрак по активности каталазы в листьях – фермента неспецифической устойчивости растений. В процессе работы с этим морфотипом создана обширная и разнообразная коллекция генисточников для использования, наряду с формой хамелеон, в селекции на повышение биоэнергетического потенциала растения [26, 27].

Наряду с достоинствами, рассеченолисточковые растения недостаточно устойчивы к полеганию. В результате селекционной работы удалось получить генотипы превышающие по устойчивости листочковые сорта (Рас 9/16, например). Это открывает возможность для создания коммерческих сортов нового морфотипа.

Другим способом создания неполегающих фитоценозов с участием рассеченолисточковых растений является предложенная А.А. Жученко фитоценотическая селекция сортов для конкретных сорто- и видосочетаний в смешанных посевах [28]. В наших

опытах урожайность семян одновидовых диморфных посевов гороха почти на 20% превышает монопосев [26]. В связи с этим в ФНЦ ЗБК разработаны принципиальные основы **фитоценотической селекции** диморфных (усатые с рассеченолисточковыми) синтетических сортов гороха, которая предполагает совместную синхронную селекционную проработку компонентов сортовой популяции [29]. В 2022 г. в отделе селекции АО «Щелково Агрохим» высеян генетический материал для фитоценотической селекции гороха.

Создание генотипов с высоким биоэнергетическим потенциалом должно опираться на закономерности микроэволюционного процесса и в методическом плане отличаться от традиционной селекции. Мы назвали это направление селекции **ароморфозным**. «Увеличение размера тела в сочетании с интенсификацией обмена веществ как выражение поднятия организма на более высокую организационную ступень, связанное с коренной перестройкой всей его организации путем полимеризации, т.е. как выражение ароморфоза (арохимоза, арогенеза), может служить в качестве критерия прогресса» (А.П. Хохряков, 1975).

Многие авторы (Б.С. Мошков, 1967; К.М. Завадский, 1968, Н.В. Тимофеев-Ресовский, Н.Н. Воронцов, А.В. Яковлев, 1969; А.П. Хохряков, 1975) считали ароморфозными изменения по повышению энергетического уровня внутри вида. Но были возражения. Поэтому, чтобы в пылу полемики «за деревьями не проглядеть лес», этому направлению дали более громоздкое название — **селекция на повышение биоэнергетического потенциала растения**, основные особенности которого включают:

– элементарный эволюционный материал: форму хамелеон (*aftac*) и рассеченолисточковую (*aftac^A*), а также, возможно: многократно непарноперистую (*aftl*), дважды непарноперистую (*aftltac*), люпиноид Уварова (*fadet*). Кроме этого, привлекает внимание недавно обнаруженная нами новая гетерофильная форма трифоль (А.А. Зеленов, А.Н. Зеленов, 2018);

– элементарные эволюционные факторы: *мутационный процесс*, благодаря которому формируются новые морфогенетические корреляции и регуляторный механизм; *изоляция*, т.е. внутриморфные скрещивания, эффективность которых показал А. М. Задорин; *движущий искусственный отбор* – разработка и освоение технологии возделывания гороха с урожайностью 80-90 ц/га, для отбора на этом фоне элитных растений.

Эта работа потребует постоянного контроля со стороны генетиков и физиологов. Вообще, селекция без генетического, физиологического, биохимического, иммунологического сопровождения, по несоответствующей заданным параметрам агротехнологии, подобна езде на автомобиле без знания его устройства и правил дорожного движения, да еще по ухабистой дороге.

Преобладающим на обозримую перспективу морфотипом гороха остается усатый. В XXI веке в ФНЦ ЗБК создан ряд высокоурожайных, разнообразных по использованию сортов.

И. В. Кондыков совместно с селекционерами Украинского НИИ растениеводства имени В.Я. Юрьева в результате многократного отбора из сложной гибридной популяции F₃ [(Таловец 60 х 616/88) х (Смарагд х Харьковский 85)] х [Харьковский 85 х Смарагд] х Орлус] создал высокоурожайный, технологичный, пластичный сорт **Фараон**. Среднеспелый (68-82 суток), среднестебельный (65-100 см), с усатыми листьями. На плодonoсе формируется 2-3 боба; семена средне-крупные (210-276 г) с черным рубчиком и массовой долей белка в них 22-24%. Высокая урожайность семян отмечена в разных природных зонах России. В 2006 г. на Заинском ГСУ (Татарстан) при урожае 56,3 ц/га Фараон превысил стандарт Казанец на 4 ц/га. На Липецкой ГСС в 2008 г. урожайность составила 58,6 ц/га (Фокор – 50,9 ц/га). Максимальная урожайность – 59,2 ц/га зафиксирована в 2008 г. на Ипатовском ГСУ Ставропольского края (И.В. Кондыков и др., 2012). Фараон с 2008 г. допущен к использованию в 7 регионах России и на Украине (таблица). Следует отметить, что наиболее пластичными обычно являются сорта от сложных скрещиваний (А.Н. Зеленов и др., 2020).

Из сорта Фараон методом массового отбора растений с тремя бобами был создан сорт

Оптимус, который, однако, высокой урожайности не показал и был районирован в 2015 г. в Северо-Западном и Западно-Сибирском регионах.

Сорт гороха на зерно **Родник** В.Н. Уваров создал индивидуальным отбором из сложной многоступенчатой гибридной комбинации, на последнем этапе которой усатую линию Ус-93-1381 (сибс Мультика) скрестили с листочковым зеленосеменным образцом А-1907. Сорт среднеспелый (70-82 суток), короткостебельный (60-80 см), с усатыми листьями. Семена среднекрупные (240-270 г), желтые, с массовой долей белка в них около 25% и отличными кулинарными достоинствами. Максимальная урожайность семян – 60,2 ц/га достигнута в госиспытании в 2015 г. в Московской области. Районирован с 2016 г. в Центральном и Северо-Кавказском регионах.

История создания усатого сорта на зерно **Эстафета** напоминает легкоатлетическую эстафету: гибридизацию и работу с гибридным материалом провел И. В. Кондыков, начальные этапы селекционного процесса – В.Н. Уваров, заключительные – А.М. Задорин и А.А. Зеленов. Сорт создан индивидуальным отбором усатого растения из F₄ комбинации Софья х Темп. Листочковые растения этой комбинации стали родоначальниками сорта Столетник (см. выше).

Эстафета – среднеспелый (около 84 суток), короткостебельный (65-90 см) сорт. Семена среднекрупные (230-245) с массовой долей протеина 20-25%. Кулинарные достоинства хорошие. В конкурсном испытании института наиболее высокая урожайность семян – 47,7 ц/га получена в 2017 г., максимальная – 50,3 ц/га в 2020 г. на Липецкой ГСС. С 2021 г. сорт Эстафета допущен к использованию в Центральном регионе России (А.М. Задорин и др., 2021).

Раннеспелый, усатый, с неосыпающимися семенами сорт **Шустрик** создан в результате двукратного отбора из гибридной комбинации Спрут 2 х Нја-51666 (к-8176, Финляндия). Сорт короткостебельный (40-65 см), созревает на 6-9 суток раньше среднеспелых стандартов. Семена средние (210-252 г) с массовой долей протеина 22,3-26,2%. Максимальная урожайность – 43,3 ц/га при посеве с нормой высева 1,2 млн. всхожих семян на га получена в 2001 г. в госиспытании Владимирской области. Наиболее высокую урожайность сорт Шустрик показывает в загущенном посеве с нормой высева 1,8 млн. всхожих семян на гектар. Так, в 1996 г. при 1,2 млн. урожай семян составил 37,4 ц/га, при 1,8 – 45,1 ц/га; среднеспелый стандарт Труженик, соответственно, 44,4 и 42,8 ц/га. Даже с учетом дополнительного расхода семян на посев в загущенном посеве Шустрик превосходит Труженик (А. Н. Зеленов и др., 2000). Но нашими рекомендациями никто не воспользовался, и Шустрик после госиспытания с нормой высева нормой 1,2 млн. в 2003 г. допустили к использованию в Северо-Западном и Центральном регионах. До настоящего времени Шустрик единственный раннеспелый сорт гороха в Госреестре РФ.

У гороха, по сравнению с многими другими культурами довольно крупные семена. Поэтому была поставлена задача создать мелкосеменной сорт гороха. В 2000 году методом индивидуального отбора из гибридной комбинации 78PS2148 (Нидерланды) х Ус-87-022 создан и передан на госиспытание усатый сорт **Мультик** с массой 1000 семян 145-178 г. семена неосыпающиеся с массовой долей протеина 23,9-26,6%.

Сорт среднеспелый (64-88 суток), короткостебельный (54-87 см). В 2001 г. на Целинском ГСУ Ростовской области урожай Мультика составил 57,4 ц/га, стандартного сорта Аксайский усатый 5 – 43,8 ц/га. С 2003 г. Мультик допущен к использованию в пяти регионах России (таблица), с 2004 г. в Республике Беларусь (И. В. Кондыков, А. Н. Зеленов, 2006).

В крахмале морщинистых семян гороха содержится до 70-90% амилозы. Такой крахмал можно использовать в диетическом питании диабетиков для приготовления энзимрезистентных продуктов, а также в производстве экологических изделий из биоразлагаемой пластмассы.

Во ВНИИЗБК впервые в России создан высокоамилозный усатый сорт **Амиор** (Орлус х Совинтер 1), который с 2015 допущен к использованию в Центрально-Черноземном регионе.

Таблица

Допущенные к использованию сорта гороха селекции ФНЦ ЗБК

Сорта	Годы		Региона допуска	Морфологические и хозяйственные особенности	Соавторы
	создания	допуска			
Стрелецкий	1976	1979	3	лч, укосный	
Орловский 3	1980	1985	3	лч, зерновой	
Аист	1981	1985	4, 5; Беларусь	лч, укосный	
Стрелецкий 11	1981	1985	3, 5	лч, зерновой	
Малиновка	1982	1987	1, 3-7, 10, 12	лч, пел, укосная	
Татарстан 2	1985	1989	1, 3, 7	лч, укосный	Татарский НИИСХ
Стрелецкий 31	1986	1991	3, 5	лч, укосный	
Орловчанин	1987	1991	3-8, Украина	лч, зерновой	
Норд	1988	1992	3, 4, 5, 7, 9, 10, Украина	ус, <i>def</i> , зерновой	
Спрут	1988	1993	2, 4, 7, 8, 9, 11	ус, укосный	
Орлус	1990	1994	3, 4, 6	ус, зерновой	
Орпела	1990	1994	3, 7, 8, 12	лч, пел, зерновая	
Спрут 2	1991	1994	4	ус, зерновой	Днепропетровский ГАУ
Орловчанин 2	1992	1995	3, 5, 6, 8	лч, <i>deh</i> , <i>def</i> , зерновой	Самарский НИИСХ
Зарянка	1993	1997	2, 3, 5, 8, 10, 12, Беларусь	лч, пел, укосная	
Батрак	1996	1999	3, 5, 6, 7, 10, 11	ус, <i>deh</i> , <i>def</i> , зерновой	
Алла	1998	2001	2, 3, 4, 8, 10, Беларусь	ус, пел, <i>def</i> ., зерновая	
Шустрик	1999	2003	2, 3	ус, <i>def</i> , зерновой	
Мультик	2000	2003	3, 4, 6, 8, 9, Беларусь	ус, <i>def</i> , зерновой	
Визир	2000	2003	6, 8	лч, <i>def</i> , зерновой	
Фараон	2005	2008	3, 5-10, Украина	ус, зерновой	Украинский НИИР
Темп	2005	2010	3, 5	лч, зерновой	
Спартак	2005	2009	3-7, 9, 12	яг, зерновой	Орловский ГАУ им. Н.В.Парахина
Русь	2007	2010	10, 11	ус, зерновой	НИИСХ Сев. Зауралья, Сибирский НИИРиС
Софья	2007	2010	3, 5	ус, зерновой	
Юбилейный	2011	2015	Беларусь	ус, зерновой, симбиоз	ВНИИ с.х. микробиологии, Минская ГОСХОС
Амиор	2012	2015	5	ус, зерновой, амилозный	
Оптимус	2012	2015	2, 10	ус, зерновой	
Родник	2013	2016	3, 6	ус, зерновой	
Ягуар	2018	2020	4, 5, 6, 8, 10	яг, зерновой	
Эстафета	2019	2021	3	ус, зерновой	
Столетник	2021			лч, зерновой	

Примечания: Регионы госсортоиспытания Российской Федерации: 1 – Северный, 2 – Северо-Западный, 3 – Центральный, 4 – Волго-Вятский, 5 – Центрально-Чернозёмный, 6 – Северо-Кавказский, 7 – Средневолжский, 8 – Нижневолжский, 9 – Уральский, 10 – Западно-Сибирский, 11 – Восточно-Сибирский, 12 – Дальневосточный

Особенности: лч – листочковый, ус – усатый, яг – ярусная гетерофиллия (хамелеон), пел – пелюшка, def – неосыпающиеся семена, deh – детерминантный самарской модели.

Сорт среднеспелый (72-86 суток), короткостебельный (65-75 см). Семена морщинистые, среднекрупные (180-240 г) с массовой долей белка в них 23%. В крахмале семян содержится 71-83% амилозы. По урожаю семян в конкурсном испытании (2009-2011 гг.) Амиор (27,5 ц/га) на 40,3% превысил стандарт с морщинистыми семенами Вега (19,6 ц/га), но уступил гладкозерному сорту Орловчанин (30,9 ц/га) (А. Н. Зеленев и др, 2014).

В Орловском ГАУ им. Н.В. Парахина и ВНИИЗБК проведены глубокие исследования по разработке ресурсосберегающей агротехнологии, основанной на симбиотическом взаимодействии растений с ризосферными микроорганизмами. Для такой агротехнологии во ВНИИЗБК в творческом сотрудничестве с ВНИИ сельскохозяйственной микробиологии, ВИР им. Н.И. Вавилова и Минской опытной станцией Т.С. Наумкина создала адаптированный к этим условиям усатый сорт **Юбилейный**. После серии насыщающих скрещиваний высокоотзывчивого на одновременную двойную инокуляцию образца к-8274 (Франция) с усатым французским же сортом Classik в F₄ проведен отбор генотипов, формирующих высокую семенную продуктивность на фоне инокуляции *Rhizobium leguminosorum* b.v. *viciae* + грибы *Glomus* sp. Максимальная урожайность Юбилейного - 62,0 ц/га получена в 2009 г. во ВНИИЗБК. С 2015 г. сорт Юбилейный допущен к использованию в Беларуси.

Таким образом, на орловской земле за сто лет создано 32 успешно прошедших госиспытание сорта гороха. Один - Шатиловский зеленозерный, 31 представленный в таблице сорт ФНЦЗБК. За первые 33 благоприятных для селекции года в ФНЦЗБК создано 12 сортов. Практически за столько же трудных послеперестроечных лет – 19. Дело не только в подготовленном прежде заделе. Основную роль играет личность селекционера. Над созданием сорта работает несколько специалистов. В статье указаны «главные конструкторы» – селекционеры, которые организуют селекционный процесс и непосредственно участвуют в нем «от и до».

З.Ш. Шамсутдинов таким селекционерам дал нравственно-политическую характеристику, которая предполагает «Цельность личности натуры селекционера. Он скроен из особого материала, сочетающего высокие моральные качества, преданность своему делу, осознание важности селекции в судьбе Родины, беспредельная любовь в своему объекту селекции, умноженное на патриотизм» (З.Ш. Шамсутдинов, 2007).

К этому следует добавить, что селекционер должен обладать широким кругозором знаний, умением выдержать марафонский темп селекционных исследований, интуицией и экстрасенсорными способностями, которые вырабатываются в продолжении долгих лет. Растение – живой организм и в процессе обмена веществ создает вокруг себя электромагнитное поле. 60-летний опыт работы с горохом одного из авторов этой статьи дает основание утверждать о возможности чувствовать эти сигналы. Для этого на селекционное поле нужно приходить в одиночку с хорошим, доброжелательным расположением духа, отключать мобильный телефон и целиком сосредотачиваться на контакте с растением. Чешский селекционер Й. Кройцман из фирмы «Selgen», обладая сенсорными способностями, подбирал пары для скрещивания гороха с помощью биолокации. Но раскрывать детали этого метода он отказался.

Селекционер должен жить долго, жить в одном месте и работать с одной культурой. Селекционер – «штучный» объект в системе сельскохозяйственной науки. Об особом отношении к нему почти 90 лет назад говорил Н.И. Вавилов (1966): «В организации сортового семеноводства и селекции надо решительно учесть специфику этого дела,

требующую постоянства персонала, преемственности в работе, решительной ликвидации функционального руководства, стабилизации селекционной и семеноводческой сети. Номадизм [кочевой образ жизни – А.Н. Зел.] персонала станций в селекции недопустим. Настоящий руководитель селекционной станции и семеноводческого хозяйства должен знать технику дела до деталей, знать сущность селекционного процесса, все этапы селекции, специфику растений. Необходимо решительное проведение мероприятий по стабилизации как сети, персонала, так и по созданию условий постоянной преемственной работы».

Литература

1. Зеленов А.Н., Лаханов А.П., Новикова Н.Е. Генетическая специфика накопления и перераспределения элементов питания в растениях у сортов гороха современной и стародавней селекции // Доклады ВАСХНИЛ, - 1988, - № 9. – С. 42-44.
2. Зарьянова З.А. Шатиловская сельскохозяйственная опытная станция в лицах и публикациях (1896-2006 гг.) – Орёл: Картуш, - 2006 – 422 с.
3. Рюриков Н.А. Горох Шатиловский зеленозёрный // Зерновые и масличные культуры, - 1965. - № 1.
4. Зотиков В.И., Мазалов В.И., Сидоренко В.С., Наумкина Т.С., Грядунова Н.В., Хмызова Н.Г. Экологическое испытание сортов и гибридов сельскохозяйственных культур на Шатиловской СХОС. – Орёл, ВНИИЗБК, - 2017. – 88 с.
5. Амелин А.В., Кондыков И.В. Фотосинтетические особенности растений зерновых и зерноукосных сортов гороха // Биологический и экономический потенциал зерновых, крупяных культур и пути его реализации: - Орёл: ВНИИЗБК, - 1997. – С. 44-50.
6. Соболев Н.А., Агаркова С.Н. Отдалённая гибридизация в роде *Pisium* L. // Хвостова В.В. (редактор) Генетика и селекция гороха. Новосибирск: СО изд-во «Наука», - 1975. – С.141-161.
7. Варлахов М.Д., Чекалин Н.М., Зеленов А.Н., Макогонов Е.И. Эффективность оценки комбинационной способности родительских форм. Комплексная программа «Тенакс» в селекции гороха // Селекция и семеноводство, - 1986. - № 4. – С. 14-16
8. Зеленов А.Н. О признаке неосыпаемости семян у гороха // Зернобобовые и крупяные культуры, - 2013. - № 2 (5). – С. 79-85.
9. Чекалин Е.И. Морфофизиологические особенности гороха полевого и его перспективы в селекции на семенную продуктивность. – Автореферат дисс... канд.с.х. наук. Орёл: ОрелГАУ, - 2009. – 24 с.
10. Амелин А.В., Кондыков И.В., Чекалин Е.И., Кондыкова Н.Н. Морфофизиологический потенциал *Pisum sativum* ssp. *arvense* L. и селекционные аспекты его реализации. Орёл: Картуш, - 2018. – 180 с.
11. Сердюк В.П., Станкевич А.Н. Новые внутривидовые таксоны гороха полевого (*Pisum sativum* L.) // Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции, - 2001. - Т.154. – С. 87-92.
12. Агаркова С.Н. Генетика признаков продуктивности зернобобовых культур. – Автореферат дисс... канд.биол. наук. Санкт-Петербург, - 1992. – 42 с.
13. Яковлев В.Л. Интродукция генов *af*, *def* и *deh* в генотип высокоурожайного сорта гороха Смарагд // Сб. Совершенствование селекции и технологии возделывания зерновых бобовых и крупяных культур. – Орёл: ВНИИЗБК, - 1992. – С. 27-34.
14. Кондыков И.В., Зотиков В.И., Зеленов А.Н., Кондыкова Н.Н., Уваров В.Н. Биология и селекция детерминантных форм гороха. – Орёл: Изд-во ПФ «Картуш», - 2006. – 120 с.
15. Зеленов А.Н., Павловская Н.Е., Щетинин В.Ю., Корниенко Н.Н. Непрерывная трансформация у генома гороха // Доклады РАСХН, - 2011. - № 5. – С. 12-15.
16. Зеленов А.Н., Зотиков В.И., Наумкина Т.С., Новикова Н.Е., Щетинин В.Ю., Борзенкова Г.А., Бобков С.В., Зеленов А.А., Азарова Е.Ф., Уварова О.В. Биологический потенциал и перспективы селекции расщепленнолисточкового морфотипа гороха // Зернобобовые и крупяные культуры, - 2013. - № 4 (8). – С. 3-11.
17. Зеленов А.Н., Титенок Т.С. Роль прицветничков в формировании семенной продуктивности у гороха // Доклады РАСХН, - 2001. - № 6. – С. 8-10.
18. Амелин А.В. Морфофизиологические основы повышения эффективности селекции гороха. – Автореферат дисс... докт. с.х. наук. – М.: 2001.- 46с.
19. Новикова Н.Е. Физиологическое обоснование роли морфотипа растений в формировании урожайности сортов гороха. – Автореферат дисс... докт.с.х. наук. Орёл: - 2002. – 46 с.
20. Соболева Г.В., Суворова Г.Н., Кондыков И.В., Зотиков В.И. Метод клеточной селекции гороха на устойчивость к абиотическим факторам среды (методические рекомендации). – М.: - 2011. – 25 с.
21. Зеленов А.Н., Амелин А.В., Новикова Н.Е. Перспективы использования новой селекционной формы гороха хамелеон // Доклады РАСХН, - 2000. - № 4. – С. 15-17.
22. Зеленов А.Н. Потенциал гетерофильной формы гороха и пути его реализации // Аграрная Россия, - 2011. - № 3. – С. 13-16.
23. Зеленов А.Н., Задорин А.М., Зеленов А.А. Первые результаты создания сортов гороха морфотипа хамелеон // Зернобобовые и крупяные культуры, 2018. №2(26). – С.10-17. DOI: 10.244111/2309-348X – 2018-10009.
24. Задорин А.М., Уваров В.Н., Зеленов А.Н., Зеленов А.А. Перспективные морфотипы гороха // Земледелие, - 2014. - № 4. – С. 24-25.

25. Задорин А.М. Гетерофильная форма гороха и её селекционные свойства // Зернобобовые и крупяные культуры, - 2013. - №4 (8). – С. 16-18.
26. Зеленов А.А., Зеленов А.Н., Новикова Н.Е. Физиологический и адаптивный потенциал рассеченнолисточкового морфотипа гороха в чистых и смешанных посевах // Зернобобовые и крупяные культуры, - 2015. - № 4 (16). – С. 3-12.
27. Зеленов А.А., Зеленов А.Н., Бударина Г.А., Бобков С.В. Создание и использование в селекции генетического разнообразия рассеченнолисточкового морфотипа гороха // Зернобобовые и крупяные культуры, - 2017. - № 2 (22). – С. 8-16.
28. Жученко А.А. Адаптивное растениеводство (эколого-генетические основы): теория и практика. Т.2. – М.: «Агрорус», - 2009. – 1104 с.
29. Зеленов А.А., Зеленов А.Н. Новикова Н.Е. Принципы и методы селекции диморфных синтетических сортов гороха // Зернобобовые и крупяные культуры, - 2016. - №4 (29). – С. 31-37.

References

1. Zelenov A.N., Lakhanov A.P., Novikova N.E. Geneticheskaya spetsifika nakopleniya i pereraspredeleniya elementov pitaniya v rasteniyakh u sortov gorokha sovremennoi i starodavnei seleksii [Genetic specificity of accumulation and redistribution of nutrients in plants in pea varieties of modern and ancient breeding]. *Doklady VASKhNIL*, 1988, no.9, pp.42-44. (In Russian)
2. Zar'yanova Z.A. Shatilovskaya sel'skokhozyaistvennaya opyt'naya stantsiya v litsakh i publikatsiyakh (1896-2006 gg.) [Shatilovskaya Agricultural Experimental Station in Persons and Publications (1896-2006)], Orel: Kartush Publ., 2006, 422 p. (In Russian)
3. Ryurikov N.A. Gorokh Shatilovskii zelenozernyi [Shatilovsky green peas]. *Zernovye i maslichnye kul'tury*, 1965. no.1. (In Russian)
4. Zotikov V.I., Mazalov V.I., Sidorenko V.S., Naumkina T.S., Gryadunova N.V. Khmyzova N.G. Ekologicheskoe ispytanie sortov i gibridov sel'skokhozyaistvennykh kul'tur na Shatilovskoi SKhOS [Ecological testing of crop varieties and hybrids at the Shatilovskaya agricultural enterprise], Orel, VNIIZBK, 2017, 88 p. (In Russian)
5. Amelin A.V., Kondykov I.V. Fotosinteticheskie osobennosti rastenii zernovykh i zernoukosnykh sortov gorokha. Biologicheskii i ekonomicheskii potentsial zernovykh, krupyanykh kul'tur i puti ego realizatsii [Photosynthetic features of plants of grain and grain-and-fodder varieties of peas. Biological and economic potential of cereals, groat crops and ways of its realization]. Orel, VNIIZBK, 1997, pp.44-50. (In Russian)
6. Sobolev N.A., Agarkova S.N., Khvostova V.V., ed. Otdalennaya gibrizatsiya v rode Pisium L. Genetika i selektsiya gorokha [Distant hybridization in the genus Pisium L. Genetics and breeding of peas]. Novosibirsk: SO izd-vo «Nauka», 1975, pp.141-161. (In Russian)
7. Varlakhov M.D., Chekalin N.M., Zelenov A.N., Makogonov E.I. Effektivnost' otsenki kombinatsionnoi sposobnosti roditel'skikh form. Kompleksnaya programma «Tenaks» v seleksii gorokha [Effectiveness of assessing the combinative ability of parental forms. Comprehensive program "Tenax" in pea breeding]. *Selektsiya i semenovodstvo*, 1986, no.4, pp.14-16 (In Russian)
8. Zelenov A.N. O priznake neosypaemosti semyan u gorokha [Nonshattering Attribute of Peas Seeds]. *Zernobobovye i krupyanye kul'tury*, 2013, no. 2(5), pp.79-85. (In Russian)
9. Chekalin E.I. Morfofiziologicheskie osobennosti gorokha polevogo i ego perspektivy v seleksii na semennuyu produktivnost' [Morphophysiological features of field pea and its prospects in breeding for seed productivity. Dr. agric sci. diss.]. Orel, OrelGAU, 2009, 24 p. (In Russian)
10. Amelin A.V., Kondykov I.V., Chekalin E.I., Kondykova N.N. Morfofiziologicheskii potentsial Pisum sativum ssp. arvense L. i selektsionnye aspekty ego realizatsii [Morphophysiological potential of Pisum sativum ssp. arvense L. and breeding aspects of its realization]. Orel: Kartush Publ., 2018, 180 p. (In Russian)
11. Serdyuk V.P., Stankevich A.N. Novye vnutrividovye taksony gorokha polevogo (Pisum sativum L.) [New intraspecific taxons of field pea (Pisum sativum L.)]. *Trudy po prikladnoi botanike, genetike i seleksii*. 2001, v.154, pp.87-92. (In Russian)
12. Agarkova S.N. Genetika priznakov produktivnosti zernobobovykh kul'tur [Genetics of grain legume productivity traits. Dr.biol. sci. diss.], St. Petersburg, 1992, 42p. (In Russian)
13. Yakovlev V.L. Introduktsiya genov af, def i deh v genotip vysokourozhainogo sorta gorokha Smaragd. Sbornik Sovershenstvovanie seleksii i tekhnologii vzdelyvaniya zernovykh bobovykh i krupyanykh kul'tur [Introduction of af, def and deh genes into the genotype of high-yielding variety of pea Smaragd. Collection: Improvement of breeding and cultivation technology of grain legumes and groat crops], Orel: VNIIZBK, 1992, pp. 27-34. (In Russian)
14. Kondykov I.V., Zotikov V.I., Zelenov A.N., Kondykova N.N., Uvarov V.N. Biologiya i selektsiya determinantnykh form gorokha [Biology and breeding of determinant forms of peas]. Orel, «Kartush» Publ., 2006, 120 p.
15. Zelenov A.N., Pavlovskaya N.E., Shchetinin V.Yu., Kornienko N.N. Nepreryvnaya transformatsiya u genoma gorokha [Continuous transformation in the pea genome]. *Doklady RASKhN*, 2011, no.5, pp.12-15. (In Russian)
16. Zelenov A.N., Zotikov V.I., Naumkina T.S., Novikova N.E., Shchetinin V.Yu., Borzenkova G.A., Bobkov S.V., Zelenov A.A., Azarova E.F., Uvarova O.V. Biologicheskii potentsial i perspektivy seleksii rassechennolistochkovogo morfotipa gorokha [Biological potential and prospects of selection of dissected leaf morphotype of peas]. *Zernobobovye i krupyanye kul'tury*, 2013, no.4 (8), pp. 3-11. (In Russian)

17. Zelenov A.N., Titenok T.S. Rol' pritsvetnichkov v formirovanii semennoi produktivnosti u gorokha [The role of bracts in the formation of seed productivity in peas]. *Doklady RASKhN*, 2001, no.6, pp. 8-10. (In Russian)
18. Amelin A.V. Morfofiziologicheskie osnovy povysheniya effektivnosti selektsii gorokha [Morphophysiological bases for increasing the efficiency of pea breeding. Dr. agric sci. diss.]. Moscow, 2001, 46 p. (In Russian)
19. Novikova N.E. Fiziologicheskoe obosnovanie roli morfotipa rastenii v formirovanii urozhainosti sortov gorokha [Physiological substantiation of the role of plant morphotype in the formation of productivity of pea varieties. Dr. agric sci. diss.] Orel, 2002, 46 p. (In Russian)
20. Soboleva G.V., Suvorova G.N., Kondykov I.V., Zotikov V.I. Metod kletchoi selektsii gorokha na ustoichivost' k abioticheskim faktoram sredy (metodicheskie rekomendatsii) [Method of pea cell breeding for resistance to abiotic environmental factors (guidelines)], Moscow, 2011, 25 p. (In Russian)
21. Zelenov A.N., Amelin A.V., Novikova N.E. Perspektivy ispol'zovaniya novoi selektsionnoi formy gorokha khameleon [Prospects for the use of a new breeding form of chameleon pea]. *Doklady RASKhN*, 2000, no.4, pp.15-17. (In Russian)
22. Zelenov A.N. Potentsial geterofil'noi formy gorokha i puti ego realizatsii [Potential of heterophyllic form of peas and ways of its realization]. *Agrarnaya Rossiya*, 2011, no.3, pp.13-16. (In Russian)
23. Zelenov A.N., Zadorin A.M., Zelenov A.A. Pervye rezul'taty sozdaniya sortov gorokha morfotipa khameleon [The first results of creating pea varieties of the chameleon morphotype]. *Zernobobovye i krupyanye kul'tury*, 2018, no. 2(26), pp.10-17. DOI: 10.24411/2309-348Kh - 2018-10009. (In Russian)
24. Zadorin A.M., Uvarov V.N., Zelenov A.N., Zelenov A.A. Perspektivnye morfotipy gorokha [Promising morphotypes of peas]. *Zemledelie*, 2014, no.4, pp. 24-25. (In Russian)
25. Zadorin A.M. Geterofil'naya forma gorokha i ee selektsionnye svoystva [Heterophyllous form of peas and its selection properties]. *Zernobobovye i krupyanye kul'tury*, 2013. no. 4(8), pp.16-18. (In Russian)
26. Zelenov A.A., Zelenov A.N., Novikova N.E. Fiziologicheskii i adaptivnyi potentsial rassechennolistochkovogo morfotipa gorokha v chistyykh i smeshannykh posevakh [Physiological and adaptive capacity of dissected pinnuled leaf morphotype of peas in the pure and mixed croppings]. *Zernobobovye i krupyanye kul'tury*, 2015, no. 4(16), pp. 3-12. (In Russian)
27. Zelenov A.A., Zelenov A.N., Budarina G.A., Bobkov S. V. Sozдание i ispol'zovanie v selektsii geneticheskogo raznoobraziya rassechennolistochkovogo morfotipa gorokha [Creation and use of genetic diversity in breeding of dissected leaf morphotype of pea]. *Zernobobovye i krupyanye kul'tury*, 2017, no. 2(22), pp. 8-16. (In Russian)
28. Zhuchenko A.A. Adaptivnoe rasteniyevodstvo (ekologo-geneticheskie osnovy): teoriya i praktika. V.2, Moscow, «Agrorus» Publ., 2009, 1104p. (In Russian)
29. Zelenov A.A., Zelenov A.N., Novikova N.E. Printsipy i metody selektsii dimorfnykh sinteticheskikh sortov gorokha [Principles and methods of selection of dimorphous synthetic varieties of peas]. *Zernobobovye i krupyanye kul'tury*, 2016, no. 4(29), pp. 31-37. (In Russian)

НОВЫЙ СОРТ ГОРОХА СТОЛЕТНИК

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

***А.А. ЗЕЛЕНОВ**, кандидат с.-х. наук, ORCID ID: 0000-0003-4544-7845

А.М. ЗАДОРИН, кандидат с.-х. наук, ORCID ID: 0000-0003-1498-0882

М.Е. КОНОНОВА, научный сотрудник

Г.Н. СУВОРОВА, кандидат с.-х. наук, ORCID ID: 0000-0003-1432-8333

ФГБНУ «ФНЦ ЗЕРНОБОБОВЫХ И КРУПЯНЫХ КУЛЬТУР»

*АО «ЩЕЛКОВО АГРОХИМ»

В результате использования метода клеточной селекции in vitro на осмоустойчивость в Федеральном научном центре зернобобовых и крупяных культур создан новый сорт гороха Столетник. Сорт листочковый, белоцветковый, детерминантного типа развития, высотой 60-75 см. Семена желто-розовые, масса 1000 семян 200-220 г. Содержание белка в семенах 24-26%. Средняя урожайность семян в конкурсном сортоиспытании в 2019-2021 годах составила 32,3 ц/га, что на 3,6 ц/га больше, чем у сорта Темп и на 4,6 ц/га больше, чем у сорта Гамбит. Максимальная урожайность (34,4 ц/га) получена в 2019 году в условиях дефицита влаги в почве и высокого температурного фона в критические фазы онтогенеза растений, определяющих продуктивность. Сорт более скороспелый в сравнении со стандартом. Вегетационный период в среднем за 3 года составил 69 суток. Сорт формирует плотный стеблестой устойчивый к полеганию. Вкусовые качества зерна высокие.

Ключевые слова: горох, осмоустойчивость, засухоустойчивость, регенерант, сорт, урожайность.

Для цитирования: 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):60-65. DOI: 10.24412/2309-348X-2022-2-60-65

NEW VARIETY OF PEA STOLETNIK

G.V. Soboleva, E-mail: alniksobolev@rambler.ru

A.A. Zelenov*, ORCID ID: 0000-0003-4544-7845

A.M. Zadorin, ORCID ID: 0000-0003-1498-0882

M.E. Kononova,

G.N. Suvorova, ORCID ID: 0000-0003-1432-8333

FSBSI «FEDERAL SCIENTIFIC CENTER OF LEGUMES AND GROAT CROPS»

*AO «SHCHELKOVO AGROCHEM»

Abstract: *As a result of using the method of cell breeding in vitro for osmotolerance, a new cultivar of peas Stoletnik has been created at the Federal Scientific Center of Legumes and Groat Crops. Leafy, white-flowered variety, determinate type of development, height 60-75 cm. Yellow-pink seeds, weight of 1000 seeds 200-220 g. Protein content in seeds is 24-26%. The average seed yield in competitive variety trials in 2019-2021 was 32.3 c/ha, 3.6 c/ha higher than the Temp variety and 4.6 c/ha higher than the Gambit variety. The maximum yield (34.4 c/ha) was obtained in 2019 under conditions of moisture deficit in the soil and high temperature background during the*

critical phases of plant ontogenesis that determine productivity. The variety is earlier maturing in comparison to the standard. The growing season averaged 69 days over 3 years. The variety forms a dense plant stand resistant to lodging. Taste qualities of grain are high.

Keywords: peas, osmotolerance, drought tolerance, regenerant, variety, yield.

Увеличение производства зерна гороха возможно за счет совершенствования технологии возделывания и внедрения новых высокоурожайных, устойчивых к абиотическим и биотическим стрессам сортов. В настоящее время в результате генетико-селекционных исследований создан целый спектр сортов гороха: короткостебельных, детерминантных, с усатым типом листа, потенциал урожайности которых составляет 5,5-6 т/га. Однако в производственных условиях он реализуется далеко не полностью, что обусловлено стрессовым действием множества экологических факторов [1, 2]. Среди стрессовых воздействий, приводящих к наибольшим потерям урожая гороха, в последнее время следует отнести водный дефицит, обусловленный засухой. Устойчивость к данному типу стресса, является достаточно сложным признаком, определяемым комплексом приспособительных механизмов, действующих как на клеточном, так и на организменном уровнях. Поэтому сегодня во многих ведущих научно-исследовательских центрах широкое применение находит клеточная селекция *in vitro* на засухоустойчивость, как источник генетического разнообразия. Технологии *in vitro* наиболее успешно используются в селекционных программах для получения форм, устойчивых к засухе основных злаковых культур [3, 4, 5].

Зерновые бобовые являются достаточно трудным объектом для работы *in vitro*, что обусловлено сложностью индукции процессов морфогенеза и ризогенеза. На данном этапе основные исследования сводятся к тестированию генотипов на устойчивость к осмотическому стрессу на клеточном уровне.

В связи с этим **цель исследований** заключалась в создании новых засухоустойчивых сортов гороха с использованием клеточной селекции *in vitro*.

Материал и методы исследований

В качестве исходного материала использовали семена гибридной комбинации гороха Софья х Темп. Сорт Софья имеет укороченный жесткий стебель, усатый тип листа, устойчив к полеганию, семена округлые, светло-желтые. Масса 1000 семян 220-240 г. Сорт Темп имеет утолщенный стебель, тип листа обычный (листочковый). Семена округлые светло-розовые. Масса 1000 семян 220-260 г.

Стерилизацию семян, приготовление питательных сред проводили с использованием ранее разработанных методик [6].

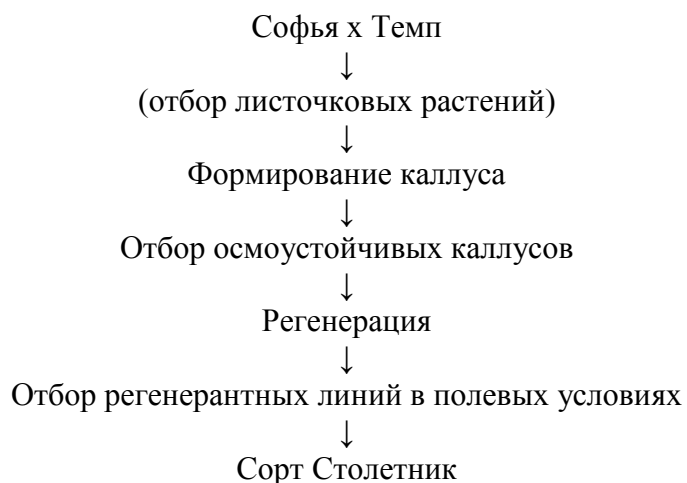
Полученная методом клеточной селекции регенерантная линия изучалась в 2019-2021 годах в конкурсном сортоиспытании в селекционном севообороте Федерального научного центра зернобобовых и крупяных культур. Площадь делянок составляла 16 м², повторность 4-х кратная. Норма высева – 1,2 млн. всхожих семян на 1 га. Сорта стандарты – Гамбит (усатый морфотип) и Темп (листочковый морфотип). Закладка полевых опытов и фенологические наблюдения осуществлялись общепринятыми методами. При уборке анализировали структуру растений и урожайность семян. Структурный анализ растений по морфологическим признакам и элементам продуктивности проводили по методике ВИР [7]. Основные количественные показатели подвергали вариационно-статистической обработке [8].

Результаты и обсуждение

В результате исследований в 2021 году на Государственное сортоиспытание передан новый сорт гороха Столетник. Название сорта приурочено к 100-летию селекции гороха в Орловской области.

Ботаническое определение: *Pisum sativum* L. *sensu lato* var. *vulgare*.

Происхождение сорта Столетник:



Основные этапы клеточной селекции *in vitro* включали: индукцию каллусообразования, отбор осмоустойчивых каллусов на селективных средах, индукцию морфогенеза в отселектированных каллусах, регенерацию растений, адаптацию их к условиям *in vivo*, получение семенного потомства и его тестирование на устойчивость к засухе. В качестве селективного агента, имитирующего *in vitro* осмотический стресс, применяли полиэтиленгликоль (ПЭГ) с молекулярной массой 6000. Для отбора *in vitro* на устойчивость к водному дефициту использовали каллусные культуры. Каллусные ткани получали из верхушек 3-5 дневных асептических проростков гороха. Для отбора осмоустойчивых каллусов использовали среду, включающую минеральные соли MS [9], витамины B5 [10], мезо-инозитол – 100,0 мг/л, глицин – 2,0 мг/л, сахарозу – 30000 мг/л, БАП – 5,0 мг/л + НУК – 2,0 мг/л и дополненную 15% ПЭГ (рис. 1). Каллусы культивировали на среде с селективным агентом в течение одного пассажа (45-50 суток).

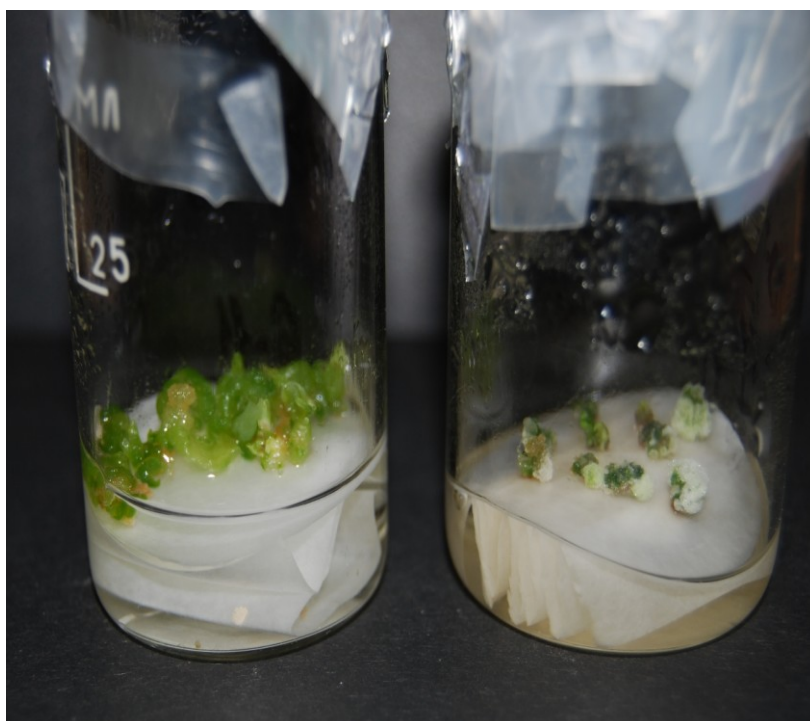


Рис. 1. Отбор осмоустойчивых каллусов на селективных питательных средах

Индукцию побегообразования в осмоустойчивых каллусах осуществляли на питательных средах без селективного фактора (рис. 2). Сформировавшиеся регенерантные побеги отделяли от каллуса и дорастивали на среде, содержащей 1,0 мг/л БАП + 0,25 мг/л

ИМК, а затем переносили на среду для ризогенеза В5 с уменьшенной в два раза концентрацией основных компонентов и дополненную НУК (1,0 – 1,5 мг/л).



Рис. 2. Индукция морфогенеза в каллусах и ризогенеза у регенерантных побегов

Полученные регенерантные растения размножали в сосудах с почвой в теплице. Дальнейшие поколения регенерантов изучали в полевых условиях в течение ряда лет (рис. 3). В результате была выделена регенерантная линия (сорт Столетник), характеризовавшаяся высокой семенной продуктивностью, повышенными водоудерживающей способностью при завядании и общим содержанием воды в тканях.



Рис. 3. Изучение регенерантов в полевых условиях

Сорт Столетник представляет собой растения детерминантного типа развития высотой 60...75 см. Общее число междоузлий 16-18, до первого соцветия 13-14. Лист листочковый (обычный), форма листочков продолговато-яйцевидная. Соцветие пазушная кисть. Число цветков на цветоносе – 2, цветки белые.

Бобы прямые с тупой верхушкой, лущильного типа. Число бобов на растении 6-8, число семян в бобе 4-6 (рис. 4).



Рис. 4. Бобы и семена сорта гороха Столетник в сравнении со стандартом Гамбит

Семена округлые, желто-розовые. Окраска рубчика светлая. Масса 1000 семян 200-220 г. Содержание белка в семенах 24-26%. Сорт Столетник более скороспелый по сравнению со стандартами (табл. 1). Средняя урожайность семян сорта за годы конкурсного сортоиспытания составила 32,3 ц/га, что на 3,6 ц/га больше, чем у сорта Темп и на 4,6 ц/га больше, чем у сорта Гамбит.

Таблица 1

Вегетационный период, устойчивость к полеганию и урожайность семян гороха сорта Столетник в конкурсном сортоиспытании

Сорта	Урожайность семян, ц/га				Устойчивость к полеганию, баллы *	Вегетационный период, сутки*
	2019	2020	2021	среднее		
Гамбит-st	29,1	28,9	25,2	27,7	5,0	73
Темп-st	31,6	27,7	26,8	28,7	3,0	72
Столетник	34,4	29,7	32,7	32,3	4,3	69
НСР ₀₅	1,9	1,6	3,1	-	-	-

* Среднее за 2019-2021 гг.

Максимальная урожайность семян 34,4 ц/га была получена в 2019 году, который характеризовался недостатком влаги и повышенным температурным фоном в период бутонизации, цветения и налива бобов. Сорт характеризуется жестким стеблем и формирует плотный, устойчивый к полеганию ценоз.

Закключение

В результате использования клеточной селекции на селективных средах *in vitro* с полиэтиленгликолем, имитирующих дефицит влаги, получен новый сорт гороха Столетник, который рекомендован для испытания в Центральном, Волго-Вятском, Центрально-Чернозёмном, Северо-Кавказском, Средневолжском регионах.

Урожайность сорта в среднем за годы изучения составила 32,3 ц/га. Преимущество по урожайности семян сорта Столетник перед стандартом особенно проявилось в 2019 году, когда наблюдался дефицит влаги в почве и высокий температурный фон в критические фазы онтогенеза растений.

Литература

1. 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.

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/VJ 21.041.
3. Manoj K. Rai, Rajwant K. Kalia, Rohtas Singh, Manu P. Gangola, A.K. Dhawan. Developing stress tolerant plants through in vitro selection – An overview of the recent progress // Environmental and Experimental Botany, - 2011. - V.71. – P.89-98.
4. Шуплецова О.Н., Щенникова И.Н. Результаты использования клеточных технологий в создании новых сортов ячменя, устойчивых к токсичности алюминия и засухе. // Вавиловский журнал генетики и селекции. - 2016. - № 20 (5). – С.623-628. DOI: 10.18699/VJ 16.183.
5. Дубровная О.В. Селекция *in vitro* пшеницы на устойчивость к абиотическим стрессовым факторам // Физиология растений и генетика. - 2017. - Т.49. - № 4. – С. 279-292.
6. Соболева Г.В., Суворова Г.Н., Кондыков И.В., Зотиков В.И. Метод клеточной селекции гороха на устойчивость к абиотическим факторам среды (методические рекомендации). – М., - 2011. – 25 с.
7. Коллекция мировых генетических ресурсов зерновых бобовых ВИР: пополнение, сохранение и изучение: методические указания // Вишнякова М.А., Буравцева Т.В., Булынец С.В., Бурляева М.О., Семенова Е.В., Сеферова И.В., Александрова Т.Г., Яньков И.И., Егорова Г.П., Герасимова Т.В., Другова Е.В. – СПб.: ООП «Копи-Р. Групп», - 2010. – 141 с.
8. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта – М.: Колос, - 1985. – 351с.
9. Murashige N., Skoog F. A revised medium for rapid growth and bioassays with tobacco tissue cultures // Physiol. Plant., - 1962. - V.15. – No.13. – P. 473-497.
10. Gamborg O.L., Constabel F., Shyluk I.P. Organogenesis in callus from shoot apical of *Pisum sativum* L. // Physiologia Plantarum, - 1974. - V.30. – P. 125-128.

References

1. Zotikov V.I. Otechestvennaya selektsiya zernobobovykh i krupyanykh kul'tur [Domestic breeding of legumes and groat crops]. *Zernobobovye i krupyanye kul'tury*, 2020, no.3 (35), pp. 12-19. DOI: 10.24411/2309-348Kh-2020-11179. (In Russian)
2. Zotikov V.I., Vilyunov S.D. Sovremennaya selektsiya zernobobovykh i krupyanykh kul'tur v Rossii [Modern breeding of legumes and groat crops in Russia]. *Vavilovskii zhurnal genetiki i seleksii*, 2021, no. 25(4), pp.381-387. DOI: 10.18699/VJ 21.041. (In Russian)
3. Manoj K. Rai, Rajwant K. Kalia, Rohtas Singh, Manu P. Gangola, A.K. Dhawan. Developing stress tolerant plants through in vitro selection-An overview of the recent progress *Environmental and Experimental Botany*, 2011, V.71, pp.89-98.
4. Shupletsova O.N., Shchennikova I.N. Rezul'taty ispol'zovaniya kletochnykh tekhnologii v sozdanii novykh sortov yachmenya, ustoichivykh k toksichnosti alyuminiya i zasukhe. [Results of using cell technologies in the creation of new barley varieties resistant to aluminum toxicity and drought] *Vavilovskii zhurnal genetiki i seleksii*, 2016, no. 20(5), pp.623-628. DOI: 10.18699/VJ 16.183. (In Russian)
5. Dubrovnaia O.V. Seleksiya *in vitro* pshehitsy na ustoichivost' k abioticheskim stressovym faktoram [In vitro breeding of wheat for resistance to abiotic stressors]. *Fiziologiya rastenii i genetika*, 2017, v.49, no.4, pp.279-292. (In Russian)
6. Soboleva G.V., Suvorova G.N., Kondykov I.V., Zotikov V.I. Metod kletochnoi seleksii gorokha na ustoichivost' k abioticheskim faktoram sredy (metodicheskie rekomendatsii) [Method of pea cell breeding for resistance to abiotic environmental factors (guidelines)], Moscow, 2011, 25 p. (In Russian)
7. Kolleksiya mirovykh geneticheskikh resursov zernovykh bobovykh VIR: popolnenie, sokhranenie i izuchenie: metodicheskie ukazaniya [VIR World Legume Genetic Resources Collection: replenishment, preservation and study: guidelines] Vishnyakova M.A., Buravtseva T.V., Bulyntsev S.V., Burlyaeva M.O., Semenova E.V., Seferova I.V., Aleksandrova T.G., Yan'kov I.I., Egorova G.P., Gerasimova T.V., Drugova E.V, St. Petersburg, OOP «Kopi-R. Grupp» Publ., 2010, 141 p. (In Russian)
8. Dospekhov B.A. Metodika polevogo opyta [Field experiment technique]. Moscow, *Kolos*, 1985, 351 p. (In Russian)
9. Murashige N., Skoog F. A revised medium for rapid growth and bioassays with tobacco tissue cultures. *Physiol. Plant.*, 1962, V.15, No.13, pp.473-497.
10. Gamborg O.L., Constabel F., Shyluk I.P. Organogenesis in callus from shoot apical of *Pisum sativum* L. *Physiologia Plantarum*, 1974, V.30, pp.125-128.

ПРИМЕНЕНИЕ НИЗКОЧАСТОТНОГО ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ПОЛЯ ДЛЯ ПРЕДПОСЕВНОЙ ОБРАБОТКИ СЕМЯН ГОРОХА

А.И. ЕРОХИН, кандидат сельскохозяйственных наук

ФГБНУ «ФНЦ ЗЕРНОБОБОВЫХ И КРУПЯНЫХ КУЛЬТУР»

E mail: office@vniizbk.ru

Установлено, что лабораторная и полевая всхожесть обработанных семян гороха сортов Норд и Труженник низкочастотным электромагнитным полем была выше по сравнению с контролем на 2...4%, длина корешков и ростков проростков на 9,3-33,8%. Существенных сортовых различий по длине проростков у обработанных семян гороха не отмечено.

Наиболее оптимальное время обработки семян гороха электромагнитным полем – 2 часа. Средняя прибавка урожайности гороха Норд при обработке семян электромагнитным полем (ЭМП) в течение 2 и 3 часов составила 0,11-0,12 т/га, или 18,3-20,6%, гороха сорта Труженник – 0,12 т/га (16,2%).

Установлено положительное влияние совместного применения на семенах гороха Орлус электромагнитного поля и препарата Дарина. Отмечено повышение энергии прорастания, лабораторной и полевой всхожести обработанных семян к контролю на 4-6%, увеличение длины проростков – на 16,0-24,3% и урожайности – на 0,29 т/га (12,9%).

Совместное применение ЭМП прибора «Биомаг» и препаратов Гумата Калия, Рибав – Экстра также оказало положительное влияние на посевные качества семян гороха сортов Орлус и Труженник. Длина проростков гороха превышала контрольные проростки на 16,2-18,0%. Энергия прорастания и лабораторная всхожесть превышали эти показатели контроля на 3-4%.

Полевая всхожесть обработанных семян гороха сорта Орлус низкочастотным электромагнитным полем прибора «Биомаг» и Гуматом Калия превышала контроль на 6%. Прибавка в урожайности составила 0,17 т/га (7,4%). Совместное применение электромагнитного поля и препарата Рибав-Экстра повышает полевую всхожесть семян к контролю на 8%, урожайность гороха – на 0,31 т/га или 13,4%.

Обработанные семена гороха Орлус электромагнитным полем «Биомаг» с последующим инкрустированием обработанных семян препаратами Гуматом Калия, Рибав-Экстра увеличивают количество бобов и семян с одного растения на 11,4-15,1% к контролю. Масса семян с растения была выше контроля на 0,3-0,6 г или 8,9-18,5%, а масса 1000 семян – на 1,8-2,7%.

Ключевые слова: горох, сорт, семена, низкочастотное электромагнитное поле (ЭМП), препараты, обработка, урожайность.

Для цитирования: Ерохин А.И. Применение низкочастотного электромагнитного поля для предпосевной обработки семян гороха. *Зернобобовые и крупяные культуры*. 2022; 2(42):66-73. DOI: 10.24412/2309-348X-2022-2-66-73

APPLICATION OF A LOW-FREQUENCY ELECTROMAGNETIC FIELD FOR PRESOWING TREATMENT OF PEA SEEDS

A.I. Erokhin

FSBSI «FEDERAL SCIENTIFIC CENTER OF LEGUMES AND GROAT CROPS»

Abstract: *It was established that the laboratory and field germination of the treated pea seeds of the Nord and Truzhenik varieties by a low-frequency electromagnetic field was higher compared to the control by 2...4%, the length of roots and sprouts of seedlings by 9.3-33.8%. There were no significant varietal differences in the length of seedlings in treated pea seeds.*

The most optimal time for processing pea seeds with an electromagnetic field is 2 hours. The average increase in the yield of Nord peas during seed treatment with an electromagnetic field (EMF) for 2 and 3 hours was 0.11–0.12 t/ha, or 18.3-20.6%, for peas of the Truzhenik variety – 0.12 t/ha (16.2%).

The positive effect of the combined use of the electromagnetic field and the preparation Darina on the seeds of the Orlus pea has been established. An increase in germination energy, laboratory and field germination of treated seeds to control by 4-6%, an increase in the length of seedlings – by 16.0-24.3% and productivity – by 0.29 t/ha (12.9%) were noted.

The combined use of the EMF device "Biomag" and preparations of Potassium Humate, Ribav-Extra also had a positive effect on the sowing qualities of pea seeds varieties Orlus and Truzhenik. The length of pea seedlings exceeded control seedlings by 16.2-18.0%. Germination energy and laboratory germination exceeded these control indicators by 3-4%.

Field germination of the treated pea seeds of the Orlus variety by the low-frequency electromagnetic field of the Biomag device and Potassium Humate exceeded the control by 6%. The yield increase was 0.17 t/ha (7.4%). The combined use of the electromagnetic field and the preparation Ribav-Extra increases the field germination of seeds to the control by 8%, the yield of peas – by 0.31 t/ha or 13.4%.

The treated seeds of Orlus peas by the electromagnetic field "Biomag" with the subsequent encrustation of the treated seeds with the preparations Potassium Humate, Ribav-Extra increase the number of beans and seeds from one plant by 11.4-15.1% to the control. The weight of seeds per plant was higher than the control by 0.3-0.6 g or 8.9-18.5%, and the weight of 1000 seeds – by 1.8-2.7%.

Keywords: peas, variety, seeds, low-frequency electromagnetic field (EMF), preparations, processing, productivity.

Повышение посевных качеств семян сельскохозяйственных культур до уровня государственных стандартов является необходимым агротехническим приёмом в растениеводстве. Для этого семена протравливают фунгицидами перед посевом и заблаговременно [1] Метод протравливания семян давно разработан, эффективен и экономически оправдан. В то же время известны многолетние и многочисленные попытки замены химических факторов обработки семян, в целях стимуляции физическими. Главное преимущество физических факторов – их экологичность, так как в почву при посеве не вносится фунгицид. К тому же физические факторы дешевле химических и проще в применении.

Предпосевная обработка семян физическими факторами является прогрессивным агроприёмом. Цель применения различных физических воздействий заключается в повышении посевных качеств семян, снижении уровня семенной инфекции и увеличении урожайности [2,3].

В настоящее время предложено много способов и устройств для реализации физических принципов обработки семян: в электрическом и переменном магнитном поле, лазерным светом и высокочастотным электрическим полем [4].

Считают, что механизм действия облучения заключается в активации электронного комплекса молекул, составляющих семя, в ионизации этих молекул, образовании свободных радикалов, то есть в переходе молекул в возбуждённое состояние. Несмотря на то, что молекулы в возбуждённом состоянии существуют доли секунды, предполагается, что этого достаточно для усиления работы ферментных систем, контролирующих прорастание семян [5].

Материал и методы проведения исследований

В лаборатории семеноведения и первичного семеноводства ФНЦ ЗБК в 2010-2012 гг. проведено изучение эффективности использования для обработки семян гороха сортов Норд, Труженик и Орлус низкочастотного электромагнитного поля прибора «Биомаг», рабочие частоты которого находятся в пределах от 0,1 до 100 Гц, а пиковая мощность в импульсе, отдаваемая в антенный контур – 30 Вт. Разработан наиболее оптимальный режим воздействия электромагнитного поля на семена гороха, уточнены функции прибора, установлено оптимальное время обработки семян.

После электромагнитной обработки семена гороха инкрустировали препаратами Гуматом Калия – 7,5% из расчёта 500 мл, Рибав-Экстра – 2 мл и Дарина – 100 мл на 10 литров воды и на 1 тонну семян [6].

Гумат Калия – экологически чистый гуминовый препарат (жидкий) из сапропелевого сырья (сапропель отложения пресноводных водоёмов). Хорошо растворим в воде. Содержит гуминовых кислот – 32%, калия-10% фульвокислот – 4% и микроэлементы: марганец, цинк, кобальт, медь, молибден и др. Предназначен для предпосевного инкрустирования семян (7).

Рибав-Экстра – экстракт природных биологически активных веществ выделенных из корней женьшеня. Содержит сбалансированный комплекс регуляторов роста ауксиновой, гиббереллиновой природы, углеводов, витаминов, аминокислот. Обладает высокой биологической активностью, повышает посевные качества семян зерновых, зернобобовых, овощных и других сельскохозяйственных культур, способствует формированию мощной корневой системы растений, защищает растения от корневых гнилей [8].

Дарина – комплексное экологически чистое органоминеральное гуминовое удобрение на основе природного сырья – озёрного сапропеля. Содержит в своём составе макро и микроэлементы необходимые для роста и развития растений (азот, фосфор, калий, бор, марганец, цинк, кобальт, медь, молибден и др.). Рекомендовано на зерновых, зернобобовых, овощных и крупяных культурах с целью повышения посевных качеств семян и увеличения продуктивности растений [9].

В лабораторных условиях проведена оценка обработанных и контрольных семян по показателям энергии прорастания, лабораторной всхожести, размерам и массе проростков (корешков и ростков). Полевые опыты были заложены на тёмно-серой, лесной, среднесуглинистой почве с мощностью гумусового горизонта 25-30 см. Семена гороха высевали селекционной сеялкой СКС-6-10. Норма высева 1,2 млн. всхожих семян на 1 гектар. Технология возделывания гороха в опытах общепринятая для условий Орловской области.

Учёт полевой всхожести обработанных семян проведён в фазу полных всходов. Перед уборкой с пробных площадок были отобраны растения для анализа по элементам структуры урожая. Полученный при уборке урожай учитывали поделочно. Результаты по урожайности обработаны математически – методом дисперсионного анализа по Б.А. Доспехову (1985).

Результаты исследований

Из физических факторов, используемых в практике аграрного производства, наибольшего внимания заслуживает тот, применение которого обеспечивает экологическую безопасность, не требует больших материальных затрат и легко окупается прибавкой урожая. Нами установлено, что лабораторная и полевая всхожесть обработанных семян гороха сортов Норд и Труженик электромагнитным полем прибора «Биомаг» была выше по сравнению с контролем на 2-4%. Эффективность обработки семян гороха проявилась увеличением размеров проростков. В отличие от контрольного варианта длина корешков и ростков проростков была больше на 1,0-2,1 см, или 9,3-33,8% (табл. 1). Существенных сортовых различий по длине проростков у обработанных семян гороха не выявлено.

Таблица 1

Влияние электромагнитного поля на всхожесть семян, длину проростков и урожайность гороха, среднее за 2010-2012 гг.

Урожайность гороха, среднее за 2010-2012 гг.							
Сорта гороха	Варианты опыта	Время обработки семян ЭМП (час)	Лабораторная всхожесть семян, %	Длина проростков, см		Полевая всхожесть семян, %	Урожайность, т/га
				корешков	ростков		
Норд	Контроль	-	91	10,7	6,2	82	1,60
	ЭМП, обработка семян	2	93	11,7	8,0	86	1,72
		3	93	12,8	8,3	86	1,71
НСР ⁰⁵							0,11
Труженик	Контроль	-	80	11,0	6,7	73	1,74
	ЭМП, обработка семян	2	84	12,8	8,2	77	1,86
		3	84	12,7	8,4	77	1,86
НСР ⁰⁵							0,09

Наиболее оптимальное время обработки семян гороха низкочастотным электромагнитным полем – 2 часа. При дальнейшем омагничивании семян до 3 часов повышение всхожести у обработанных семян не отмечено. Количество сохранившихся растений к уборке урожая было больше от 5,7 до 7,7%. Всходы обработанных семян гороха появились на 2-3 дня раньше, по сравнению с контрольными. Средняя прибавка урожайности гороха сорта Норд от обработки семян ЭМП в течение 2 и 3 часов составила 0,11-0,12 т/га (18,3-20,6%), сорта Труженик – 0,12 т/га (16,2%).

Исследования по электромагнитной обработке семян гороха показали, что на позитивный процесс влияют: время обработки семенного материала; режим работы генератора; расположение антенного контура по отношению к магнитному полю Земли.

Схемы расположения антенного контура на семенном материале приведены на рисунках 1, 2. При расположении бурта с семенами (Юг-Север), проводники располагаются в направлении (Запад-Восток), при этом они могут образовывать угол до 90°. При расположении бурта по длине в направлении Запад-Восток, допускается отклонение расположения проводников от линии Запад-Восток под углом $\pm 45^\circ$, что проверяется компасом.

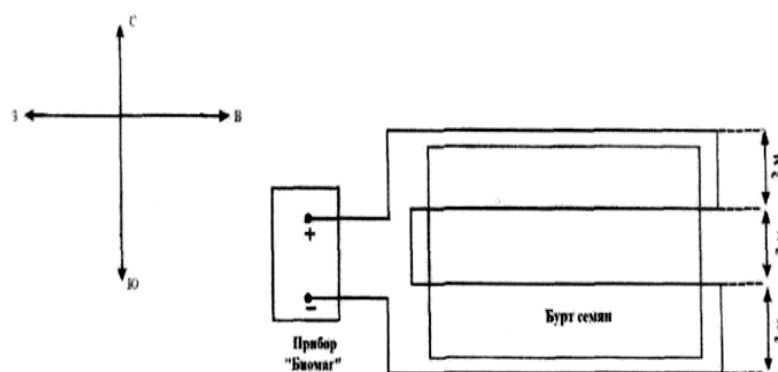


Рис. 1. Схема наложения антенного контура на семенной материал при ширине бурта до 6 м

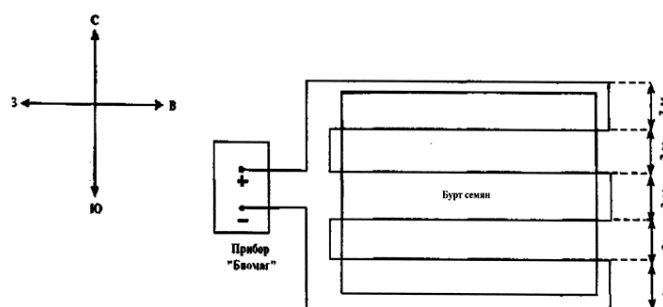


Рис.2. Схема наложения антенного контура на семенной материал при ширине бурта до 8-9 м

Для повышения эффективности электромагнитной стимуляции семян гороха Орлус проведены исследования по изучению совместного применения электромагнитного поля прибора «Биомаг» и препарата Дарина. Установлено, что обработанные семена электромагнитным полем (ЭМП) и препаратом Дарина повышают энергию прорастания лабораторную и полевую всхожесть, к контролю на 4-6%, длину проростков – на 16-26% (табл. 2).

Таблица 2

Влияние совместного применения электромагнитного поля и препарата Дарина на посевные качества семян гороха сорта Орлус, среднее за 2010-2012 гг.

Варианты опыта	Энергия прорастания семян, %	Лабораторная всхожесть семян, %	Длина проростков на 8-е сутки проращивания, см	
			корешков	ростков
Контроль – семена без обработки	84	85	13,8	7,4
Семена, обработанные ЭМП	89	89	14,6	8,9
Семена, обработанные ЭМП +препарат Дарина – 100 мл/т	90	91	14,8	9,2

С увеличением длины проростков отмечено повышение их массы на 27,0-33,5% к контролю. Обработка семян одним электромагнитным полем в меньшей степени влияет на повышение посевных качества семян. Совместное применение на семенах гороха электромагнитного поля и препарата Дарина увеличивает урожайность гороха к контролю на 0,29 т/га (12,9%) (рис. 3).

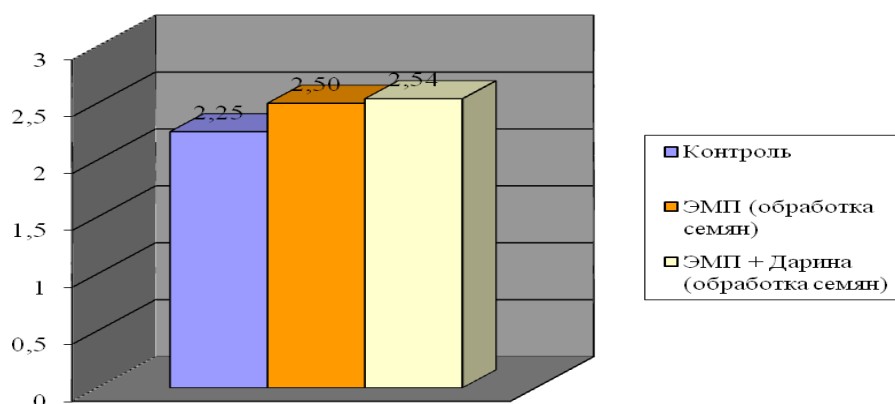


Рис. 3. Урожайность гороха Орлус от семян, обработанных электромагнитным полем и препаратом Дарина, т/га. НСР₀₅ – 0,10 т/га

Анализ растений гороха по элементам структуры урожая показал увеличение количества бобов семян и массы семян с растения на 5,1-11,8%. Масса 1000 семян в варианте опыта ЭМП + Дарина была выше контрольных на 3,2 г. или 1,9%.

Совместное применение низкочастотного ЭМП прибора «Биомаг» и препаратов Гумата Калия, Рибав-Экстра также оказало положительное влияние на посевные качества семян гороха сортов Орлус и Труженик. В среднем за 2010-2012 гг. длина корешков и ростков проростков (на 8-е сутки проращивания) была выше контрольных на 16,2-18,0% Энергия прорастания и лабораторная всхожесть превышали эти показатели в контроле на 3-4% (табл. 3).

Таблица 3

Влияние совместного применения электромагнитного поля и препаратов Гумата Калия, Рибав-Экстра на энергию прорастания, лабораторную всхожесть и длину проростков семян гороха, среднее за 2010-2012 гг.

Варианты опыта	Энергия прорастания семян, %	Лабораторная всхожесть семян, %	Длина проростков на 8-ые сутки проращивания, см	
			корешков	ростков
Сорт Орлус				
Контроль	91	93	11,1	5,4
Семена, обработанные ЭМП+Гумат Калия-500 мл/т	94	96	12,9	6,7
Семена, обработанные ЭМП + Рибав-Экстра-2 мл/т	94	97	13,0	6,6
Сорт Труженик				
Контроль	91	92	11,1	5,8
Семена, обработанные ЭМП + Гумат Калия-500 мл/т	94	96	13,0	7,0
Семена, обработанные ЭМП + Рибав-Экстра-2 мл/т	95	96	13,1	6,9
НСР ₀₅			1,2	0,8

С увеличением длины проростков отмечено повышение массы корешков на 25,7%, ростков – 16,2%. Полевая всхожесть обработанных семян гороха Орлус электромагнитным полем и Гуматом Калия превышала контроль на 6%. Прибавка в урожайности составила 0,17 т/га. (7,4%). Совместное применение ЭМП и препарата Рибав-Экстра повышает полевую всхожесть семян к контролю на 8%, урожайность гороха – на 0,31т/га или 13,4% (рис. 4, 5).

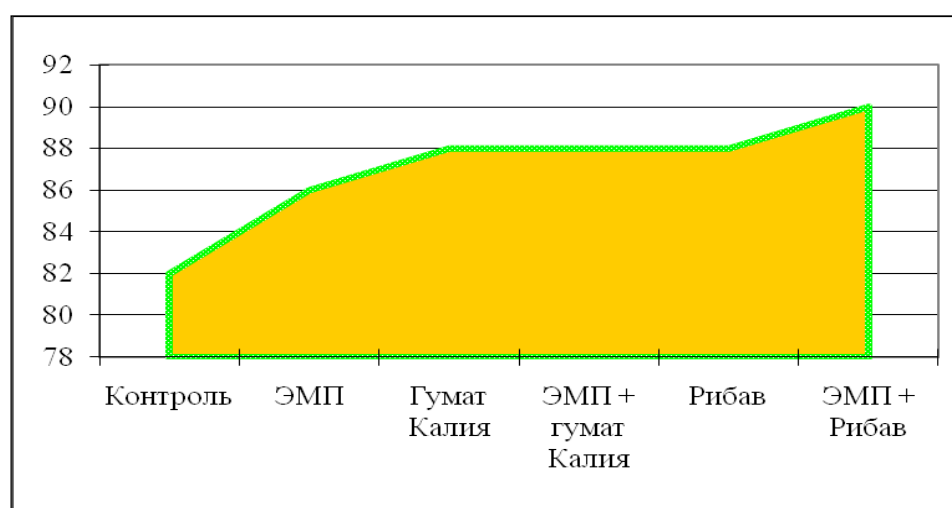


Рис. 4. Влияние совместного применения ЭМП и препаратов Гумата Калия, Рибав-Экстра на полевую всхожесть семян гороха Орлус, %

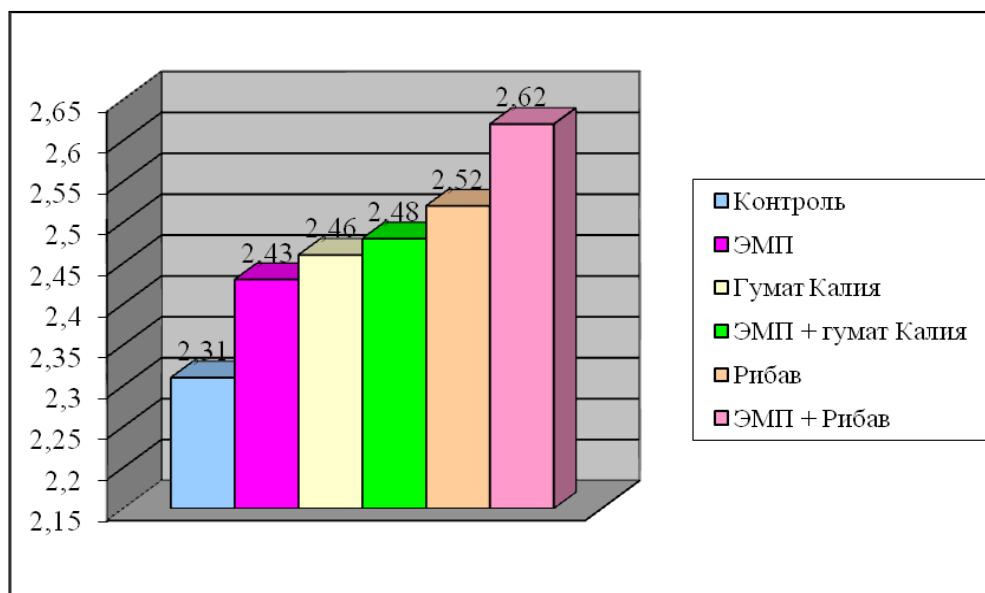


Рис. 5. Влияние совместного применения ЭМП и препаратов Гумата Калия, Рибав-Экстра на урожайность гороха сорта Орлус, т/га. НСР₀₅, 12 т/га

Обработанные семена гороха Орлус электромагнитным полем прибора «Биомаг» с последующим инкрустированием Гуматом Калия и препаратом Рибав-Экстра увеличивают количество бобов и семян с одного растения на 11,4-15,1% к контролю, Масса семян с растения в вариантах опыта (ЭМП+Гумат Калия и ЭМП+Рибав-Экстра) была выше контроля на 0,3-0,6 г. или 8,9-18,5%, а масса 1000 семян – на 1,8-2,7%.

Закключение

Обработка семян электромагнитным полем и препаратами Дарина, Гумат Калия, Рибав-Экстра положительно влияет на улучшение посевных качеств семян, урожайность и элементы продуктивности растений гороха.

Совместная предпосевная обработка семян гороха сортов: Норд, Орлус, Труженик низкочастотным электромагнитным полем прибора «Биомаг» и препаратами Дарина, Гумат Калия, Рибав-Экстра положительно влияет на рост и развитие проростков, повышает энергию прорастания семян на 3-4%, их лабораторную всхожесть к контролю на 6-8%. Урожайность гороха от обработки семян электромагнитным полем и препаратами превышала контроль на 0,17-0,31 т/га или 7,4-13,4%.

Наиболее оптимальное время обработки семян гороха электромагнитным полем – 2 часа. При дальнейшем применении электромагнитного поля на семенах до 3 часов существенного повышения их посевных качеств не отмечено.

Литература

- ГОСТ Р. 52325-2005. Семена сельскохозяйственных растений. Сортовые и посевные качества. Общие технические условия. Изд-во. Москва. Стандартинформ. - 2005. – С. 1-19.
- Ерохин А.И. Применение электромагнитных полей для предпосевной обработки семян //Земледелие. - 2012. - № 5. – С. 46-48.
- Ерохин А.И., Цуканова З.Р. Физические методы предпосевной обработки семян и эффективность их использования. //Зернобобовые и крупяные культуры. - № 3 (11). - 2014. – С. 84-88.
- Андреевский В.М., Барцев Н.Ю., Высоцкая М.Н. Перспективы использования физических факторов в сельском хозяйстве. // Сб. статей под редакцией Н.В. Войтовича. – М. - 1995. – С. 81-88.
- Тютюрев С.А. Роль и место физических методов обеззараживания семян. // Защита растений. - № 2. - 2001. – С. 15-17.
- Путинцев А.Ф., Ерохин А.И. Эффективность предпосевной обработки семян гороха изменяющимся во времени магнитным полем. // Вопросы физиологии, селекции и технологии возделывания сельскохозяйственных культур. - Орёл, - 2001. – С. 215-218.
- Ерохин А.И., Зотиков В.И. Улучшение посевных качеств семян и повышение продуктивности сельскохозяйственных культур на основе применения гуминовых препаратов и защитно-стимулирующих составов: рекомендации, Орёл, Изд-во ФГБНУ ВНИИЗБК, - 2015. – 48 с.

8. Рибав Экстра (для растений) //URL: <http://ribav.ru/ribav> / (Дата обращения 5.04.2022)
9. Путинцев А.Ф., Платонова Н.А., Ерохин А.И., Кирсанова Е.В., Цуканова З.Р., Борзёнова Г.А., Офицерова О.А., Кузьмин В.М. Технология предпосевной обработки семян и посевов зерновых, зернобобовых, и крупяных культур биологически активными препаратами (методические рекомендации). Орёл. Изд.-во: ООО ПФ «Картуш». - 2005. – 17 с.

References

1. GOST R. 52325-2005. Semena sel'skokhozyaistvennykh rastenii. Sortovye i posevnye kachestva. Obshchie tekhnicheskie usloviya [Seeds of agricultural plants. Varietal and sowing qualities. General specifications]. Moscow. Standartinform Publ., 2005, pp. 1-19. (In Russian)
2. Erokhin A.I. Primenenie elektromagnitnykh polei dlya predposevnoi obrabotki semyan [The use of electromagnetic fields for pre-sowing seed treatment] Zemledelie. 2012, no. 5, pp.46-48. (In Russian)
3. Erokhin A.I., Tsukanova Z.R. Fizicheskie metody predposevnoi obrabotki semyan i effektivnost' ikh ispol'zovaniya [Physical methods of presowing seed treatment and the effectiveness of their use]. Zernobobovye i krupyanye kul'tury, no. 3 (11), 2014, pp. 84-88. (In Russian)
4. Andreevskii V.M., Bartsev N.Yu., Vysotskaya M.N. Perspektivy ispol'zovaniya fizicheskikh faktorov v sel'skom khozyaistve [Prospects for the use of physical factors in agriculture]. Sb. statei pod redaktsiei N.V. Voitovicha [Collection of articles edited by N.V. Voitovich]. Moscow, 1995, pp. 81-88. (In Russian)
5. Tyuterev S.A. Rol' i mesto fizicheskikh metodov obezzarazhivaniya semyan [The role and place of physical methods of seed disinfection]. Zashchita rastenii. no. 2, 2001.- S. 15-17. (In Russian)
6. Putintsev A.F., Erokhin A.I. Effektivnost' predposevnoi obrabotki semyan gorokha izmenyayushchimsya vo vremeni magnitnym polem [Efficiency of presowing treatment of pea seeds with a time-varying magnetic field]. Voprosy fiziologii, selektsii i tekhnologii vozdel'yvaniya sel'skokhozyaistvennykh kul'tur. Orel, 2001, pp. 215 - 218. (In Russian)
7. Erokhin A.I., Zotikov V.I. Uluchshenie posevnykh kachestv semyan i povyshenie produktivnosti sel'skokhozyaistvennykh kul'tur na osnove primeneniya guminovykh preparatov i zashchitno-stimuliruyushchikh sostavov: rekomendatsii [Improving the sowing qualities of seeds and increasing the productivity of crops based on the use of humic preparations and protective-stimulating compounds: recommendations], Orel, FGBNU VNIIZBK Publ., 2015, 48 p. (In Russian)
8. Ribav Ekstra (for plants) //URL: <http://ribav.ru/ribav> (Accessed 05.04.2022)
9. Putintsev A.F., Platonova N.A., Erokhin A.I., Kirsanova E.V., Tsukanova Z.R., Borzenkova G.A., Ofitserova O.A., Kuz'min V.M. Tekhnologiya predposevnoi obrabotki semyan i posevov zernovykh, zernobobovykh, i krupyanykh kul'tur biologicheski aktivnymi preparatami (metodicheskie rekomendatsii) [Technology of pre-sowing treatment of seeds and crops of cereals, legumes, and groat crops with biologically active preparations (guidelines)]. Orel, ООО ПФ «Картуш» Publ., 2005, 17 p. (In Russian)

ФОРМИРОВАНИЕ АКТИВНОЙ КОЛЛЕКЦИИ НУТА (*CICER L.*) ДЛЯ СЕЛЕКЦИИ НА АДАПТИВНОСТЬ И УСТОЙЧИВОСТЬ В УСЛОВИЯХ ЮГО-ВОСТОКА КАЗАХСТАНА

Р.Ж. ТАСКИНБАЕВА, кандидат биологических наук, ORCID ID: 0000-0003-3850-5795

М.А. ЕСИМБЕКОВА, доктор биологических наук, ORCID ID: 0000-0002-9675-8822

А.А. ЫДЫРЫС, ORCID ID: 0000-0002-1329-5835

К.Ж. БАЙТАРАКОВА, ORCID ID: 0000-0002-0515-7029

ТОО «КАЗАХСКИЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ ЗЕМЛЕДЕЛИЯ И РАСТЕНИЕВОДСТВА», АЛМАТЫ, РЕСПУБЛИКА КАЗАХСТАН

E-mail: raushantaskin@mail.ru

*Нут – самая жаро-засухоустойчивая и холодостойкая зернобобовая культура, с высоким содержанием белка в семенах, неприхотливая, с высокой урожайностью. Единственный недостаток этой культуры это восприимчивость к аскохитозу, влияющая на урожайность и соответственно на расширение его ареала. В этой связи, изучение и оценка мировой коллекции нута по признакам продуктивности и устойчивости к болезням в качестве исходного материала является актуальной. В статье представлены результаты 5-и летнего изучения сортообразцов нута коллекции международного центра ИКАРДА и НЦГРР ТАСХН Таджикистана на адаптивность в условиях юго-востока Казахстана. Выделены источники продуктивности и устойчивости к *Ascochyta rabiel* Pass. для селекции нута в условиях юго-востока Казахстана.*

Ключевые слова: нут, вегетационный период, скороспелость, устойчивость, аскохитоз.

Для цитирования: Таскинбаева Р.Ж., Есимбекова М.А., Ыдырыс А.А., Байтаракова К.Ж. Формирование активной коллекции нута (*Cicer L.*) для селекции на адаптивность и устойчивость в условиях Юго-Востока Казахстана. *Зернобобовые и крупяные культуры*. 2022; 2(42):74-81. DOI: 10.24412/2309-348X-2022-2-74-81

FORMATION OF AN ACTIVE COLLECTION OF CHICKEA (*CICER L.*) FOR ADAPTABILITY AND TOLERANCE BREEDING IN THE CONDITIONS OF THE SOUTH-EAST OF KAZAKHSTAN

R.Zh. Taskinbayeva, M.A. Esymbekova, A.A. Ydyrys, K.Zh. Baitarakova

raushantaskin@mail.ru

LLP «KAZAKH RESEARCH INSTITUTE OF AGRICULTURE AND PLANT GROWING»,
ALMATY, REPUBLIC OF KAZAKHSTAN

Abstract: Chickpea is the most heat-drought-resistant and cold-resistant leguminous crop, with a high protein content in seeds, unpretentious, with high yield. The only drawback of this crop is its susceptibility to ascochitosis, which affects the yield and, accordingly, the expansion of its range. In this regard, the study and evaluation of the world collection of chickpeas on the basis of productivity and resistance to fungal diseases as a source material is relevant. The article presents the results of a 5-year study of chickpea variety samples from the collection of the international center ICARDA and the National Center for Agricultural Research of Tajikistan for adaptability in the conditions of the South-East of Kazakhstan. The sources of productivity and resistance to

Ascochyta rabiel Pass. have been identified for chickpea breeding in the conditions of the South-East of Kazakhstan.

Keywords: chickpea, growing season, early maturity, resistance, ascochitosis.

Введение

Интерес к нуту в Казахстане увеличивается в последние годы из-за его диверсификации и доходности посевов, улучшения состояния почв, а также выгодного возделывания его в экономическом отношении. В Госреестр сортов, допущенных в производство РК, включено 13 сортов нута, 10 из них отечественной селекции, которые в неблагоприятные годы поражаются болезнями, что соответственно приводит к снижению их урожайности. При растущем к культуре интересе со стороны товаропроизводителей, появляется необходимость создания сортов нута устойчивых к распространенным болезням. Наиболее вредоносной болезнью нута в условиях юго – востока Казахстана является аскохитоз *Ascochyta rabiel* Pass., который поражает листья, стебель, бобы и семена, при сильной инфекции почти полностью погибает урожай, особенно в увлажненные годы. Восприимчивость к аскохитозу современных сортов местной селекции, является главным барьером в расширении ареала возделывания этой культуры в республике [1]. В связи с этим возрастает роль изучения мировой коллекции как исходного материала для селекции.

Мировые ресурсы нута, сосредоточенные в коллекциях крупнейших мировых генетических банков растений, являются материальной базой для создания новых сортов, отвечающих запросам современной селекции: ICRISAT, Индия (17258 образцов из 43 стран – 17123 отнесены к культурному виду (*C. arietinum*), 135 образцов – представители 18 диких видов рода *Cicer* L. [2]; ICARDA, Сирия (коллекция нута насчитывает 12448 образцов культурного вида и 10 диких видов рода *Cicer* – 268 образцов из 60 стран мира); SPII, Иран (4925 образцов); USDA, WRPIS, США (4662 обр.); CLIMA, Australia (4351 обр.); NBPGR, Индия (3830 обр.) [3].

Проведены многолетние изучения образцов нута по морфологическим, агрономическим и биологическим признакам, в том числе по устойчивости к основным заболеваниям, и выделены источники ценных хозяйственно-полезных признаков [4]. Ученые полагают, что селекция нута должна быть направлена на создание сортов с высокоэффективной расоспецифической устойчивостью. ICARDA реализовал 53 сорта нута в 15 странах Средиземноморья с комбинированной устойчивостью к аскохитозу и холоду. Почти все устойчивые линии происходят из Афганистана, Ирана, Турции и стран СНГ. Следует отметить, что гриб *Ascochyta rabiel* Pass имеет сильную генетическую вариабильность – к настоящему времени идентифицировано 13 рас патогена. Вариация устойчивости генотипов нута изучалась в Пакистане [5, 6], Индии [7], Турции [8], Иране [9], Австралии. Австралийскими учеными при изучении устойчивости к аскохитозу 114 образцов культурного и дикого видов нута, получены устойчивые образцы [10]. Китайскими учеными Gansu Agricultural University из 60 образцов нута Австралийского университета выделены 9 новых устойчивых сортов. В Кенийском университете на инфекционном фоне в результате испытаний селекционерам были предложены ряд устойчивых образцов. Для борьбы с аскохитозом нута предложена специальная модель посева, оптимальная величина междурядий и оптимальная норма высева, идентификация оптимальной популяции, использование салициловой кислоты и фунгицидов.

До настоящего времени устойчивость сортов нута к аскохитозу – экономическая и экологическая задача перед учеными всего мира. Целевое применение химических средств защиты растений, которое является еще и затратной, лишь временно улучшает ситуацию, в целом же ведет к осложнению экологической обстановки. Поэтому экологизация защиты, за счет возделывания резистентных и толерантных сортов и использования методов создания устойчивого исходного материала, является доминирующим направлением селекции культуры. Изучение и использование генетических ресурсов для создания устойчивых

сортов, адаптированных к специфическим условиям агроэкосистем, имеет важное значение для устойчивого производства нута и обеспечения населения продовольствием.

Цель исследований – провести скрининг коллекционных образцов нута для идентификации продуктивных и устойчивых к *Ascochyta rabiel* Pass. форм, выделить источники продуктивности и устойчивости.

Материалы и методика

Исследования по изучению образцов нута проведены в предгорной зоне юго-востока Казахстана на стационарном участке отдела генофонда ТОО «Казахского научно-исследовательского института земледелия и растениеводства». По данным метеорологической станции ТОО «КазНИИЗиР» метеоусловия с 2015-2020 гг. сложились удовлетворительно для вегетации сельскохозяйственных культур. Предпосевная подготовка почвы в годы изучения коллекции была общая для всех зернобобовых – вспашка, боронование, предпосевная культивация.

Материалом для исследований служили 837 образцов культурного вида нута *Cicer arietinum* L. 21 Международного питомника ИКАРДА – CICTN (холодостойкие – 110 обр.); CIEN-W (озимые – 77 обр.); CIEN-S (яровые – 180 обр.); CIABN, CIFWN (устойчивые к аскохитозу и фузариозу – 228 обр.); CIDTN (засухоустойчивые – 134 обр.); CIEN-LS (крупносемянные – 72 обр.); CATN (адаптивные – 36 обр.) и стародавние сорта Таджикской селекции – 8 образцов.

Посев коллекционных образцов нута был проведен в апреле, в 2-х повторностях по методике ИКАРДА (длина ряда 2 метра, ширина междурядья 45 см, глубина заделки семян 4-5 см., каждый 3 номер – стандарт). В качестве стандартов были: районированный сорт местной селекции нута – Камила (Kabuli тип) и предложенные Международными питомниками номера – ILC263, ILC533 (Desi тип).

Изучение проведено в соответствии с Классификатором рода *Cicer* L. и Методическими указаниями «Коллекция мировых генетических ресурсов зерновых бобовых культур ВИР: пополнение, сохранение и изучение» (Вишнякова и др., 2010) «Методические указания по изучению устойчивости зерновых бобовых культур к болезням» (Голубев А.А, Никитина К.В., 1976).

Результаты и обсуждения

Изучение вегетационного периода (ВП) коллекционных образцов нута озимых форм показало, что продолжительность ВП была на уровне местного стандарта Камилла – 198-201 дней. Вегетационный период образцов ярового типа был в пределах 90-113 дней (стандарт Камилла – 109 дней). В зависимости от питомника и типа развития по скороспелости выделено 207 образцов, в том числе 31 образец озимого и 176 – ярового нута (табл. 1).

Таблица 1

Количество скороспелых образцов нута в разрезе питомников и типов развития

Название питомника	Количество образцов	Название питомника	Количество образцов	Название питомника	Количество образцов
Озимый нут (ВП – 198-201 дн.)					
CICTN-14	6	CICTN-17	17	CIEN-W 16	0
CICTN-16	3	CIEN-W 14	5	CIEN-W 17	0
Итого	9		22		
Стандарт ILC533 – 201 день					
Яровой нут (ВП – 90-113 дней)					
CIEN- S 14	10	CIABN 17	7	CIEN – LS17	0
CIEN- S16	7	CIFWN-16	8	CIABN- 14	4
CIEN- S17	16	CIFWN-17	14	CIABN 16	4
CIEN-E 16	0	CIDTN-14	5	CAT 17	32
CIEN-E 17	0	CIDTN-16	27	Итого	40
CIEN – LS16	2	CIDTN- 17	38		
Итого	35		99	Таджикские Местные сорта	2
Камилла – 109 дней					

Кроме общей продолжительности вегетационного периода существенное значение в формировании урожайности нута и оценки устойчивости к болезням. Как показали проведенные исследования, имеет соотношение длины межфазных периодов: всходы-цветение и цветение-созревание. 81 образец нута выделены по скорости развития в период всходы-цветение (32-35 дней), 79 образцов прошли период всходы-цветение на уровне стандарта (ST Камилла 39-45 дней), по длине периода цветение-созревание 140 образцов нута находились на уровне стандарта (ST Камилла 46-55 дней), у 15 образцов этот период был более коротким на 5-6 дней (40 дней). В таблице 2 приведен размах изменчивости признаков продуктивности скороспелых образцов нута в разрезе питомников.

Таблица 2

**Размах изменчивости признаков продуктивности скороспелых образцов нута
в разрезе питомников**

Питомник	Количество семян с растения, шт	Масса семян с растения, г	Размах изменчивости признака масса 1000 семян, г
Озимый нут			
CICTN-14	23-143	8,3-61,2	140-468
CICTN-16	28-130	11,7-65,1	238-506
CICTN-17	13-121	5,2-58,1	270-401
CIEN-W 14	35,3-115	18-44,3	145-460
CIEN-W 16	33-106,3	9,11-60,1	189-395
CIEN-W 17	19-82	17,3-51,4	230-440
ILC533	35	17,2	142
Яровой нут			
CIEN- S 14	23-125	8,3-61,2	175-295
CIEN- S16	20,3-112	11,7-65,1	130-340
CIEN- S17	19-97	5,2-58,1	289-385
CIEN-E 16	27,3-78	22,5-54,3	230-440
CIEN-E 17	27-76,3	10,11-50,1	189-395
CIEN – LS16	20-90	27,3-51,4	330-520
CIABN- 14	25,4-70,6	8,4-28,7	132-446
CIABN 16	21,4-65	9,3 -23,2	230 – 502
CIABN 17	26-113	18,3-51,2	140-468
CIFWN-16	40,3-119	19,7-55,1	238-506
CIFWN-17	30-93	7,2-58,1	270-401
CIDTN-14	22-116	21-44,3	145-460
CIDTN-16	33,6-138	9,11-60,1	189-395
CIDTN- 17	34-93	17,3-51,4	230-440
CIEN – LS17	22-116	20,8-64,3	340-538
CAT 17	33,6-138	12,11-60,1	238-506
Таджикские Местные сорта	34-93	9,3-31,4	170-301
St Камилла	61,0	23,2	284

Изучаемые годы были разнообразны по количеству осадков. В годы с высокой влажностью (2015, 2016 гг.) отмечены задержка цветения зернобобовых культур и развитие грибковых болезней. В естественных условиях на стационаре института была проведена оценка степени проявления основных грибковых заболеваний зернобобовых: устойчивость к аскохитозу и фузариозному увяданию. Оценка проведена по 100% шкале в два срока: первый – до и во время цветения, второй по окончании цветения и полного бобообразования. Результаты многолетней оценки показали, что 274 образца нута из 837 изученных

поразились аскохитозом во втором сроке оценки по окончании цветения. Степень поражения заболеванием составляла от 5-100 баллов, в то время когда международные восприимчивые стандарты к аскохитозу – ILC 263 и ILC 533 были поражены полностью 50-100% растений (рис. 1, табл. 3).



а



б

Рис. 1. а – общий вид растения нута с больными бобами; б – семена нута устойчивого и пораженного грибными болезнями

Таблица 3

Оценка устойчивости образцов нута к аскохитозу в разрезе питомников, фаз и типов развития

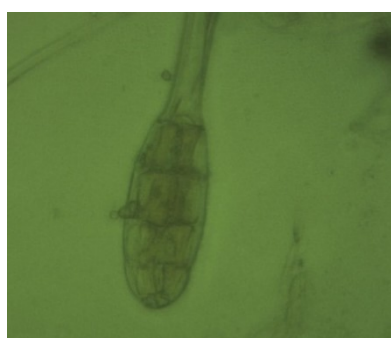
Название питомника	Во время цветения		После окончания полного бобообразования	
	% поражения	Кол-во образцов пораженных аскохитозом, шт.	% поражения	Отношение кол-ва обр. пораженных аскохитозом к кол-ву проанализированных, %
Озимый нут				
CICTN-14	10-50	3	10-100	12/33 (36%)
CICTN-16	0	0	5-20	6/36 (16%)
CICTN-17	10	1	10-100	6/41 (14%)
CIEN-W 14	5	3	10-20	5/17 (29%)
CIEN-W 16	0	0	5-100	15/24 (62%)
CIEN-W 17	0	0	5-100	22/36 (61%)
Итого		7		66/187 (35%)
Яровой нут				
CIEN- S-14	0-100	14	10-100	35/36 (97%)
CIEN- S-16	5-50	7	5-100	25/36 (69%)
CIEN- S-17	10	1	10-100	9/36 (25%)
CIEN-E-16	10	1	10-100	16/36 (44%)
CIEN-E-17	0	1	100	1/36 (2%)
CIEN – LS16	5	2	5-100	5/36 (13%)
CIEN – LS17	0	0	100	3/36 (8%)
CIABN- 14	10	1	10-100	7/42 (16%)
CIABN 16	0	0	100	2/51 (3%)
CIABN 17	5-10	2	5-100	4/42 (9%)
CIFWN-16	10-30	5	100	22/52 (42%)
CIFWN-17	0	0	100	4/41 (9%)
CIDTN-14	10-50	5	30-100	30/40 (7%)
CIDTN-16	5-80	18	100	28/52 (53%)
CIDTN- 17	10	1	100	10/42 (23%)
CAT 17	0	0	100	2/36 (5%)
Итого		57	Итого	233/650 (35%)

Для выявления и идентификации возбудителей болезней образцов нута, поражение которых длилось от времени цветения до полного угнетения растений был проведен фитопатологический анализ 10 растительных образцов нута (4 образца озимого и 6 – ярового). Проанализированные образцы были поражены возбудителями различных грибных болезней, особое место занимают фузариозное увядание, аскохитоз листьев и корневая гниль (табл. 4).

Таблица 4

Результаты фитопатологического анализа растительных образцов нута, 2017 г.

Происхождение/питомник	Поражаемость болезнями		
	Аскохитоз (<i>Ascochyta spp.</i>)	Фузариозное увядание (<i>Fusarium spp.</i>)	Корневая гниль (<i>Rhizoctoniasolani</i>)
Озимый нут			
FLIP09-132C	+	+	+
FLIP07-86C	+	+	+
FLIP08-94C	+	+	+
FLIP10-243C	+	+	+
ILC533 (ST)	+	-	-
Яровой нут			
FLIP08-83C	-	+++	-
FLIP09-186C	+	+	+
FLIP10-55C	+	+	-
FLIP10-4C	+	+	+
FLIP10-47C	+	+	-
FLIP82-150C	+	+	+
ILC263 (ST)	+++	++	+



Pleospora herbarum

Пятнистость листьев плеоспороза



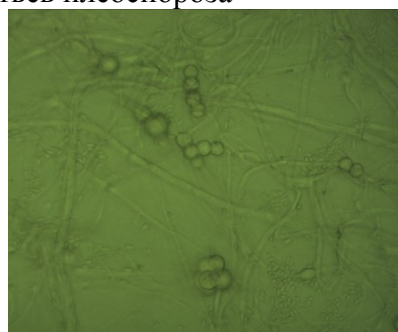
Ascochyta spp.

Возбудители аскохитоза нута



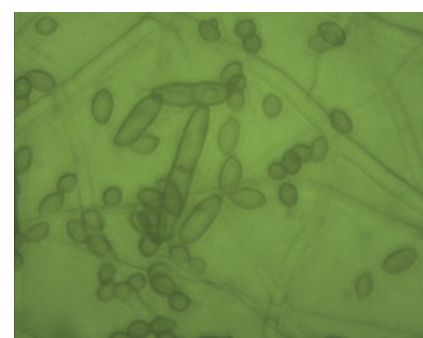
Alternaria spp.

Конидии альтернариоза нута



Fusarium spp.

Микроконидии и хламидоспоры фузариоза нута



Aspergillus spp.

Возбудители плесневения семян (семенная гниль)

Рис. 2. Виды выявленных возбудителей болезней

При микроскопировании кроме возбудителей вышеуказанных грибов также обнаружены грибы *Alternaria spp.*, *Pleospora herbarum* и *Aspergillus spp.* (рис. 2).

Согласно исследованиям Чекалина Н.М. (2003) доноры устойчивости к аскохитозу с идентифицированными генами устойчивости у культурного нута не обнаружены. Устойчивость к агрессивным изолятам *A. rabiei* найдена, главным образом, в образцах диких видов *C. judaicum* и *C. bijugum*. Род *Cicer* включает 8 однолетних и 16 многолетних диких видов. Дикie виды нута представляют новый источник генов устойчивости к большинству биотических и абиотических стрессов. К сожалению, главным барьером для использования генов устойчивости диких видов является их несовместимость с культурным видом *C. arietinum*. Однако, учеными были успешно получены фертильные гибриды между *C. ar.* × *C. reticulatum* и *C. ar.* × *C. echinospermum*. По сведениям Mosconi et al. 12 образцов *C. Judaicum*, 5 образцов *C. pinnatifidum* и 2 образца *C. bijugum* показали высокую устойчивость к итальянским вирулентным изолятам аскохитоза, но их гибридизация с *C. arietinum* была безуспешной.

В 1997 г. в ICARDA на базе коллекции диких видов исследована устойчивость различных образцов диких видов к биотическим и абиотическим факторам среды [11]. Было изучено 228 образцов 8 однолетних диких рода *Cicer*: *C. Bijugum* K. H. Rech.; *C. Chorassanicum* (Bge) M. Pop.; *C. cuneatum* Hochst. ex Rich; *C. echinospermum* P. H. Davis; *C. judaicum* Boiss.; *C. pinnatifidum* Jaub. & Sp.; *C. reticulatum* Lad. и *C. yamashitae* Kitamura, собранных в разных регионах мира. Два вида, *C. reticulatum* и *C. echinospermum*, – ближайшие родственники культурного вида. *C. arietinum*, являются эндемиками восточной Турции и северного Ирака. Остальные шесть видов имеют ареал произрастания от Марокко до Пакистана и от Турции до Эфиопии. Среди изученных образцов диких видов обнаружены образцы, устойчивые к трем и более стрессам. Только среди образцов диких видов выделены источники устойчивости к зерновке и цистообразующей нематодe. Наибольшее количество источников устойчивости и высокий уровень устойчивости к стрессам обнаружены среди *C. bijugum*, за ним следуют виды *C. judaicum*, *C. reticulatum* и *C. pinnatifidum*. Следует отметить, что в настоящее время интерес для селекции представляют образцы нута видов *C. reticulatum* и *C. Echinospermum*, поскольку это виды, от которых есть возможность получить гибриды при скрещивании с культурным нутом *C. Arietinum* [4, 12].

С целью поиска источников устойчивости к болезням, в изучения были включены 8 стародавних сортообразцов нута, полученных из НИЦ ГРП ТАСХН (генбанк Таджикистана). За годы изучения 5 образцов из 8 показали стабильную устойчивость к болезням нута: Шурабадский, Согдийский, Исфаринский, Сино, Хисори 32.

Заключение

В результате изучения были выделены источники ценных селекционных признаков: 176 образцов, которые созревали раньше, чем стандартный сорт на 10 дней; 80 образцов показывали устойчивость к аскохитозу во все изучаемые годы; 112 образцов по комплексу признаков продуктивности, у которых масса 1000 семян составляла 401-560 г, количество семян с растения 112-143 шт. и масса семян с растения 45-60,2 г. Выявленные источники хозяйственно ценных признаков и свойств являются перспективным исходным материалом для практической селекции нута и планируются для включения их в селекционные программы с целью создания новых сортов для условий юго-востока Казахстана.

Работа проводится в рамках Программно-целевого финансирования МСХ РК по бюджетной программе 267, BR10765017 «Изучение и обеспечение хранения, пополнения, воспроизводства и эффективного использования генетических ресурсов сельскохозяйственных растений для обеспечения селекционного процесса».

Литература

1. Байтаракова К.Ж., Кудайбергенов М.С. Нут – стратегическая культура для Казахстана // «Селекция и генетика бобовых культур: современные аспекты и перспективы»: Межд. научн. конф. Одесса, - 2014. – С. 23-25

2. Maesen L.J. G. van der. *Cicer L.* A monograph of genus, with special reference to the chickpea (*Cicer arietinum L.*), its ecology and cultivation //Mededelingen Landbou whoge school. Wageningen: - 1972. – P. 10-72.
3. Singh K. B., Holly L., Bejiga G. A catalog of kabuli chickpea germplasm //ICARDA, -Aleppo, Syria. - 1991. - 398 p.
4. Чекалин Н.М. Генетические основы селекции зернобобовых культур на устойчивость к патогенам. Полтава. Вид. Интерграфіка, - 2003
5. Alam S.S., Hassan M., Haq M.A., Shah T.M., Atta B.M., Syed H. (2003) Screening for Ascochyta blight resistance in chickpea (*Cicer arietinum L.*) //Mycopath 1. – P. 129-130
6. Iqbal S.M., Abdul G. (2005) Identification of blight resistant genotypes from local and exotic chickpea genetic resources //Pak J. Bot. 37. – P.79-86
7. Dubey S.C., Birendra S. Evaluation of chickpea genotypes against Ascochyta blight //Indian Phytopathol 56. - 2003. – 505 p.
8. Cagirgan M.I., Toker C. Selection of chickpea mutants for cold tolerance and Ascochyta blight resistance //Int. Chickpea Pigeonpea Newslett 11. - 2004. – P. 14-16
9. Mahmoudi A., Bagheri A., Mahdikhani E. Response of chickpea (*Cicer arietinum L.*) cultivars to Ascochyta blight at Mashhad //Agric. Sci.Technol 16. - 2002. – P. 83-90
10. Bretag T. Fungi isolated from chickpea grown in experimental plots in Northwest Victoria. Int Chickpea Newslett – 1982.
11. Upadhyaya H.D., Ortiz R., Bramel P. J., Sube Singh. Phenotypic diversity for morphological and agronomic characteristics in chickpea core collection //Euphytica - V.123. - 2002. – P. 333-342
12. Singh K.B., Ocampo B. Interspecific hybridisation in annual *Cicer* species //Journal of Genetics and Breeding 47. – 1993. – P. 199-204

References

1. Baitarakova K. Zh., Kudaibergenov M.S. Chickpea – strategic culture for Kazakhstan [Nut - strategicheskaya kul'tura dlya Kazakhstana]. «Breeding and Genetics of leguminous culture: modern problems and perspectives»: Intern. Scient. conf., Odessa, 2014, pp.23-25. (In Russian)
2. Maesen L. J. G. van der. *Cicer L.* A monograph of genus, with special reference to the chickpea (*Cicer arietinum L.*), its ecology and cultivation. Mededelingen Landbou whoge school. Wageningen, 1972, pp.10–72.
3. Singh K. B., Holly L., Bejiga G. A catalog of kabuli chickpea germplasm ICARDA, Aleppo, Syria, 1991, 398 p.
4. Chekalin N.M. Geneticheskie osnovy seleksii zernobobovykh kul'tur na ustoichivost' k patogenam [Genetic bases of selection of leguminous crops for resistance to pathogens]. Poltava: VID. Intergraphics, 2003 (In Russian)
5. Alam S.S., Hassan M., Haq M.A., Shah T.M., Atta B.M., Syed H. (2003) Screening for Ascochyta blight resistance in chickpea (*Cicer arietinum L.*) .Mycopath 1, pp.129-130
6. Iqbal S.M., Abdul G. (2005) Identification of blight resistant genotypes from local and exotic chickpea genetic resources .Pak J. Bot. 37, pp.79-86
7. Dubey S.C., Birendra S. Evaluation of chickpea genotypes against Ascochyta blight .Indian Phytopathol 56, 2003, 505 p.
8. Cagirgan M.I., Toker C. Selection of chickpea mutants for cold tolerance and Ascochyta blight resistance .Int. Chickpea Pigeonpea Newslett 11, 2004, pp.14-16
9. Mahmoudi A., Bagheri A., Mahdikhani E. Response of chickpea (*Cicer arietinum L.*) cultivars to Ascochyta blight at Mashhad .Agric. Sci.Technol 16, 2002, pp.83-90
10. Bretag T. Fungi isolated from chickpea grown in experimental plots in Northwest Victoria. Int Chickpea Newslett – 1982.
11. Upadhyaya H.D., Ortiz R., Bramel P. J., Sube Singh. Phenotypic diversity for morphological and agronomic characteristics in chickpea core collection .Euphytica - V.123, 2002, P. 333–342
12. Singh K.B., Ocampo B. Interspecific hybridisation in annual *Cicer* species .Journal of Genetics and Breeding 47, 1993, pp.199-204

ДИНАМИКА ИНТЕНСИВНОСТИ ФОТОСИНТЕЗА У ДЕТЕРМИНАНТНЫХ И ИНДЕТЕРМИНАНТНЫХ СОРТОВ ГРЕЧИХИ

А.В. АМЕЛИН, доктор сельскохозяйственных наук, ORCID ID 0000-0001-9828-2509

***А.Н. ФЕСЕНКО**, доктор биологических наук, ORCID ID 0000-0002-7658-3471

В.В. ЗАЙКИН, кандидат сельскохозяйственных наук, ORCID ID 0000-0003-4633-7349

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

Е.И. ЧЕКАЛИН, кандидат сельскохозяйственных наук, ORCID ID 0000-0001-5897-9352

ФГБОУ ВО «ОРЛОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ИМЕНИ Н.В. ПАРАХИНА»
E-mail: amelin_100@mail.ru

*ФГБНУ ФНЦ ЗЕРНОБОБОВЫХ И КРУПЯНЫХ КУЛЬТУР
E-mail: ivanfesenko@rambler.ru

*Селекция гречихи в России основана на использовании нескольких морфологических мутаций. Сельскохозяйственная практика отдала предпочтение главным образом детерминантным сортам, в основе которых моногенная мутация *d* (*det*), ограничивающая генеративное развитие побегов 3-5 соцветиями. С начала XXI века доля детерминантных сортов в общем объеме посевов гречихи в России возросла с 8,2% до 56,2%, что способствовало увеличению средней урожайности культуры в 1,5 раза. Устойчивое увеличение продуктивности детерминантных сортов в сравнении с традиционными (индетерминантными) предполагает существенные изменения в их физиологии, в том числе в регуляции процессов, связанных с фотосинтезом, а также с дополнительной оптимизацией донорно-акцепторных отношений. Сравнение сортов гречихи с детерминантным и индетерминантным типами роста не выявляет различий по интенсивности фотосинтеза в период до начала цветения. Однако во время налива семян различия между этими группами сортов, как правило, достоверны, и достигают максимума через 3 недели после начала цветения, то есть в период наиболее интенсивного формирования семян. Эти результаты показывают, что детерминантные сорта в среднем формируют более сильный "запрос на ассимилянты" в период массового налива семян по сравнению с индетерминантными сортами.*

Ключевые слова: гречиха, сорт, детерминантность, фотосинтез

Для цитирования: Амелин А.В., Фесенко А.Н., Заикин В.В., Фесенко И.Н., Чекалин Е.И. Динамика интенсивности фотосинтеза у детерминантных и индетерминантных сортов гречихи. *Зернобобовые и крупяные культуры*. 2022; 2(42):82-88. DOI: 10.24412/2309-348X-2022-2-82-88

DYNAMICS OF PHOTOSYNTHESIS INTENSITY IN BUCKWHEAT VARIETIES WITH INDETERMINATE VS. DETERMINATE GROWTH HABITS

A.V. Amelin, A.N. Fesenko*, V.V. Zaikin, I.N. Fesenko*, E.I. Chekalin

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

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

Abstract: Buckwheat breeding in Russia is applied several morphological mutations. Agricultural practice has given preference mainly to determinant varieties, which are based on a single-gene mutation *d (det)*, which restricts the generative development of shoots to 3-5 inflorescences. Since the beginning of the 21st century, the share of determinant varieties in the buckwheat sowing area in Russia has increased from 8.2% up to 56.2%, which contributed to an increase in the average crop yield by 1.5 times. A steady increase in the productivity of determinant varieties in comparison with traditional (indeterminate) varieties implies significant changes in their physiology, including the regulation of processes associated with photosynthesis, as well as additional optimization of source-sink relationships. Comparison of buckwheat varieties with determinant and indeterminate types does not reveal differences in the photosynthesis intensity in the period before flowering. However, during the period of seed filling, the differences between these groups of varieties, as a rule, are significant, and reach a maximum 3 weeks after the start of flowering, that is, during the most intensive seed formation. These results show that determinant varieties, on average, form a stronger "demand for assimilates" during the period of mass seeds filling compared to indeterminate varieties.

Keywords: buckwheat, variety, determinate growth habit, photosynthesis.

Введение

Fagopyrum esculentum Moench (гречиха обыкновенная) – вид, возделываемый в качестве крупяной или зерновой культуры во многих странах, в основном в России и Китае [1]. Плановая селекция гречихи в России началась в 1900-х годах на Шатиловской опытной станции. Первым зарегистрированным результатом этой работы был сорт Богатырь, созданный отбором на выполненность зерна из местной культивируемой популяции. Начиная с 1960-х, селекция гречихи в России основана на использовании нескольких морфологических мутаций [2]. Сельскохозяйственная практика отдала предпочтение главным образом детерминантным сортам, в основе которых моногенная мутация *d (det)* [2-3], ограничивающая генеративное развитие побегов 3-5 соцветиями [2, 4]. Первый сорт такого типа (Сумчанка) районирован в 1985 году. С начала 21 века доля детерминантных сортов в общем объеме посевов гречихи в России возросла с 8,2% до 56,2%, что способствовало увеличению средней урожайности культуры в 1,5 раза [3].

Устойчивое увеличение продуктивности детерминантных сортов в сравнении с традиционными (индетерминантными) предполагает существенные изменения в их физиологии, в том числе в процессах, связанных с фотосинтезом. Хотя результаты экспериментов, направленных на выявление корреляции между интенсивностью фотосинтеза и продуктивностью растений, не всегда однозначны [5], интенсификация синтеза ассимилятов, очевидно, является основным фактором повышения продуктивности, наряду с оптимизацией донорно-акцепторных отношений.

Сравнение сортов гречихи с индетерминантным, т.е. традиционным, и детерминантным типом роста выявило некоторые различия в сезонной динамике фотосинтеза. В статье представлены результаты этой работы.

Материал и методы

Полевые опыты проведены в 2013-2015 годах в севообороте лаборатории селекции крупяных культур ФНЦ ЗБК. Объектами изучения являлись 9 сортообразцов гречихи обыкновенной:

1. Два местных сорта из Орловской области (образцы коллекции ВИР к-406 и к-1709);
2. Сорта традиционного типа с индетерминированным ростом (генотип *DET/DET*): Богатырь (районирован в 1938), Калининская (1954) и Шатиловская 5 (1967);
3. Детерминантные сорта (генотип *det/det*): Деметра (1995), Дождик (1998), Дикуль (1999), Девятка (2004).

Опытный материал выращивался на делянках площадью 10 м² в 4-х кратной повторности рендомизированным методом. Норма высева – 300 зерен/м². Уход за посевами и уборка

выполнялись по методическим рекомендациям для региона. Исследования проведены авторами данной публикации в рамках совместной научной работы.

Учёт интенсивности фотосинтеза осуществлялся на 3-м листе сверху (физиологически зрелом) главного стебля у 5-7 типичных для генотипа растениях, произрастающих в середине делянки, у которых не было повреждений вредителями и поражений болезнями. Замеры проводились в основные фазы роста («ветвление», «цветение + 10 дней», «цветение + 20 дней», «цветение + 30 дней») в режиме реального времени с 9 до 11 часов утра на интактных растениях с помощью портативного газоанализатора Li-COR – 6400 в соответствии с оригинальной методикой компании Li-COR. В измерительной камере прибора интенсивность света поддерживалась на уровне 1000 мкмоль (фотонов)/м²с, а температура воздуха 25°C.

Достоверность различий по урожайности традиционного (индетерминантного) и детерминантного типов оценивалась с помощью t-статистики.

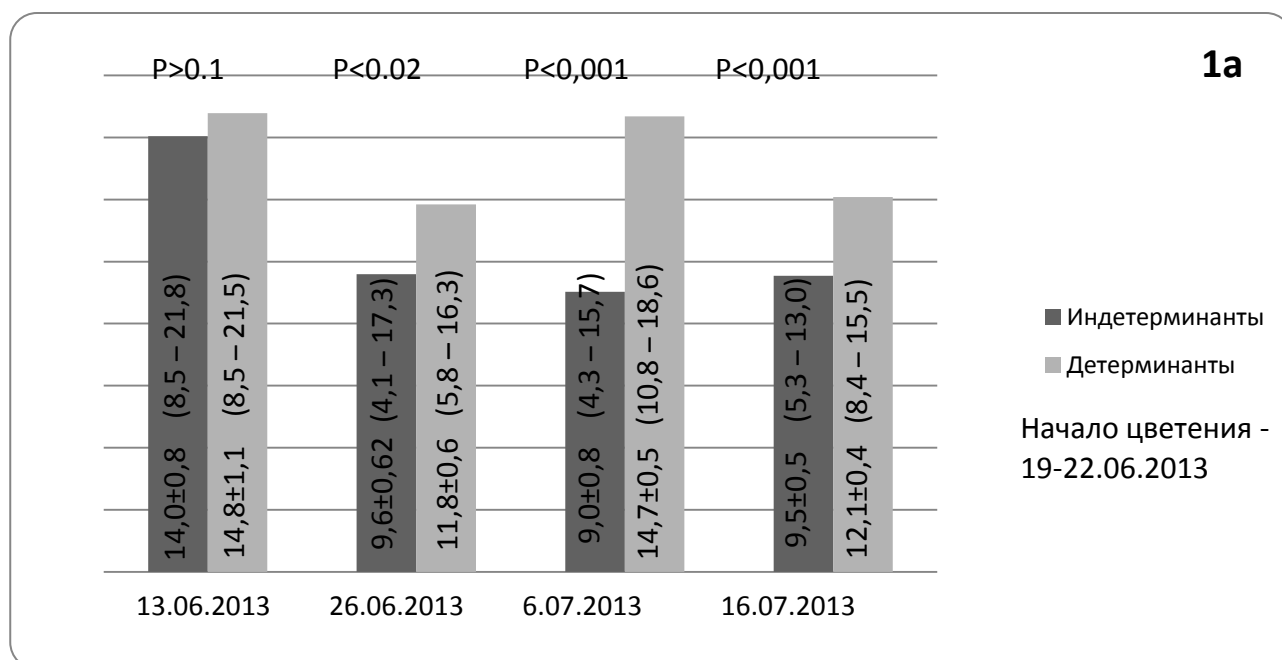
Результаты

Полученные экспериментальные данные свидетельствуют, что в 2013 году до начала цветения ИФ листьев растений была максимальной, а в 2015 – минимальной для обеих групп сортов. Различия между показателями, полученными в 2013 и 2015 были как минимум двукратными. Однако сравнение показателей детерминантных и индетерминантных сортов не выявило достоверных различий (рис. 1).

Измерение ИФ через 10, 20 и 30 дней после начала цветения проведено в 2013, 2014 и 2015 годах. Полученные данные в этот период (кроме «10 дней после начала цветения» в 2014 г.) показали достоверные различия в пользу детерминантных сортов. Максимум эти различия всегда достигали через 20 дней после начала цветения, т.е. в период наиболее массового налива семян.

Максимумы интенсивности фотосинтеза среди растений детерминантных и индетерминантных сортов часто близки, с отклонениями в обе стороны. То есть, на уровне индивидуальных растений индетерминанты могут и не уступать детерминантам по интенсивности газообмена. Однако в среднем показатели детерминантов всегда были достоверно выше, когда измерения проводились на стадии массового налива семян.

Вероятно, это определяет более высокую и более стабильную урожайность зерна детерминантных сортов. Генотипическое варьирование интенсивности фотосинтеза в широких пределах свидетельствует о возможности отбора по этому признаку.



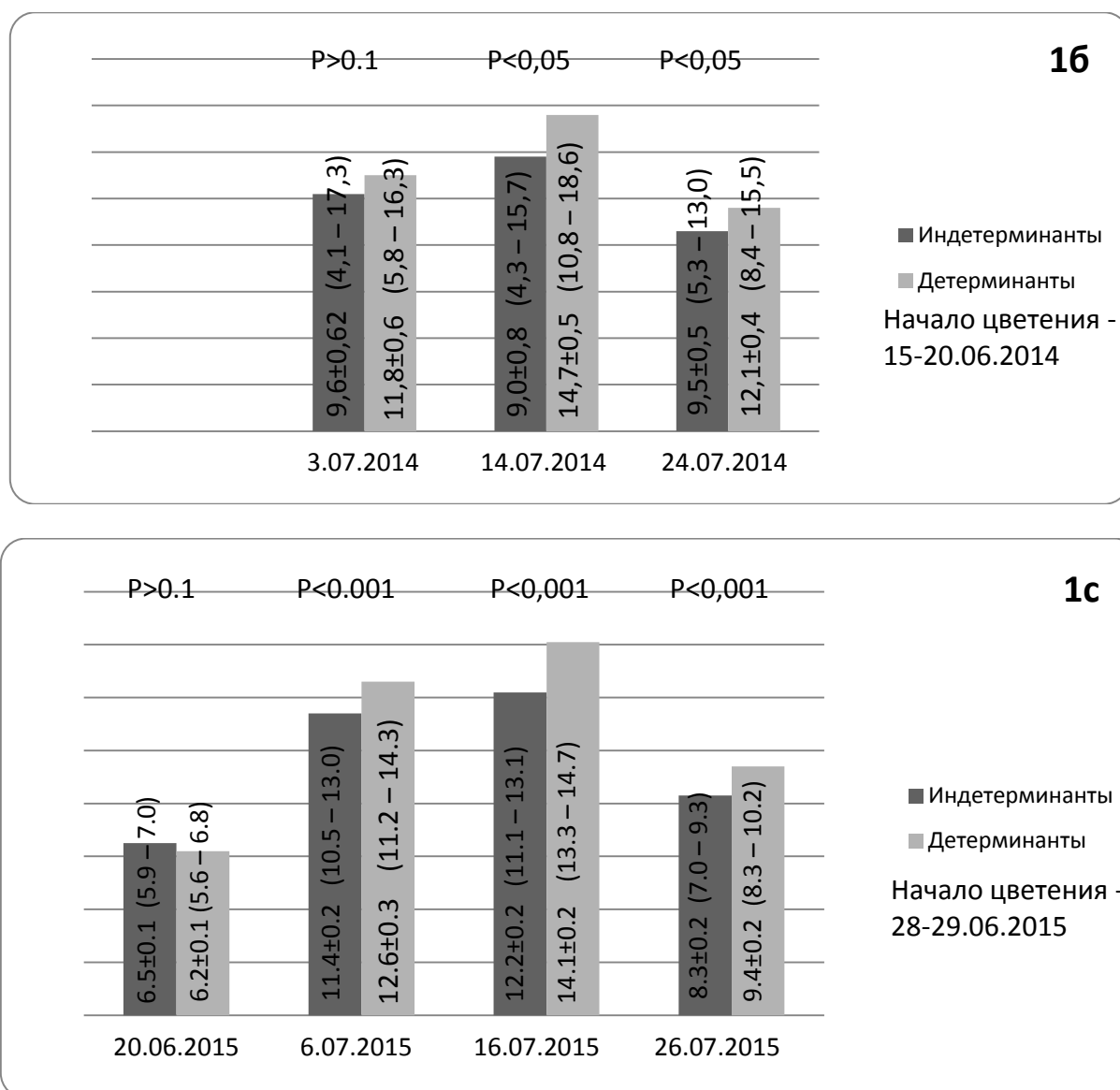


Рис. 1. Интенсивность фотосинтеза, $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$, (средняя и лимиты) растений гречихи на разных стадиях онтогенеза в полевых условиях (2013 (1a), 2014 (1б), 2015 (1c) гг.)

Обсуждение

Интенсивность фотосинтеза листьев зависит от множества экзо- и эндогенных факторов, в том числе от устьичной проводимости [6], фазы роста и ярусного расположения [7], эффективности системы преобразования CO_2 в углеводы (source strength), с одной стороны, и от эффективности и скорости использования этих углеводов "потребителями" (sink strength) – с другой [8]. Известно так же, что интенсивность фотосинтеза имеет определенные рамки проявления, которые определяются, в частности, видовыми особенностями растений. К примеру, для сорго максимальные значения ассимиляции CO_2 достигали $42,5 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ [9]; для высокоурожайного сорта риса этот показатель находился на уровне $30\text{-}33 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ [10]. Лимитирующим фактором для фотосинтеза может также быть низкая освещенность [11] и недостаток CO_2 в воздухе: в экспериментах на рисе выявлен полиморфизм по реакции на увеличение концентрации CO_2 в воздухе, что было интерпретировано как различия между сортами по интенсивности потребления ассимилятов развивающимися семенами [12].

В силу этих и многих других факторов, фотосинтетический аппарат растений как правило работает не на полную мощность. Так, для вида *Vitis vinifera* (и других видов *Vitis*)

максимальная интенсивность фотосинтеза достигала $20 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ [13], хотя в большинстве случаев она укладывалась в диапазон $8\text{-}13 \mu\text{mol CO}_2 \text{m}^{-2} \text{s}^{-1}$ [14]. На *Eucalyptus globulus* удаление нескольких листьев увеличивало интенсивность фотосинтеза в оставшихся листьях [15]. В то же время, увеличение потребности в ассимилятах усиливает фотосинтез [16].

Установлено, что сорта гречихи, относящиеся к разным морфотипам, во время вегетативного роста не различаются по интенсивности фотосинтеза. Достоверные различия между группами сортов с детерминантным и индетерминантным типами роста проявляются лишь в период формирования семян. В настоящее время детерминантные сорта занимают более половины посевных площадей под гречихой в России. Более высокая их продуктивность чаще всего объясняется изменением баланса между конкурирующими потребителями ассимилятов, то есть между вегетативными меристемами и формирующимися семенами. Результаты нашей работы свидетельствуют и о том, что ограничения для формирования определенного количества семян на растении гречихи связаны скорее со способностью этих семян сформировать определенный совокупный "запрос" на ассимиляты, а не с ограничениями фотосинтетических возможностей листьев и/или конкуренцией с другими потребителями.

Все сорта гречихи формируют избыточное число цветков, большая часть которых редуцируется, не производя семена. Wardlaw [17] предложил гипотезу о существовании "иерархии" потребителей продуктов фотосинтеза, согласно которой некоторые органы имеют приоритет и, соответственно, в случае ограничения пула ассимилятов последними испытывают их нехватку. Такая иерархия обычно является результатом формирования определенной стратегии адаптации вида. Поскольку стратегия адаптации гречихи обыкновенной – способность к длительному интенсивному росту, среди потребителей продуктов фотосинтеза приоритет имеют вегетативные меристемы, а формирующиеся семена снабжаются по остаточному принципу. Это объясняет очень незначительный рост семенной продуктивности гречихи в результате отбора мощных и продуктивных растений [2].

Детерминантные сорта показывают более высокую и более стабильную урожайность (по сравнению с индетерминантными сортами), по-видимому, за счет формирования дополнительных семян на растении. Завязывание дополнительных семян на детерминантных растениях можно объяснить существенным снижением конкуренции со стороны вегетативного роста в период формирования семян. Однако, эта гипотеза не объясняет, почему формирование семян одновременно с вегетативным ростом у сортов индетерминантного типа обеспечивает меньшую потребность в ассимилятах, чем только формирование семян у детерминантных сортов. Кроме того, она не отвечает на вопрос, почему индетерминантные сорта не завязывают дополнительные семена с последующим повышением интенсивности фотосинтеза? Возможно, ограничение роста растений, вызванное мутацией *det*, приводит к некоторому изменению приоритетов в ряду потребителей ассимилятов, и позволяет инициировать развитие дополнительных семян. В то же время, конкретные физиологические изменения, сопровождающие переход от индетерминантного к детерминантному типу роста, пока остаются неизвестными.

Литература

1. Fesenko A.N., Fesenko N.N., Romanova O.I., Fesenko I.N. Crop Evolution of Buckwheat in Eastern Europe: Microevolutionary trends in the secondary center of buckwheat genetic diversity/ Molecular Breeding and Nutritional Aspects of Buckwheat. Eds. M. Zhou, I. Kreft, S.-H. Woo, N. Chrungoo, G. Wieslander. - Elsevier, - 2016. – P. 99-107.
2. Фесенко Н.В., Фесенко Н.Н., Романова О.И., Алексеева Е.С., Суворова Г.Н. Генофонд и селекция крупяных культур. Гречиха/ СПб.: ВИР, - 2006. – 196 с.
3. Фесенко А.Н., Фесенко И.Н. Развитие селекции и производства гречихи в России за 100 лет// Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции. - 2019. - Т.180. - № 1. – С. 113-117.
4. Фесенко А.Н., Фесенко И.Н., Бирюкова О.В., Шипулин О.А. Генетический контроль числа соцветий на побегах детерминантной формы гречихи // Доклады РАСХН. - 2010. - № 1. – С. 9-10.
5. Driever S.M., Lawson T., Andralojc P.J., Raines C.A., Parry M.A.J. Natural variation in photosynthetic capacity, growth, and yield in 64 field-grown wheat genotypes// J. Exp. Bot.- 2014.- V. 65.- P. 4959-4973. doi:10.1093/jxb/eru253.

6. Амелин А.В., Фесенко А.Н., Заикин В.В., Чекалин Е.И. Особенности устьичной проводимости молекул воды листьями растений гречихи посевной *Fagopyrum Esculentum* Moench. // Зернобобовые и крупяные культуры. - 2018. – № 4 (28). – С. 54-59. doi:10.24411/2309-348X-2018-00002.
7. Амелин А.В., Чекалин Е.И., Заикин В.В., Мазалов В.И., Сальникова Н.Б. Интенсивность фотосинтеза листьев у сортов сои в зависимости от фазы роста и ярусного расположения // Зернобобовые и крупяные культуры. – 2017. – № 4 (24). – С. 53-58.
8. White A.C., Rogers A., Rees M., Osborne C.P. How can we make plants grow faster? A source-sink perspective on growth rate// J. Exp. Bot. - 2016.- V. 67.- P. 31-45. doi:10.1093/jxb/erv447.
9. Salas-Fernandez M.G., Strand K., Hamblin M.T., Westgate M., Heaton E., Kresovich S. Genetic analysis and phenotypic characterization of leaf photosynthetic capacity in a sorghum (*Sorghum* spp.) diversity panel// Genet. Resour. Crop Evol.// 2015.- V. 62.- P. 939-950. doi: 10.1007/s10722-014-0202-6.
10. Adachi S., Baptista L.Z., Sueyoshi T., Murata K., Yamamoto T., Ebitani T., Ookawa T., Hirasawa T. Introgression of two chromosome regions for leaf photosynthesis from an indica rice into the genetic background of a japonica rice// J. Exp. Bot. - 2014.- V. 65.- P. 2049-2056. doi: 10.1093/jxb/eru047.
11. Чекалин Е.И., Амелин А.В., Заикин В.В., Задорин А.М. Влияние интенсивности света на активность газообмена листьев и прилистников у белоцветковых сортов гороха // Зернобобовые и крупяные культуры. – 2018. – №4(28). – С. 5-11. doi:10.24411/2309-348X-2018-11042.
12. Chen Ch.P., Sakai H., Tokida T., Usui Y., Nakamura H., Hasegawa T. Do the rich always become richer? Characterizing the leaf physiological response of the high-yielding rice cultivar Takanari to free-air CO₂ enrichment// Plant Cell Physiol.- 2014.- V. 55.- P. 381-391. doi:10.1093/pcp/pcu009.
13. Gamon J.A., Pearcy R.W. Photoinhibition in *Vitis californica*: interactive effects of sunlight, temperature and water status// Plant Cell Environ.- 1990.- V. 13.- P. 267-275. doi: 10.1111/j.1365-3040.1990.tb01311.x.
14. Correia M.J., Chaves M.M.C., Pereira J.S. Afternoon depression in photosynthesis in grapevine leaves: evidence for a high light stress effect// J. Exp. Bot.- 1990.- V. 41.- P. 417-426.
15. Eyles A., Pinkard E.A., Davies N.W., Corkrey R., Churchill K., O'Grady A.P., Sands P., Mohammed C. Whole-plant versus leaf-level regulation of photosynthetic responses after partial defoliation in *Eucalyptus globulus* saplings// J. Exp. Bot.- 2013.- V. 64.- P. 1625-1636. doi:10.1093/jxb/ert017.
16. Aranjuelo I., Sanz-Saez A., Jauregui I., Irigoyen J.J., Araus J.L., Sanchez-Diaz M., Erice G. Harvest index, a parameter conditioning responsiveness of wheat plants to elevated CO₂// J. Exp. Bot.- 2013.- V. 64.- P. 1879-1892. doi:10.1093/jxb/ert081.
17. Wardlaw I.F. The control of carbon partitioning in plants// New Phytol.- 1990.- V. 116.- P. 341-381. doi: 10.1111/j.1469-8137.1990.tb00524.x.

References

1. Fesenko A.N., Fesenko N.N., Romanova O.I., Fesenko I.N. Crop Evolution of Buckwheat in Eastern Europe: Microevolutionary trends in the secondary center of buckwheat genetic diversity/ Molecular Breeding and Nutritional Aspects of Buckwheat. Eds. M. Zhou, I. Kreft, S.-H. Woo, N. Chrungoo, G. Wieslander, Elsevier, 2016, pp. 99-107.
2. Fesenko N.V., Fesenko N.N., Romanova O.I., Alekseeva E.S., Suvorova G.N. Genofond i selekciya krupyanykh kultur. Grechiha [Theoretical basis of plant breeding. Buckwheat] SPb.: VIR, 2006, St.-Petersburg: Vavilov's Institute of Plant Industry, 2006, 196 p. (In Russian)
3. Fesenko A.N., Fesenko I.N. Razvitie selekcii i proizvodstva grechihi v Rossii za 100 let. Trudi po prikladnoi botanike, genetike i selekcii. [Buckwheat breeding and production in Russia during the past 100 years. Proceedings on applied botany, genetics and breeding], 2019, V.180, no.1, pp.113-117. doi.org/10.30901/2227-8834-2019-1-113-117. (in Russian with English summary)
4. Fesenko A.N., Fesenko I.N., Biryukova O.V., Shipulin O.A. Geneticheskiy kontrol chisla socvetii na pobegah determinantnoi formy grechihi. Dokladi RASHN [Number of Inflorescences on Determinate Buckwheat Shoots], 2010, no.1, pp. 9-10. DOI: 10.3103/S1068367410010039 (In Russian)
5. Driever S.M., Lawson T., Andralojc P.J., Raines C.A., Parry M.A.J. Natural variation in photosynthetic capacity, growth, and yield in 64 field-grown wheat genotypes. J. Exp. Bot, 2014, V. 65, pp. 4959-4973. doi:10.1093/jxb/eru253.
6. Amelin A.V., Fesenko A.N., Zaikin V.V., Chekalin E.I. Osobennosti ust'ichnoj provodimosti molekul vody list'yami rastenij grechihi posevnoj *Fagopyrum Esculentum* Moench [Features of stomatal conductance of water molecules by leaves of plants of buckwheat *fagopyrum esculentum moench*.]. Zernobobovye i krupyanye kul'tury, 2018, V. 4(28), pp. 54-59. doi:10.24411/2309-348X-2018-00002. (In Russian)
7. Amelin A.V., Chekalin E.I., Zaikin V.V., Mazalov V.I., Sal'nikova N.B. Intensivnost' fotosinteza list'ev u sortov soi v zavisimosti ot fazy rosta i yarusnogo raspolozheniya [Rate of the photosynthesis of leaves of varieties soybean depending on the growth phase and tiers of leaves]. Zernobobovye i krupyanye kul'tury, 2017, V. 4 (24), pp. 53-58. (In Russian)
8. White A.C., Rogers A., Rees M., Osborne C.P. How can we make plants grow faster? A source-sink perspective on growth rate. J. Exp. Bot, 2016, V. 67, pp. 31-45. doi:10.1093/jxb/erv447.
9. Salas-Fernandez M.G., Strand K., Hamblin M.T., Westgate M., Heaton E., Kresovich S. Genetic analysis and phenotypic characterization of leaf photosynthetic capacity in a sorghum (*Sorghum* spp.) diversity panel. Genet. Resour. Crop Evol., 2015, V. 62, pp. 939-950. doi: 10.1007/s10722-014-0202-6.

10. Adachi S., Baptista L.Z., Sueyoshi T., Murata K., Yamamoto T., Ebitani T., Ookawa T., Hirasawa T. Introgression of two chromosome regions for leaf photosynthesis from an indica rice into the genetic background of a japonica rice. *J. Exp. Bot.*, 2014, V. 65, pp. 2049-2056. doi: 10.1093/jxb/eru047.
11. Chekalin E.I., Amelin A.V., Zaikin V.V., Zadorin A.M. Vliyanie intensivnosti sveta na aktivnost' gazoobmena list'ev i prilistnikov u belocvetkovykh sortov goroha [Influence of intensity of light on activity of gas exchange of leaves and stipules at dry peas]. *Zernobobovye i krupyanye kul'tury*, 2018, V. 4(28), pp. 5-11. doi:10.24411/2309-348X-2018-11042. (In Russian)
12. Chen Ch.P., Sakai H., Tokida T., Usui Y., Nakamura H., Hasegawa T. Do the rich always become richer? Characterizing the leaf physiological response of the high-yielding rice cultivar Takanari to free-air CO₂ enrichment. *Plant Cell Physiol*, 2014, V. 55, pp. 381-391, doi:10.1093/pcp/pcu009.
13. Gamon J.A., Pearcy R.W. Photoinhibition in *Vitis californica*: interactive effects of sunlight, temperature and water status. *Plant Cell Environ*, 1990, V. 13, pp. 267-275. doi: 10.1111/j.1365-3040.1990.tb01311.x.
14. Correia M.J., Chaves M.M.C., Pereira J.S. Afternoon depression in photosynthesis in grapevine leaves: evidence for a high light stress effect. *J. Exp. Bot.*, 1990, V. 41, pp. 417-426.
15. Eyles A., Pinkard E.A., Davies N.W., Corkrey R., Churchill K., O'Grady A.P., Sands P., Mohammed C. Whole-plant versus leaf-level regulation of photosynthetic responses after partial defoliation in *Eucalyptus globulus* saplings. *J. Exp. Bot.*, 2013, V. 64 pp. 1625-1636. doi:10.1093/jxb/ert017.
16. Aranjuelo I., Sanz-Saez A., Jauregui I., Irigoyen J.J., Araus J.L., Sanchez-Diaz M., Erice G. Harvest index, a parameter conditioning responsiveness of wheat plants to elevated CO₂. *J. Exp. Bot.*, 2013, V. 64, pp. 1879-1892. doi:10.1093/jxb/ert081.
17. Wardlaw I.F. The control of carbon partitioning in plants. *New Phytol*, 1990, V. 116, pp. 341-381. doi: 10.1111/j.1469-8137.1990.tb00524.x.

ПЕРСПЕКТИВЫ СЕЛЕКЦИИ ОЗИМОЙ ТРИТИКАЛЕ В ЦЕНТРАЛЬНОМ НЕЧЕРНОЗЕМЬЕ

А.М. МЕДВЕДЕВ, член-корреспондент РАН
М.А. КУЗЬМИЧ, доктор сельскохозяйственных наук
Л.С. КУЗЬМИЧ, кандидат биологических наук
Е.Н. ЛИСЕЕНКО, С.Д. ЖИХАРЕВ, Е.В. СОБОЛЕВА,
кандидаты сельскохозяйственных наук

ФГБНУ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ЦЕНТР «НЕМЧИНОВКА»

По результатам внутривидовых и диаллельных скрещиваний (5Х5) определено, что для изученных признаков характерна аддитивно-доминантная схема наследования. Для массы 1000 зерен, содержания в зерне белка и крахмала в гибридах F1 выявлено сверхдоминирование. По массе зерна с колоса в 2011-2012 гг. характер наследования менялся от полного доминирования до сверхдоминирования. Выделены доноры с высокими значениями продуктивности и качества зерна. По массе зерна с колоса – АДК 1369, линия 6418-145 и сорт Нина, по содержанию белка в зерне – линия АДК 1369.

Установлено, что в генотипической дисперсии признака масса 1000 зерен доля вариансы СКС (специфическая комбинационная способность) составила 52,8 %, что почти в 2 раза выше вариансы ОКС (общая комбинационная способность).

Созданы новые сорта озимой тритикале Капелла и Арктур с продуктивностью до 10-12 т/га, устойчивые к основным грибным болезням.

Ключевые слова: тритикале, генетика, гибрид, урожай, качество зерна.

Для цитирования: Медведев А.М., Кузьмич М.А., Кузьмич Л.С., Лисеенко Е.Н., Жихарев С.Д., Соболева Е.В. Перспективы селекции озимой тритикале в Центральном Нечерноземье. *Зернобобовые и крупяные культуры*. 2022; 2(42):89-97. DOI: 10.24412/2309-348X-2022-2-89-97

PROSPECTS OF WINTER TRITICALE BREEDING IN THE NON-CHERNOZEM ZONE

A.M. Medvedev, M.A. Kuzmich, L.S. Kuzmich., E.N. Liseenko, S.D. Zhikharev, E.V. Soboleva

FSBSI FEDERAL RESEARCH CENTER «NEMCHINOVKA»

Abstract: *According to the results of interspecific and diallel crosses (5x5) it is determined that for the studied signs the additive-dominant inheritance scheme is characteristic. For a weight of 1000 grains, protein and starch content in grain of hybrids F1, over domination is revealed. The nature of inheritance has changed by weight of grain from the ear in 2011-2012 from complete dominance to over dominance. Donors with high values of productivity and grain quality were indented. By weight of grain per ear - ADK 1369, line 6418-145 and variety Nina, by protein content in grain - line ADK 1369.*

It is established that in the genotype variance of the sign of the weight 1000 grains is the proportion of variants of a specific combinational ability was 52.8 % which is almost twice as high as the variants of the general combinational ability.

New triticale varieties of Arctur and Capella were created with a yield of 10-12 tons and resistant to major fungal diseases.

Keywords: triticale, genetics, hybrids, harvest, grain quality.

Triticale (xTriticosecaleWittmack) за последние 30 лет в результате селекции получила новое генетическое содержание и качество, что обеспечило рост посевных площадей в мире до 4,0 млн. га. По сведениям ФАО СТАТ 20 наибольшие площади тритикале отмечены в таких странах, как Польша (1 млн. 350 тыс. га), Белоруссия (500 тыс. га), Германия (600 тыс. га). В Российской Федерации максимальная площадь тритикале (в основном озимые посевы) составляла 300 тыс. га, ныне она уменьшилась до 200 тыс. га. Сбор зерна находится в пределах 3-4 т/га [1-5].

Сдерживающими факторами в повышении урожайности и качества зерна являются такие изъяны тритикале, как высокостебельность, полегание растений, прорастание зерна на корню, восприимчивость к снежной плесени, септориозу и фузариозу колоса. На устранение отмеченных недостатков направлены селекционные исследования с этой культурой в ФИЦ «Немчиновка».

Материал и методика исследований

Эксперименты выполнены в 1980-2021 гг. на опытных полях «ФИЦ «Немчиновка». Наблюдения и учеты проведены согласно методическим указаниям [6, 7, 8]. При испытании тритикале отмечены значительные колебания погодных факторов. В основном наблюдался дефицит осадков до посева и в осеннюю вегетацию растений. Зимние периоды характеризовались сильными морозами в декабре, оттепелями с неоднократным выпадением и сходам снега в феврале – марте. Весной, из-за значительной высоты снега и его задержки на полях, создавались условия для развития снежной плесени, выпревания и вымокания растений.

Почва на опытных участках суглинистая, отличается невысоким естественным плодородием с содержанием гумуса 2,0-2,5%. $pH_{\text{сол.}}$ почвенного раствора составляет 4,0-5,0. Посев проводили сеялкой СН-10 с нормой высева 5 млн. всхожих семян на 1 га. Осенью, перед посевом, вносили N32P32K32 в форме азофоски. Весной, в качестве подкормки внесли N50 в форме аммиачной селитры. Учетная площадь делянки в КСИ 12-15 м², повторность четырехкратная. В контрольном питомнике площадь делянки 3-4 м², с двукратным повторением. В коллекционном и гибридном питомниках площадь делянок 1-2 м² без повторения вариантов.

Результаты исследований и их обсуждение

В 1980-2018 гг. изучено несколько наборов сортообразцов мировой коллекции озимой тритикале. Наиболее пригодными для использования в селекции новых генотипов оказались отечественные сорта со сбором зерна в пределах от 500 до 900 г/м², вегетационным периодом, равным стандартам Гермес и Виктор (319-322 дня). Особо значимы как исходный материал сорт Цекад 90 (к-3906), Доктрина 110 (к-3492), ПРАГ 4 (к-2456), Докучаевский 13 (к-3492), Кентавр (к-3601), Каприз (к-3584), Водолей (к-3603), Немчиновский 56 и Нина. Лишь немногие из них по зимостойкости, урожайности и устойчивости к биотическим и абиотическим стрессам превосходили Гермес и Виктор, отличающиеся высокой адаптивностью к сложным природным условиям Подмосковья.

Среди иностранных сортов в эти годы неплохо показали себя озимые тритикале Польши: Presto (к-2097), Magdo (к-3866), Pavo (к-3869), и другие. Они, как и отечественные номера, в основном высокостебельные, склонные к полеганию, однако, в сравнении со стандартами, некоторые из них имеют преимущество по отдельным признакам – массе 1000 зерен, массе зерна в колосе, чем привлекают селекционеров.

В селекции использовали сортообразцы из соседних стран, бывших союзных республик-Молдавии (АД Кишинёвский, к-1655), Украины (Амфидиплоид АД 315, (к-566), Ягуар, (к-3594)), Р. Беларуси (Дар Беларуси, Модуль, Прометей, Алесь, Идея, Адасть).

Нередко выделялись образцы Мексики (к-3267), Англии (к-3914), Дании (к-2103), но в неблагоприятные зимы их растения погибали.

В последние годы (2019-2021 гг.) сортимент тритикале российских научных центров и зарубежных фирм по продуктивности и другим признакам показывает более высокие результаты, чем 10-12 лет назад [1]. В таблице 1 помещены сортообразцы, обеспечившие в 2019-2021 гг. получение урожаев близких к стандартам или несколько превышающие их данные по элементам продуктивности, устойчивости к стрессовым факторам и другим признакам. Сбор зерна с 1 м² у стандартов в среднем составил 410-720 г, у нового короткостебельного сорта Арктур, совместной немчиновской и самарской селекции – 815 г, краснодарского сорта Богуслав – 773 г, украинского Маркиян – 840 г, польского Hortence – 810г. Отмеченные генотипы выделялись также крупностью, полновесностью зерна, повышенным числом зерен в колосе, устойчивостью к полеганию растений, что ценно в селекционном плане.

В условиях эпифитотии снежной плесени и септориоза 2020 и 2021 гг. оказались важными показатели устойчивости сортов к указанным и другим патогенам. Толерантными (балл устойчивости 7) к снежной плесени выделялись сорта Виктор и Арктур селекции ФИЦ «Немчиновка». По устойчивости к септориозу все изучаемые линии и сорта практически не различались. Из 39 сортов озимой тритикале в конкурсном сортоиспытании значительно превосходили в 2019-2021 гг. по урожайности стандарты Виктор и Гермес сорта Гера и Арктур, а также новые перспективные линии 5901, Гера 39, 1739 508, 698 и 1422, полученные от скрещивания немчиновских генотипов с сортообразцами Польши, Украины и Белоруссии (табл.2).

Достоинством сорта Арктур, внесенного в 2021 году в Государственный реестр селекционных достижений РФ, допущенных к использованию, являются его короткостебельность и высокая урожайность. В условиях выпадения обильных осадков 2020 и 2021 гг. отмечена повышенная устойчивость растений сорта Арктур к полеганию, неблагоприятным условиям перезимовки, а также значительная толерантность к снежной плесени. Сбор зерна при этом на 4-6 ц/га превышал стандарты. Лучшие линии – Гера 39 и 1739, со средней урожайностью 9,2 т/га, превышали стандарты на 2,0 т/га. Отмеченные линии предполагается подготовить к передаче на государственное сортоиспытание. Сорта Арктур и Акинак рекомендуются Госсорткомиссии для внесения в Госреестр РФ, соответственно, не только в Средне-Волжском и Центральном-Черноземном регионах, но и в Центральном регионе Российской Федерации.

В лаборатории биохимии и технологии зерна в разные годы проведена работа по определению в зерне коллекционных сортообразцов, а также сортов и линий немчиновской селекции физических, биохимических и хлебопекарных свойств зерна и муки озимой тритикале.

Из внесенных в Государственный реестр РФ и перспективных генотипов немчиновской селекции в КСИ за период 2009-2015 гг. лучшими по биохимическому составу зерна оказались сорта Немчиновский 56 и Гера. По сравнению со стандартом – 14%, Гера – 13,9%. Содержание сырой клейковины в зерне получено соответственно у сорта Виктор – 21,2%, Нина – 17%, Немчиновский 56-24,5%, Гера (2014-2015 гг.) – 21%, крахмала соответственно – 64,5, 68,6, 67,3 и 66,9%. В среднем за 2014-2016 гг., с обильными осадками за вегетацию, наиболее высокое содержание белка в зерне, по сравнению со стандартом Виктор (13,7%), отмечено у сортов Гермес (14,1%) и Гера (14,08%), а также гибридных линий 6408-19-71,- 14,7% и 698-1-19-13,9%. По качеству сырой клейковины в зерне выделялись сорта Гермес (24,4%), Немчиновский 56 (23,3%), линии 698-1-19 (26%), у стандарта Виктор – 20,7%. При этом, у сорта Гера оказалась выше натура зерна (740 г/л), чем у стандарта Виктор (733 г/л). Содержание белка в зерне у сорта Геры 14,08%, у стандарта Виктор – 13,7%, крахмала соответственно 70,4% и 69,9%, число падения – 102 и 99 с, ИДК-91 и 79 ед. В то же время, объемный выход хлеба у сорта Виктор был на уровне 605 см³, линий 6355-262-26-626 см³, линии 150-1-5 – более 625 см³

Таблица 1

Сортообразцы озимой тритикале, выделившиеся по комплексу признаков. ФИЦ «Немчиновка», 2019-2021 гг.

Сортообразцы, их происхождение	Вегетационный период, дней	Высота растений, см	Перезимовка, баллов	Устойчивость к болезням, балл		Устойчивость к полеганию, балл	Анализ колоса			Сбор зерна с 1 м ²			
				Снежная плесень	Септориоз		Число зерен, шт.	Масса 1000 зерен, г	Масса зерна с колоса, г	2019	2020	2021	Средние данные
Гермес, St1ФИЦ «Немчиновка»	318	129	7	5	5	5	52	57	2,7	800	710	650	720
Виктор, St2ФИЦ «Немчиновка»	320	125	7	5	5	5	50	57	2,7	790	700	655	710
Немчиновский 56, ФИЦ «Немчиновка»	323	135	7	7	5	3	57	44	2,6	820	680	623	707
Ефремовская, МОВИР	319	127	9	5	5	7	55	55	2,7	790	740	620	717
Капелла, Самарский НИИСХ, ФИЦ «Немчиновка»	320	132	9	5	5	5	52	62	2,7	750	655	470	627
Арктур Самарский НИИСХ, ФИЦ «Немчиновка»	317	95	9	5	5	9	57	52	2,9	970	820	625	815
Атаман Платов, ФРАНЦ РАН, Ростов на Дону	318	85	7	5	5	9	60	54	2,8	870	740	610	740
Топаз, ФРАНЦ РАН Ростов на Дону	321	95	7	5	5	9	57	55	3,0	820	615	720	681
Богуслав (к-4115), НЦЗ Краснодар, Курский НИИ АПП	323	87	7	5	5	9	53	52	2,6	980	730	610	773
Интерес, Р. Беларусь	320	126	7	5	5	7	62	50	3,3	680	650	570	633
Обрий Мироновский (к-4096), Украина	319	100	7	5	5	9	51	51	2,7	820	725	750	755
Букет (к-4097), Украина	318	110	7	5	5	9	57	53	2,9	860	750	540	720
Маркиян (к-4098), Украина	316	100	7	5	5	9	52	52	2,7	915	840	770	840
Hortence(к-4012), Польша	318	91	5	5	3	9	53	52	2,4	980	848	610	810
Felo (к-4010), Польша	317	102	9	3	5	9	55	53	2,6	850	750	535	710
Вектор р. Беларусь	316	85	9	5	5	9	50	52	2,4	680	670	750	710

Точность опыта: варьирование сбора зерна у стандартов 5-6%

Таблица 2

Изучение сортов и линий озимой тритикале в конкурсном сортоиспытании, среднее за 2019-2021 гг.

Сортообразцы, их происхождение	Вегетационный период, дней	Высота растений, см	Перезимовка, балл	Устойчивость к болезням, балл		Устойчивость к полеганию, балл	Анализ колоса			Урожайность по годам, (т/га)			
				Снежная плесень	Септориоз		Число зерен,шт.	Масса 1000 зерен, г	Масса зерна с колоса, г	2019	2020	2021	Средние данные
Виктор, St2ФИЦ «Немчиновка»	318	130	7	7	5	5	51	42,8	2,7	6,4	7,2	7,8	7,1
Гермес, St1ФИЦ «Немчиновка»	319	125	5	5	5	5	52	44,6	2,5	7,4	6,5	6,5	6,8
Немчиновский 56, ФИЦ «Немчиновка»	323	135	7	3	5	5	50	45,6	2,4	6,7	7,6	6,2	6,8
Антей, ФИЦ «Немчиновка»	322	127	7	3	5	5	48	42,2	2,4	6,0	7,1	6,3	6,5
Нина, ФИЦ «Немчиновка»	320	115	5	3	3	7	54	42,8	2,5	7,8	7,3	6,2	7,3
Арктур, Самарский НИИСХ, ФИЦ «Немчиновка»	318	95	9	7	5	9	51	48,0	2,5	-	8,3	6,8	7,5
Гера, ФИЦ «Немчиновка»	318	115	7	7	5	9	56	52,2	2,5	7,0	8,7	8,2	7,4
Капелла, Самарский НИИСХ, ФИЦ «Немчиновка»	321	135	5	5	5	5	52	60,0	2,8	-	7,6	4,0	7,6
Линия 5901	320	120	7	5	5	7	57	48,8	2,9	8,45	8,1	7,6	8,2
Линия Гера 39	318	117	7	5	5	9	51	54,0	2,9	8,7	10,0	9,4	9,2
Линия 508	321	120	7	5	5	7	48	46,2	2,2	8,5	8,9	7,8	8,4
Линия 698	318	110	9	5	3	9	56	52,0	2,7	7,7	8,8	7,8	8,1
Линия 1422	320	115	7	5	5	9	46	48,0	2,3	7,3	9,0	7,3	8,2
Линия 1739	318	115	7	5	5	9	51	54,0	2,9	8,7	10,0	9,4	9,2
Линия Гера 408	319	115	7	5	5	9	53	52,2	2,8	7,6	7,8	9,2	8,2
Линия Нина 423	320	112	5	5	5	7	50	42,6	2,4	8,5	8,7	6,2	7,8
Акинак, Тамбовский НИИСХ, ФИЦ «Немчиновка»	321	90	9	7	5	9	55	49,6	2,9	9,0	8,9	7,6	8,8
НСР 05										0,41	0,52	0,47	

В конкурсном сортоиспытании 2021 года по физическим свойствам зерна, стекловидности и числу падения преимущество перед стандартом Виктор имели сорта Гермес, Немчиновский 56, линии 4784, Гера 39, и 1940 (табл.3). По массе 1000 зерен наиболее высокие показатели (45,2-49,6 г.) отмечены у линии Гера 401, линии 32, линии 1739, линии Гера 39 и линии 4784. По натуре зерна лучшими (697-708 г/л) показали себя линии 425, Гера 39, Гера 401. Повышенным числом падения (334-367) характеризуются линии 1940, Гера 410, Гера 401. В целом, стекловидность зерна у немчиновских сортов и линий считается невысокая. Максимальная величина (34-40 %) выявлена у линий-4784, Гера 39, 1425, 1940, сорта Гера.

В таблице 4 приведены данные по содержанию в зерне немчиновских сортов и линий озимой тритикале белка и сырой клейковины, показатели хлебопекарных свойств муки и готовой продукции.

В 2021 году, с обильным выпадением осадков в мае и при формировании урожая, содержание белка в зерне оказалось значительно ниже, чем в предыдущие годы (у стандартов 11,7-11,7%). Однако у некоторых новых линий (линия 17, Гера 39, линия 1425, линия 1940) количество белка в зерне превосходило уровень 12% (12,1-12,9).

Таблица 3

Показатели физических свойств зерна озимой тритикале в эпифитотийном 2021 году

Сорт, линия	Масса 1000 зерен, г	Натура зерна, г/л	Стекловидность, %	Число падения, с
Виктор, St	42,9	686	31	197
Немчиновский 56,	43,7	668	30	245
Нина	42,0	671	34	265
Гермес	42,4	672	30	292
Гера	41,6	661	36	272
Линия 4784	45,2	680	34	204
Линия 1796	42,3	685	32	262
Линия Гера 39	45,5	707	35	210
Линия 1425	43,1	697	35	266
Линия Гера 410	43,6	688	19	342
Линия 1940	44,9	680	38	334
Линия Гера 401	47,9	708	24	367
Линия 5901	37,7	633	24	242
Линия 1940	36,0	662	29	149
Линия 1806	40,4	638	28	238
Линия 17	46,5	655	40	160
Линия 32	46,0	684	24	226
Линия 1739	49,6	686	18	223
Линия Гера 39	47,9	708	24	367

Повышенное содержание сырой клейковины отмечено у линии Гера 39 (18,36%), линии 1425(18,8%), линии 1940 (18,7%), линии Гера 410(19,0%). У стандарта Виктор указанный показатель составил 17,8 %, сорта Гермес – 17,7 %. Как известно, от уровня содержания клейковины зависят и хлебопекарные свойства озимых тритикале [1]. Они, в целом в 2021 году, выглядели невысокими. Например, объемный выход хлеба у стандарта Виктор оказался равным 386, сорта Гермес 349 м³. В зерне у старых и новых сортов и линий тритикале, не выявлено ни одного генотипа, который бы в этом неблагоприятном, с обильными осадками году, превысил стандарт Виктор по объемному выходу хлеба. Выше уже отмечалось, что в ряде опытов лучшими хлебопекарными свойствами выделялись сорта Немчиновский 56, Гера, линии Гера 39 и Гера 410, линия 1940.

Анализируя показатели качества муки, следует отметить, что в неблагоприятные по погодным условиям годы, особенно в период уборки урожая, у тритикале чаще, чем у пшеницы, снижается число падения. В относительно благоприятном по условиям вегетации 2021 году все сортообразцы по этому показателю значительно превышали требования ГОСТ, – 160 сек. В равных условиях значительное преимущество перед стандартами показали некоторые линии сорта Гера – 342-367 секунд.

Таблица 4

Биохимические и хлебопекарные показатели сортов и линий озимой тритикале. КСИ, среднее за 2020-2021 гг.

Сорт, линия	Белок, %	Сырая Клейковина, %	Седиментация, мл	ИДК, ед.шк.	Твердозерность	Белизна, %	Стандартная выпечка				
							Пористость, балл	Цвет мякиша	Объемный выход хлеба	h/d	Оценка пода, балл
Виктор, St1	11,9	17,8	32	82	17,8	56,2 BC	1.8	2,0	386	0,52	3,0
Гермес, St2	11,7	17,7	36	73	17,7	56,8 BC	3.0	3,5	349	0,50	3,0
Немчиновский 56	11,9	17,4	33	98	17,4	57,8 BC	2.3	3,0	333	0,51	2,3
Гера	11,8	17,6	36	69	17,6	53,4 BC	2.5	2,0	392	0,58	3,0
Нина	11,6	18,1	32	65	18,1	56,2 BC	2.8	2,0	352	0,42	2,0
Линия 4784	11,6	17,5	40	98	17,5	55,2 BC	2.5	2,5Ж	374	0,41	2,0
Линия 17	12,6	17,9	36	79	17,9	46,7 IC	2.0	1,8	340	0,54	2,3
Линия Гера39	12,1	18,6	38	75	18,6	54,8 BC	2.3	2,5	325	0,50	3,0
Линия 1425	12,5	18,8	34	71	18,8	52,6 IC	2.3	2,5	320	0,53	3,0
Линия 1940	12,2	18,7	40	67	18,8	55,2 BC	1.8	2,5	339	0,52	3,0
Линия 1806	12,9	16,8	38	94	16,8	56,6 BC	2.3	3,3	360	0,51	2,5
Линия 1796	11,4	18,2	40	77	18,2	58,6 BC	3.3	2,8	392	0,49	3,5
Линия Гера 410	11,1	19,0	44	63	19,0	54,6 BC	2.3	2,5	348	0,56	2,3
Линия 1939	11,2	16,7	38	85	16,7	60,4 BC	2,0	2,0	350	0,50	1,8
Линия Гера 401	11,2	18,7	34	79	18,7	53,3 BC	2,0	2,0	322	0,51	2,0
Линия 32	11,9	17,6	38	99	17,6	61,4 BC	2,0	2,0	361	0,49	1,8
Линия 5901	11,5	17,0	34	74	17,0	54,4 BC	2,0	2,0	331	0,44	2,9

Сравнивая качество клейковины в зерне пшеницы и тритикале, следует отметить, что у тритикале более слабая клейковина. Поэтому определение сырой клейковины проводили вручную. На приборе Глютаматик такая клейковина отмывается плохо, результаты повторных определений не совпадают. Тесто из муки тритикале обладает коротким периодом его образования и относительно низкой стабильностью в сравнении с пшеничной мукой. В основном, по этой причине хлебная выпечка из тритикале по объему уступает пшеничной. Исходя из показателей качества муки предпочтительно использовать ее в смеси с пшеничной мукой для выпечки хлеба, с целью придания ему большего объема. В условиях 2021 года тесто из муки тритикале сорта Гера имело наиболее высокое время образования и дольше сохраняло стабильность. (табл. 5). Хлеб из такой муки сохранял свежесть более длительное время и медленно черствел (показатель C_5). Поэтому, важным направлением селекционной работы является закрепление таких показателей качества зерна и муки.

Таблица 5

Реологические показатели теста из муки озимой тритикале (прибор Миксолаб 2)

Сорт, линия	Время образования теста	Стабильность, мин.	ВПС, %	C_2 Крутящий момент Н*м	C_5 Крутящий момент Н*м
Нина	1,07	2,1	60,1	1,109	1,745
Гермес	1,25	1,9	60,0	1,196	1,716
Немчиновская 56	1,20	1,6	59,8	1,090	1,822
Виктор	1,37	2,5	58,0	1,110	1,563
Гера 401	1,45	3,4	58,5	1,147	2,246
Гера	1,30	2,8	58,6	1,123	1,833

Заключение

В результате многолетних исследований из мировой коллекции озимой тритикале выделены сортообразцы с комплексом положительных признаков и свойств Топаз, Богуслав, Обрий Мироновский, Букет, Вектор, Нортенс, которые используются в селекционной практике.

Созданы с внесением в Госреестр селекционных достижений, допущенных к использованию, новые более высокопродуктивные сорта Капелла, Арктур и Акинак, обеспечивающие получение урожая зерна до 10-12 т/га.

Целесообразно усиливать эксперименты, с целью получения сортов тритикале, с более высоким потенциалом устойчивости к биотическим и абиотическим стрессам, включая морозостойкость, толерантность к снежной плесени, септориозу, фузариозу колоса. Важным является решение проблемы повышения качества зерна озимых сортов, в том числе содержания белка, клейковины, показателей хлебопекарных свойств.

Литература

1. Воронов С.И., Медведев А.М., Бородачев В.В., Плещачев Ю.Н., Штырхун В.Д. Инновационные технологии и возделывание полевых культур в Нечерноземной зоне Российской Федерации. Монография. – М.: - 2021. – 184 с.
2. Гриб С.И., Буштевич В.Н. Приоритетные направления и результаты селекции тритикале в Белоруссии. Тритикале. Материалы Междунар. научно. – практ. конференции «Селекция, генетика, агротехника и технологии переработки сырья», - Ростов на Дону.: DOI:2021.C.19-32. 10.34924/FRARC.2020.35.87.002
3. Медведев А.М., Медведева Л.М., Комаров Н.М. и др. Озимая и яровая тритикале в Российской Федерации. Коллективная монография. – М.:2017.-289 с.
4. Гординская Е.А., Грабовец А.И., Крохмаль А.В., Барулина Н.И., Бирюкова О.В. Характеристика биологического потенциала сортов озимой тритикале. – Зернобобовые и крупяные культуры, - № 2 (38), - 2021. – С. 158-164. DOI: 10.24412/2309-348X-2021-2-158-164
5. Ковтуненко В.Я., Панченко В.В., Калмыш А.П. Использование яровых тритикале в селекции озимых // Тритикале. Материалы Междунар. науч. – практ. конференции «Селекция, генетика, агротехника и технологии переработки сырья», - Ростов на Дону, - 2021. – С. 33-42. DOI: 10.34924/FRARC.2020.48.31.001

6. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта с основами статистической обработки результатов испытания. 5 издание. - М: Агропромиздат. - 1985. – 352 с.
7. Методика Государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур. Технологическая оценка зерновых, крупяных и зернобобовых культур. Под общей редакцией М.А. Федина. – М.: - 1988. – 121 с.
8. Мережко А.Ф., Удачин Р.А. Методические указания. Санкт-Петербург, - ВИР.: - 1999. – 32 с.

References

1. Voronov S.I., Medvedev A.M., Borodachev V.V., Pleskachev Y.N., Shtirhunov V.D. Innovazionnie tehnologii i vozdelivanie polevix kultur v Nechernozemnoi zone Rossiiskoi Federatsii (monografia) [Innovative technologies and cultivation of field crops in the non-chernozem zone of the Russian Federation (collective monograph)]. Moscow, 2021, 184 p. (In Russian)
2. Grib S.I., Byshtevich V.N. Prioretetnie napravleniya i rezultati selekzii triticales v Belaryssi [Priority directions and results of triticales breeding in Belarus]. Triticale. Materialu mejdunarodnoi nauch. – pract. Konferenzii «Triticale. Breeding, genetics, agricultural engineering and raw material processing technologies», Rostov-na Donu, 2021, pp.19-32. DOI: 10.34924/FRARC.2020.35.87.002
3. Medvedev A.M., Medvedeva L.M., Komarov, et. al. Ozimaya i yarovaya triticales v Rossiiskoi Federatsii (kollektivnaya monografia) [Winter and spring triticales in the Russian Federation (collective monograph)]. Moscow, 2017, 284 p. (In Russian)
4. Gordinskaya E.A., Grabovets A.I., Krokmal A.V., Barulina N. I. Biryukova O.V. haracterictica biologicheskogo potentsiala sortov ozimogo triticales [Characteristics of biological potential of winter triticales varieties]. Zernobobovye i krupyanye kul'tury, № 2(38), 2021, p.158. (In Russian) DOI: 10.24412/2309-348X-2021-2-158-164
5. Kovtunenkov V.Y., Panchenko V.V., Kalmysh A.P. Ispolzovanie jrovih triticales v selekzii ozimih [The use of spring triticales in the selection of winter crops]. Triticale. Materialu mejdunarodnoi nauch. – pract. Konferenzii «Triticale. Breeding, genetics, agricultural engineering and raw material processing technologies», Rostov-na Donu, 2021, pp. 33-42. DOI: 10.34924/FRARC.2020.48.31.001
6. Dospekhov B.A. Metodika polevogo opyta s osnovami statisticheskoi obrabotki rezultatov ispytania, 5-e izdanie [Field experiment technique with the basis of statical processing of test result, the 5 edition], Moscow, Agropromizdat, 1988, 352 p. (In Russian)
7. Metodika gosudarstvennogo ispytaniya sel'skokhozyaistvennykh kul'tur. Tekhnologicheskaya otsenka zernovykh, krupyanykh i zernobobovykh kul'tur. Pod obshchi redaktsie M. A. Fedin [Methodology for state testing of agricultural crops. Technological assessment of cereals groat and legume crops. Under the general editorship of M. A. Fedin], Moscow, 1985, 121 p. (In Russian)
8. Merezko A.F., Udachin R.A. Metodicheskie ukazaniya [Metoditcal instructions], St. Petersburg, VIR, 1999, 32 p. (In Russian)

ФОРМИРОВАНИЕ ПРОДУКТИВНОСТИ ЯРОВОГО ЯЧМЕНЯ В СТРЕССОВЫХ УСЛОВИЯХ

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

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

С.А. КУЗЬМЕНКО, кандидат сельскохозяйственных наук, ORCID ID: 0000-0001-8934-4237

E-mail: niish1c@mail.ru

ФГБНУ «ВОРОНЕЖСКИЙ ФАНЦ ИМ. В.В. ДОКУЧАЕВА»

*Проведено сравнительное изучение сортов ячменя по основным элементам продуктивности на коротком (10-часовом) световом дне. Целью исследований являлись поиск и совершенствование методов оценки и отбора генотипов ярового ячменя, максимально адаптированных к местным метеоусловиям. Материалом для исследований служили сорта степного и западно-европейского происхождения в сравнении с селекционными линиями КСИ. Продуктивная кустистость на коротком дне была значительно снижена у западных сортов и составила 40,9% к контрольному варианту, у степных сортов и линий показатель более высокий – 60,1 и 59,4% соответственно. Количество выколосившихся на коротком дне растений наиболее высоким (54,9%) было в группе степных сортов, в группе западно-европейских сортов этот показатель был самым низким – 30,8%, линии КСИ – занимают промежуточное положение – 45,9%. Этот показатель положительно взаимосвязан с элементами продуктивности в 1-м пересеве: $r = 0,45^{**}$ – $0,80^{***}$, слабо коррелирует с массой 1000 зерен во втором пересеве: $r = 0,32^{*}$ – $0,34^{*}$. Показатели массы и количества зерен в сформированных на коротком дне колосьях отрицательно связаны с продуктивностью в 2021 году: в контрольном варианте $r = -0,60^{**}$, в посеве из растений, выращенных на коротком дне, $r = -0,68^{**}$. У степных сортов и линий КСИ восстановление всех изученных показателей отмечено уже на следующий год, с превышением над контролем массы зерна с колоса или продуктивной кустистости. Значимое увеличение продуктивности из отобранных колосьев отмечено у степных сортов местного происхождения, т.е. можно предположить у них наличие биотипов с аллелями нейтральной фотореакции. Фактор короткого дня способствует торможению физиологических процессов формирования растения, тем самым, вероятно, стимулирует преимущественное развитие позднеспелых, с высоким потенциалом продуктивности биотипов. Эти предположения с успехом можно использовать в селекционном процессе при отборах продуктивных адаптированных к условиям области линий ячменя.*

Ключевые слова: ячмень, сорт, длина дня, элементы продуктивности, корреляция, урожайность.

Для цитирования: Голова Т.Г., Ершова Л.А., Кузьменко С.А. Формирование продуктивности ярового ячменя в стрессовых условиях. *Зернобобовые и крупяные культуры*. 2022; 2(42):98-105. DOI: 10.24412/2309-348X-2022-2-98-105

FORMATION OF SPRING BARLEY PRODUCTIVITY UNDER STRESSFUL CONDITIONS

T.G. Golova, L.A. Ershova, S.A. Kuzmenko

E-mail: niish1c@mail.ru

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

Abstract: *A comparative study of barley varieties by the main elements of productivity on a short (10-hour) light day was carried out. The aim of the research was to search for and improve methods for assessing and selecting genotypes of spring barley, maximally adapted to local weather conditions. The research materials were varieties of steppe and Western European origin in comparison with the breeding lines of the competitive variety testing (CVT). Productive bushiness on a short day was significantly reduced in western varieties and amounted to 40.9% of the control variant, in steppe varieties and lines the indicator is higher – 60.1 and 59.4%, respectively. The number of plants planted on a short bottom was the highest (54.9%) in the group of steppe varieties, in the group of Western European varieties this indicator was the lowest - 30.8%, the CVT lines occupy an intermediate position – 45.9%. This indicator is positively correlated with the elements of productivity in the 1st replanting: $r = 0,45^{**}$ - $0,80^{***}$, weakly correlates with the mass of 1000 grains in the second re-sowing: $r = 0,32^{*}$ - $0,34^{*}$. The indicators of the mass and number of grains in the ears formed on a short day are negatively related to productivity in 2021: in the control variant, $r = -0.60^{**}$, in sowing from plants grown on a short day, $r = -0.68^{**}$. In steppe varieties and CVT lines, the restoration of all studied indicators was noted already the following year, with an excess over the control of grain weight from the ear or productive bushiness. A significant increase in productivity from the selected ears was noted in steppe varieties of local origin, i.e. it can be assumed that they have biotypes with neutral photoreaction alleles. The short-day factor contributes to the inhibition of the physiological processes of plant formation, thereby probably stimulating the predominant development of late-maturing, high-potential genotypes. These assumptions can be successfully used in the breeding process when selecting productive barley lines adapted to the conditions of the region.*

Keywords: barley, sort, length of day, elements of the productivity, correlation, productivity.

Введение

Климат Воронежской области, расположенной на юго-востоке ЦЧР, резко континентальный, с неравномерным выпадением осадков по годам и в течение вегетационного периода. Основным лимитирующим фактором на юго-востоке зоны, где расположена Воронежская область, является влагообеспеченность, все более снижающаяся в последние годы, периоды без осадков, превышающие 10-20 дней, бывают ежегодно. Особенно губительны майские и июньские засухи, периоды до колошения становятся более жаркими. Кроме этого, засушливые годы периодически сменяются годами с достаточной влагообеспеченностью всего периода вегетации. В этих условиях важной производственной необходимостью при возделывании ячменя является наличие адаптированных сортов, формирующих высокую продуктивность в благоприятные годы и не снижающих ее резко в условиях засухи [1, 2].

В селекционной работе по яровому ячменю Воронежского ФАНЦ им. Докучаева основным хозяйственным показателем является продуктивность сортов, полученная в конкретных климатических условиях, что является гарантией адаптивной приспособленности. Уровень продуктивности сорта является наследуемым, генетически закрепленным признаком, но он говорит лишь о потенциальных возможностях сорта для получения того или иного урожая. Реальная величина урожайности зависит от биологических особенностей сорта и условий выращивания. В работе Линчевского А.А. и Мельникова В.И. [3] установлено, что сорта ярового ячменя с наибольшим ареалом распространения, т. е. обладающие повышенной адаптивностью, имеют пониженную фотопериодическую чувствительность. Показатель низкой ФПЧ в сочетании с комплексом других хозяйственно ценных показателей, может быть весьма существенным в селекционных исследованиях [4].

Ячмень является культурой длинного дня. У фоточувствительных сортов ячменя реакция на длину дня происходит при освещенности менее 16-ти часов, а сокращение его до 12-ти часов вызывает нарушение процессов генеративного развития [5]. Наибольшая изменчивость при отклонении продолжительности светового дня от нормы наблюдается на

третьем (дифференциация конуса нарастания), пятом (начало образования и дифференциация цветков) и седьмом (развитие женского и мужского гаметопита) этапах органогенеза. Как отмечает Куперман Ф.М., у ячменя формирование генеративных тканей, образование фертильной пыльцы и созревание клеток зародышевого мешка обычно завершается до начала колошения [6].

Целью исследований является поиск и совершенствование методов оценки и отбора генотипов ярового ячменя, максимально адаптированных к местным метеороусловиям. Для этого был применен метод ВСГИ, прошедший апробацию в тепличных условиях периода осень-зима, с применением короткого светового дня [3].

Материал и методы исследований

Исследования проводили в 2019–2021 годах в селекционном севообороте Каменной Степи, расположенном в центральной части Воронежской области. Материалом для исследований служили местные сорта (Таловский 9, Олимпиец, Докучаевский 1, Докучаевский 10, Хопер, Янтарь) и районированные сорта, созданные в засушливых условиях (Щедрый, Медикум 157) – степная группа и сорта интенсивного типа (Владимир, Беатрис, Посада, Саншайн, Эйфель) – западноевропейская группа, в сравнении с перспективными селекционными линиями Воронежского ФАНЦ. Посев под укрытие проводился ручными сажалками по 40 зерен на погонном метре, в дальнейшем при пересевах в 2020 и 2021 годах учет продуктивности производился при полном световом дне на 1 кв. м. в трехкратной повторности. Короткий световой день (10 часов) создавался путем укрытия двойным черным плотным (2×60 г/м²) нетканым материалом «Агрокрон» с 14.00 до 4.00 часов, сверху дополнительно белой тканью для отражения солнечных лучей. Период укрытия – от фазы трех листьев до фазы колошения. В фазу колошения (колос выдвинулся на 1/2 - 1/3 из влагалища флагового листа) на стебли навешивались метки, впоследствии эти вызревшие колосья проходили испытание в варианте – отбор продуктивных колосьев. После этого укрытие больше не производилось, все растения вызревали на полном световом дне и в дальнейшем проходили испытание в варианте – световой день 10 час. до колошения. Предшественником являлись посевы гороха на зерно, агротехника общепринятая в области. Учеты, наблюдения и оценки проводили по методике Госкомиссии по испытанию и охране селекционных достижений. Статистическая обработка данных проведена на ПК «СХ STAT» по методике Б.А. Доспехова (1985). Коэффициенты корреляции рассчитывались по всем изученным сортам за три года исследований (2019-2021).

Метеорологические условия проведения опытов были разнообразными, но температурный фактор в межфазные периоды по годам однозначно менялся в сторону повышения. За периоды вегетации 2019-2021 годов превышение среднедекадных температур над многолетними данными составило от 8,3 до 16,6% (табл. 1). Апрель 2020 года был близок к среднемноголетним значениям, в 2019 и 2021 годах этот период сложился со значительным превышением их до 20,7 – 30,8%. В период от колошения до спелости за все годы температурный фон был превышен на 6,1 – 25,6%.

Количество осадков за представленный период было резко и слабо недостаточным в 2019 и 2020 годах, и составило 80,8 и 98,4% в сравнении со среднемноголетними значениями, превышение отмечено только в 2021 году на 11,5%. По фазам развития ячменя период колошение – спелость однозначно жаркий и сухой за все годы: ГТК составил от 0,73 до 0,84. В целом следует охарактеризовать 2019 год как сухой с повышенными температурами всего периода вегетации. В 2020-21 годах до колошения складывались оптимальные условия для развития ячменя при комфортных температурах и повышенной влагообеспеченности, особенно в 2021 году. Однако дальнейший период до спелости сложился максимально жестко: ГТК составил 0,73 и 0,74 соответственно. Таким образом, метеороусловия вегетационных периодов ячменя за 2019-2021 годы объективным образом характеризуют спектр разнообразия погодных условий центральной части Воронежской области.

Таблица 1

Метеоусловия за период изучения

Годы, показатели	Апрель		Всходы-колошение		Колошение-спелость		Период вегетации	
	% к ср. мн.	ГТК	% к ср. мн.	ГТК	% к ср. мн.	ГТК	% к ср.мн.	ГТК
Сумма среднедекадных температур, °С								
2019	130,8	0,60	118,8	0,57	106,1	0,84	111,8	0,71
2020	93,0	2,31	97,3	1,41	117,3	0,73	108,3	0,90
2021	120,7	0,99	79,9	1,63	125,6	0,74	116,6	0,94
Ср. мн.	22,7	1,49	62,3	1,00	77,0	0,98	139,3	0,99
Количество выпавших осадков, мм								
2019	53,2		67,8		91,5		80,8	
2020	146,5		111,0		88,0		98,4	
2021	80,0		130,4		95,9		111,5	
Ср. мн.	34,0		62,5		75,6		138,1	

Результаты и их обсуждение

В опыте Линчевского А.А. и Мельника В.И. [3] было показано, что повышенная адаптивность малочувствительных к фотопериоду сортов проявляется в менее изменяющейся от длины дня кустистости, меньшем проценте стерильных цветков в колосе на укороченном дне. В наших исследованиях выращивание сортов и селекционных линий на 10-ти часовом световом дне осуществлялось посредством укрытия в 2019 году. Данные за 2020 и 2021 годы представляют собой пересевы выращенных на коротком дне растений до фазы колошения и отборов вызревших колосьев, которые выколосились непосредственно под укрытием (таблицы 2.1, 2.2, 2.3). Были изучены у каждого сорта оригинальные показатели: доля (процентное отношение) выколосившихся на коротком дне растений и доля полученных продуктивных стеблей, хозяйственные элементы: продуктивная кустистость, масса зерна с растения, масса зерна с колоса, масса 1000 зерен, продуктивность посева с одного квадратного метра (г/м^2).

Таблица 2

Хозяйственные показатели различных групп сортов ячменя по вариантам (2019-2021 гг.)
2.1 – Полный световой день (контроль)

Группы сортов	Годы	Пр. к, шт	М. зр, г	М. зк, г	МТЗ, г	Урожайность, г/м^2
Степные	2019	3,66	2,38	0,64	47,9	
	2020	3,30	2,30	0,70	51,3	
	2021				43,7	402,0
Западно-европейские	2019	3,62	2,06	0,57	44,5	
	2020	3,00	1,78	0,61	46,4	
	2021				41,9	395,2
Линии КСИ	2019	4,16	2,67	0,64	45,1	
	2020	3,20	2,30	0,72	48,9	
	2021					429,6
НСР ₀₅	2019	0,38	0,37	0,06	1,6	
	2020	0,26	0,21	0,06	2,7	
	2021					38,0

2. 2 – Световой день 10 час. (2019 г), 1-й и 2-й пересевы (2020, 2021 гг.)

Группы сортов	Годы	Вык. раст., %	Пр. к, шт	М. зр, г	М. зк, г	МТЗ, г	Урожайность, г/м ²
Степные	2019	54,9	2,20	0,61	0,27	42,1	
	2020		3,61	2,60	0,72	51,7	
	2021					43,3	400,4
Западно-европейские	2019	30,8	1,48	0,32	0,20	36,5	
	2020		2,90	1,62	0,56	45,5	
	2021					41,5	432,2
Линии КСИ	2019	45,9	1,47	0,45	0,30	38,8	
	2020		3,23	2,30	0,70	49,2	
	2021					42,0	448,0
НСР ₀₅	2019	11,8	0,42	0,21	0,06	1,9	
	2020		0,37	0,32	0,07	2,4	
	2021						24,8

2. 3 – Отбор продуктивных колосьев (10 час.) (2019 г), 1-й и 2-й пересевы (2020, 2021 гг.)

Группы сортов	Годы	Пр.ст., %	Пр. к, шт	М. зр, г	М. зк, г	МТЗ, г	Урожайность, г/м ²
Степные	2019	47,7			0,44	43,7	
	2020		3,40	2,80	0,85	52,7	
	2021					42,5	413,6
Западно-европейские	2019	51,0			0,45	41,6	
	2020		3,08	1,90	0,62	48,2	
	2021					41,7	392,8
Линии КСИ	2019	33,0			0,32	45,1	
	2020		3,47	2,45	0,71	49,2	
	2021					42,2	432,0
НСР ₀₅	2019	6,9			0,08	2,3	
	2020		0,48	0,4	0,12	2,3	
	2021						28,4

Примечание: Пр. к. – продуктивная кустистость, М. з р – масса зерна с растения, М. з к – масса зерна с колоса, МТЗ – масса 1000 зерен, Вык. раст. – процент растений, выколосившихся на 10 часовом дне, Пр. ст. – процент продуктивных стеблей, выколосившихся на 10 часовом дне, Урожайность – масса зерна с квадратного метра.

Сразу обращает внимание, что количество выколосившихся на коротком дне растений в группе степных сортов наиболее высокое – 54,9%, в группе западно-европейских сортов этот показатель значительно ниже – 30,8%, линии КСИ занимают промежуточное положение – 45,9%. Процентное отношение продуктивных стеблей, которые выколосились под укрытием (вызревшие колосья) при температурных значениях в полуденные часы до 50°C, к их общему количеству составило около половины у групп сортов (47,7 и 51,0%) и 33,0% у новых линий. Более высокие значения отмечены у западных сортов, что вероятно связано, по нашим данным, с их более высокими показателями жаростойкости в полевых условиях, которые определялись по уровню интенсивности транспирации [7].

Продуктивная кустистость на коротком дне была значительно снижена у западных сортов и составила 40,9% к контрольному варианту, у степных сортов и линий показатель более высокий – 60,1 и 59,4% соответственно, что говорит о более высокой адаптации к

местным условиям. Более высокое снижение значений на коротком дне отмечено по массе зерна с растения: до 85,4% – у западных сортов, 74,4 и 75,7% у степных сортов и линий соответственно. По показателям массы зерна с колоса и менее значимо массы 1000 зерен также более низкий процент реализации на коротком дне был у западно-европейских сортов. Причем по массе зерна с колоса и растения при пересеве на следующий год, даже при более благоприятных условиях, эти значения у западных сортов не достигли таковых из контрольного варианта. Значит, у этих форм при выращивании на коротком дне произошли более глубокие изменения в физиологических реакциях на стрессовый фактор. У степных сортов и линий КСИ восстановление всех показателей отмечено уже на следующий год, с превышением над контролем массы зерна с колоса (0,85 г против 0,70 г – степные сорта) или продуктивной кустистости (3,47 шт против 3,20 шт – линии КСИ) у растений, полученных от колосьев, сформировавшихся до колошения на коротком дне.

Таблица 3

**Урожайность сортов ячменя в результате отборов растений, выращенных
на коротком световом дне**

Название сорта	2019 г. Световой день 10 час.		2021 г. Урожайность, г/м ² по вариантам опыта 2019 года		
	Выколосилось растений, %	Продуктивных колосьев, %	Контроль	Световой день 10 час.	Отбор колосьев
Степные	54,9	47,7	402,0	400,4	413,6
Щедрый	24,0	42,8	488,0	439,2	394,0
Медикум 157	65,0	50,0	420,8	380,8	426,0
Докучаевский 1	30,8	40,0	347,2	366,0	488,0
Таловский 9	66,7	57,1	451,2	479,2	350,0
Докучаевский 10	63,3	41,5	380,0	363,2	466,0
Олимпиец	26,3	31,2	272,0	338,0	422,8
Хопер	77,4	59,0	438,0	443,2	406,0
Янтарь	66,7	50,0	411,2	394,8	468,0
Икорец	50,0	50,0	354,0	364,8	375,2
Западные	30,8	51,0	395,2	423,2	392,8
Владимир	15,4	37,5	399,2	462,0	465,2
Беатрис	34,6	37,5	419,2	436,8	389,2
Посада	30,0	50,0	340,0	395,2	354,8
Саншайн	24,1	50,0	402,8	386,0	428,8
Ейфель	50,0	80,0	415,2	436,0	326,8
НСР ₀₅	11,8	6,9	38,0	24,8	28,4

Масса зерна с делянки у степных сортов во втором пересеве в 2021 году была незначительно выше из варианта с отобранными колосьями: 413,6 г/м², варианты контроля и из растений, выращенных на коротком дне, равноценны по продуктивности (табл. 2, 3). Особенно значительное увеличение продуктивности из отобранных колосьев отмечено у степных сортов местного происхождения: Докучаевский 1, Докучаевский 10, Олимпиец, Янтарь, т.е. можно предположить у них наличие биотипов с аллелями нейтральной фотореакции. Из западных сортов к таковым можно отнести сорт Саншайн. У сортов западно-европейской группы значительно более высокая продуктивность была сформирована из растений, выращенных на коротком дне в 2019 году до фазы колошения: 423,2 г против 395,2 г в контрольном варианте. Из сортов местного происхождения только у районированного сорта Таловский 9 наблюдалось небольшое увеличение продуктивности из растений, выращенных под укрытием. Линии КСИ были значительно продуктивнее сортов различного происхождения во всех вариантах, однако максимальную прибавку показали также из растений, выращенных на коротком дне в 2019 году – 448,0 г. Фактор короткого

дня, способствует торможению физиологических процессов формирования растения, тем самым, вероятно, стимулирует преимущественное развитие более позднеспелых, с высоким потенциалом продуктивности, биотипов.

Проведен анализ коэффициентов корреляции элементов продуктивности растений, выращенных на коротком дне в 2019 году, с продуктивностью пересевов (2020, 2021 гг.). Его результаты показывают, что доля выколосившихся в 2019 году на коротком дне растений положительно взаимосвязана с величинами изученных элементов продуктивности растений в 1-м пересеве из вариантов короткого дня: с продуктивной кустистостью коэффициент корреляции составил $r = 0,41^* - 0,71^{**}$, с массой зерна с растения – $r = 0,64^{**} - 0,80^{***}$, с массой зерна с колоса – $r = 0,33^* - 0,47^{**}$, с массой 1000 зерен – $r = 0,45^{**} - 0,66^{**}$ (здесь и далее: ***, **, * – достоверно на 0,1, 1,0 и 5,0 % уровнях значимости). Во втором пересеве отмечена слабая положительная взаимосвязь этого же показателя с массой 1000 зерен: $r = 0,32^* - 0,34^*$. С долей продуктивных колосьев, выколосившихся под укрытием, положительно коррелирует урожайность сортов (г/м^2), полученная во 2-м пересеве (2021 г) из растений, выращенных на коротком дне ($r = 0,37^*$), и отрицательно – из колосьев, сформированных под укрытием ($r = -0,61^{**}$). На величину массы 1000 зерен этот показатель оказывает слабое положительное влияние: $r = 0,42^* - 0,44^*$. Масса и количество зерен выколосившихся в 2019 году на коротком дне колосьев отрицательно связаны с последующей продуктивностью в 2021 году: в варианте из растений с короткого дня коэффициенты корреляции составили от $-0,60^{**}$ до $-0,68^{**}$ соответственно, с вариантом из выколосившихся на коротком дне колосьев зависимости не выявлено.

Выводы

Таким образом, продуктивная кустистость на коротком дне была значительно снижена у западных сортов и составила 40,9% к контрольному варианту, у степных сортов и линий показатель более высокий – 60,1 и 59,4% соответственно. Количество выколосившихся на коротком дне растений в группе степных сортов наиболее высокое – 54,9%, в группе западно-европейских сортов этот показатель значительно ниже – 30,8%. Доля выколосившихся на коротком дне растений положительно влияет на элементы продуктивности 1-го посева: $r = 0,45^{**} - 0,80^{***}$. Во втором пересеве отмечена слабая положительная взаимосвязь с массой 1000 зерен: $r = 0,32^* - 0,34^*$.

Процентное отношение продуктивных стеблей, которые выколосились под укрытием при температурных значениях в полуденные часы до 50°C, более высокое у западных сортов, что вероятно связано, по нашим данным, с их более высокими показателями жаростойкости в полевых условиях. Масса и количество зерен в отобранных колосьях под укрытием доказуемо отрицательно связано с последующей продуктивностью в 2021 году.

Значительное увеличение продуктивности из отобранных колосьев во втором пересеве отмечено у степных сортов местного происхождения: Докучаевский 1, Докучаевский 10, Олимпиец, Янтарь, т.е. можно предположить у них наличие биотипов с аллелями нейтральной фотореакции. Фактор короткого дня способствует торможению физиологических процессов формирования растения, тем самым, вероятно, стимулирует преимущественное развитие более позднеспелых, с высоким потенциалом продуктивности генотипов. Эти предположения с успехом можно использовать в селекционном процессе при отборах продуктивных адаптированных к условиям области линий ячменя.

Литература

1. Горянин О.И. и др. Технологии возделывания ярового ячменя в засушливых условиях Поволжья// Достижения науки и техники АПК. - 2020. - № 9. – С. 42-48.
2. Баташева Б.А. и др. Необходимые признаки сортов ячменя для адаптации к неблагоприятным погодным условиям// Вестник Российской сельскохозяйственной науки. - 2018. - № 5. – С. 41-46.
3. Линчевский А.А., Мельников В.И. Адаптивность сортов ярового ячменя в связи с фотопериодической чувствительностью// Вестник сельскохозяйственной науки. - 1988. - № 11. – С. 69-75.
4. Голова Т.Г., Ершова Л.А., Кузьменко С.А. Влияние длины светового дня на формирование продуктивности ярового ячменя // Зернобобовые и крупяные культуры. – 2020. - №4. – С. 130-135.
5. Звейнек И.А., Ковалева О.Н. Скрининг образцов местных ячменей на чувствительность к фотопериоду. Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции. - 2018. - Вып. 179(3). – С. 179-187.

6. Куперман Ф.М. Биология развития культурных растений. – М.: Высшая школа, - 1982. – С. 143-452.
7. Голова Т.Г., Ершова Л.А. Морфологические особенности сортов ячменя разных биотипов// Монография под ред. д.с./х.н. Окоркова В.В. «Современные тенденции в научном обеспечении агропромышленного комплекса». Иваново, - 2019. – С. 209-2013.

References

1. Goryanin O.I. et al. Tekhnologii vozdeleyvaniya yarovogo yachmenya v zasushlivykh usloviyakh Povolzh'ya. [Technologies of cultivation of spring barley in arid conditions of the Volga region. Achievements of science and technology of agriculture.] *Dostizheniya nauki i tekhniki APK*. 2020, no. 9, pp. 42-48. (In Russian)
2. Batasheva B.A. et al. Neobhodimye priznaki sortov yachmenya dlya adaptatsii k neblagopriyatnym pogodnym usloviyam. [Necessary traits of barley varieties for adaptation to adverse weather conditions] *Vestnik Rossijskoj sel'skohozyajstvennoj nauki*. 2018, no 5, pp. 41-46. (In Russian)
3. Linchevskiy A.A., Melnikov V.I. Adaptivnost sortov yarovogo yachmenya v svyazi s fotoperiodicheskoj chuvstvitelnostyu [Adaptivity of sorts of a spring barley in connection with a sensitiveness to length of day]. *Vestnik sel'skohozyajstvennoj nauki - Announcer of agricultural science*, 1988, no 11, pp. 69-75. (In Russian)
4. Golova T.G., Ershova L.A., Kuz'menko S.A. Vliyanie dliny svetovogo dnya na formirovanie produktivnosti yarovogo yachmenya. [The influence of daylight length on the formation of productivity of spring barley] *Zernobobovye i krupyanye kul'tury*. 2020, no 4, pp. 130-135. (In Russian)
5. Zvejnek I.A., Kovaleva O.N. Skrining obraztsov mestnykh yachmenei na chuvstvitel'nost' k fotoperiodu [Screening of local barley samples for photoperiod sensitivity]. *Trudy' po prikladnoj botanike, genetike i selekcii - Works on applied botany, genetics and breeding*. 2018, Iss. 179 (3), pp. 179-187.
6. Kuperman F.M. Biologiya razvitiya kulturnykh rasteniy [Biology of development of cultural plants]. Moscow: Vysshaya shkola - Moscow: Higher school, 1982, pp. 143-452. (In Russian)
7. Golova T.G., Ershova L.A. Morfologicheskie osobennosti sortov yachmenya raznykh biotipov [Morphological features of barley varieties of different biotypes]. [Monograph, D-r Agr. Okorkov V.V. ed.,] «Sovremennye tendentsii v nauchnom obespechenii agropromyshlennogo kompleksa» ["Modern trends in the scientific support of the agro-industrial complex"]. Ivanovo, 2019, pp. 209-2013

УРОЖАЙНОСТЬ И ЭЛЕМЕНТЫ ЕЕ СТРУКТУРЫ ПЕРСПЕКТИВНЫХ ЛИНИЙ ЯРОВОЙ ПШЕНИЦЫ В КОНКУРСНОМ СОРТОИСПЫТАНИИ

Е.И. МАЛОКОСТОВА, кандидат сельскохозяйственных наук

А.В. ПОПОВА, младший научный сотрудник, ORCID ID: 0000-0001-5186-6320

ФГБНУ «ВОРОНЕЖСКИЙ ФАНЦ ИМЕНИ В.В. ДОКУЧАЕВА»

E-mail: niish1c@mail.ru

В статье представлены результаты научно-исследовательской работы в конкурсном испытании по селекции яровой пшеницы за 2019-2021 гг. Цель работы – исследование урожайности и элементов ее структуры перспективных линий яровой мягкой и твердой пшеницы для дальнейшего использования опытного материала в селекционном процессе. Установлено, что в мягкой пшенице все наблюдаемые образцы колебались по урожайности по годам, но в среднем за 3 года имели незначительное отклонение от стандарта. Выявлено, что продуктивность складывается из следующих элементов структуры: число продуктивных колосьев перед уборкой на единице площади, длина колоса, числа развитых колосков и зерен в колосе, а также крупности зерна. В опытах 2019-2021 гг. большее число колосьев на 1 м² перед уборкой было отмечено у линий 32 (13), 2905 (14) (мягкая пшеница) и 844 (15) (твердая пшеница). При оценке продуктивности колоса в опытах 2019-2021 гг. число колосков в колосе с максимальным значением (14,4 и 15,1 шт.) было отмечено у образцов 2905(14), 1799(14) (мягкая пшеница) и 930(15) (твердая пшеница). Анализ проведенных наблюдений показал, что длина колоса, число колосков и число зерен в колосе мягкой пшеницы больше, чем в твердой, но масса 1000 зерен твердой пшеницы превышает этот же показатель мягкой пшеницы. Установлено, что наиболее ценны для селекции сортообразцы 1799(14), 926(15) и 930(15), сочетающие многозерность с крупностью зерна. Проведенный анализ структуры урожайности перспективных линий показал, что продуктивность складывается из элементов структуры. Именно на них следует обращать внимание селекционерам при подборе образцов для гибридизации при селекции на продуктивность.

Ключевые слова: мягкая пшеница, твердая пшеница, урожайность, структурный анализ, колос, линия.

Для цитирования: Малокостова Е.И., Попова А.В. Урожайность и элементы ее структуры перспективных линий яровой пшеницы в конкурсном сортоиспытании. *Зернобобовые и крупяные культуры*. 2022; 2(42):106-110. DOI: 10.24412/2309-348X-2022-2-106-110

YIELD AND ELEMENTS OF ITS STRUCTURE OF PROMISING SPRING WHEAT LINES IN COMPETITIVE VARIETY TESTING

Malokostova E.I., Popova A.V., ORCID ID: 0000-0001-5186-6320

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

Abstract: The article presents the results of research work in the competition test for the selection of spring wheat for 2019-2021. The purpose of the work is to study the yield and elements of its structure of promising lines of spring soft and durum wheat for further use of the experimental

material in the breeding process. It was found that for soft wheat, all the observed samples fluctuated in yield over the years, but on average for 3 years had a slight deviation from the standard. It was revealed that productivity consists of the following structural elements: the number of productive ears before harvesting per unit area, the length of the ear, the number of developed spikelets and grains in the ear, as well as grain size. In experiments 2019 - 2021, a greater number of ears per 1 m² before harvesting was noted in lines 32 (13), 2905 (14) (soft wheat) and 844 (15) (durum wheat). When assessing the productivity of the ear in the experiments of 2019 – 2021, the number of spikelets in the ear with the maximum value (14.4 and 15.1 pcs.) was noted in the samples 2905(14), 1799(14) (soft wheat) and 930(15)(durum wheat). The analysis of the observations showed that the length of the ear, the number of spikelets and the number of grains in the ear of soft wheat is greater than in hard wheat, but the mass of 1000 grains of durum wheat exceeds the same indicator of soft wheat. It was found that the most valuable for breeding varieties 1799(14), 926(15) and 930(15), combining multi-dimension with grain size. The analysis of the yield structure of promising lines has shown that productivity consists of structural elements. It is these that breeders should pay attention to when selecting samples for hybridization during breeding for productivity.

Keywords: soft wheat, durum wheat, yield, structural analysis, ear, line.

Введение

Технология выращивания зерновых культур, обеспечивающих получение высоких и устойчивых урожаев, в настоящее время продолжает оставаться одной из основных проблем сельского хозяйства, как в нашей стране, так и за рубежом. [1]. Производство зерна пшеницы составляет основу всего агропродовольственного комплекса Российской Федерации и является наиболее крупной отраслью сельского хозяйства, от развития которой в значительной степени зависит продовольственная независимость страны [2]. Повышение урожайности и качества зерна яровой пшеницы имеют важное значение в формировании продовольственной корзины России [3].

Выбор сорта – определяющий фактор интенсификации агротехнологий и в то же время самый малозатратный [4]. Г.В. Коренев еще в 1990 году писал, что высокая урожайность – одно из основных требований к сорту. Он заметил, что урожай – это результат взаимодействия сорта с конкретными условиями внешней среды, а урожайность как сложный признак, можно расчленить на два основных элемента: число растений на единице площади и продуктивность одного растения [Коренев Г.В., 1973 г]. Изучение элементов продуктивности, определяющих урожай, позволяет в значительной степени прогнозировать возможность повышения продуктивности изучаемых сортов пшеницы [1].

Цель работы – исследование урожайности и элементов ее структуры перспективных линий яровой мягкой и твердой пшениц в конкурсном испытании для дальнейшего использования опытного материала в селекционном процессе.

Материал и методы исследований

Исследования проводились в 2019-2021 гг. в конкурсном сортоиспытании на опытном поле Воронежского ФАНЦ им. В.В. Докучаева. Посев делянок с учетной площадью 20 м² проводился сеялкой СУ – 10 в четырех повторениях. Способ размещения опытных делянок – систематический, предшественник – озимая рожь. Норма высева – 5,5 (для мягкой пшеницы) и 5,2 (для твердой) млн. всхожих зерен на 1 га [5]. Агротехника общепринятая для Воронежской области. Фенологические наблюдения и предусмотренные учеты по этапам селекции проводили по методике Государственного сортоиспытания (1985 г). Стандартами в наших опытах служили принятые в области Государственной комиссией по сортоиспытанию сорта яровой мягкой и твердой пшеницы Черноземноуральская 2 и Донская элегия. Для определения элементов структуры урожайности в КСИ были взяты метровки по методике ГСИ (1985 г). Математическая обработка данных по урожайности сделана с помощью

дисперсионного анализа по Доспехову Б. А. с использованием программы Microsoft Excel [6].

Результаты и их обсуждение

В мягкой пшенице все наблюдаемые образцы колебались по урожайности по годам, но в среднем за 3 года имели незначительное отклонение от стандарта: от 99 до 101,3%. В твердой пшенице значительное колебание по данному показателю наблюдалось лишь у линии 926 (15): 2,59 – 3,07 т/га. И, тем не менее, в среднем за 3 года по урожайности данный образец выделился с результатом 100,7% (табл. 1).

Таблица 1

Урожайность сортообразцов яровой пшеницы

Название сорта, линии	Урожайность, т/га				Отклонение от стандарта,%
	2019	2020	2021	средняя за 3 года	
Мягкая пшеница					
Черноземноуральская 2, St	3,05	2,89	3,21	3,05	100
Линия 32(13)	3,02	2,79	3,24	3,02	99,0
Линия 1799(14)	3,04	2,94	3,15	3,04	99,7
Линия 2905(14)	3,08	2,83	3,34	3,09	101,3
НСР ₀₅	0,15	0,15	0,16	-	-
Твердая пшеница					
Донская элегия, St	2,76	2,79	2,76	2,77	100
Линия 1645(06)	2,55	2,63	2,50	2,56	92,4
Линия 844(15)	2,61	2,51	2,79	2,64	95,3
Линия 926(15)	3,07	2,59	2,98	2,79	100,7
Линия 930(15)	2,66	2,54	2,76	2,65	95,7
НСР ₀₅	0,16	0,09	0,14	-	-

Густота продуктивного стеблестоя – один из элементов, составляющих урожайность. В опытах 2019-2021 гг. большее число колосьев на 1 м² перед уборкой было отмечено у линий 32 (13), 2905 (14) (мягкая пшеница) и 844 (15) (твердая пшеница) (табл. 2). Число продуктивных стеблей у этих образцов составило 514, 516 и 495 шт. на 1 м² соответственно. У стандартов Черноземноуральская 2 и Донская элегия число колосьев на 1 м² было равно 499 и 474 шт. на 1 м².

Таблица 2

Элементы структуры урожайности сортообразцов яровой пшеницы (среднее за 2019-2021 гг.)

Название сорта, линии	Число колосьев, шт./м ²	Длина колоса, см	Число колосков колосе, шт.	Число зерен в колосе, шт.	Масса зерна с колоса, г	Масса 1000 зерен, г
Мягкая пшеница						
Черноземноуральская 2, St	499	8,1	14,1	25,0	0,87	34,9
Линия 32(13)	514	7,5	13,7	28,7	0,95	33,1
Линия 1799(14)	415	8,8	15,1	28,3	0,98	34,6
Линия 2905(14)	516	7,7	14,4	27,6	0,86	31,2
НСР _{0,5}	195,8	0,43	0,70	4,56	0,21	-
Твердая пшеница						
Донская элегия, St	474	6,4	12,8	26,4	1,01	38,3
Линия 1645(06)	453	5,7	12,4	21,6	0,80	37,0
Линия 844(15)	495	5,9	12,6	21,8	0,86	39,4
Линия 926(15)	459	5,9	12,4	22,1	0,92	41,6
линия 930(15)	406	5,7	13,6	24,9	1,01	40,6
НСР _{0,5}	152,7	0,26	2,12	2,81	0,28	-

Анализ проведенных наблюдений показал, что длина колоса мягкой пшеницы заметно превышает этот же показатель твердой пшеницы. Лучшие результаты по длине колоса были отмечены у образца мягкой пшеницы 1799(14) (8,8 см) и стандарта твердой пшеницы (6,1 см).

Количество колосков в колосе является одним из важнейших элементов при оценке продуктивности колоса. Среди изученных образцов число колосков в колосе с максимальным значением (14,4 и 15,1 шт.) было отмечено у следующих образцов мягкой пшеницы: 2905(14) и 1799(14). В твердой пшенице лучшим по данному показателю была линия 930(15).

Во время проведения исследований было установлено, что все образцы мягкой пшеницы превосходили стандарт по озерненности колоса, чего нельзя сказать о твердой пшенице, где лучшим был стандарт Донская элегия с числом зерен в колосе 26,4 шт.

Масса зерна с колоса у сортообразцов яровой мягкой пшеницы колебалась в опыте в пределах от 0,86 до 0,98 г. У стандарта Черноземноуральская 2 этот признак равнялся 0,87 г. С наибольшим весом зерна с колоса в твердой пшенице были выделены стандарт Донская элегия и линия 930(15) с результатом 1,01 г. Наиболее ценны для селекции сортообразцы, которые сочетали многозерность с крупностью зерна – это линии 1799(14), 926(15) и 930(15).

Выводы

1. Продуктивность перспективных линий складывается из следующих элементов структуры: число продуктивных колосьев перед уборкой на единице площади, длина колоса, числа развитых колосков и зерен в колосе, а также крупности зерна (масса 1000 зерен);

2. Густота продуктивного стеблестоя лишь частично влияет на урожайность и в мягкой пшенице все наблюдаемые образцы имели незначительное отклонение по урожайности от стандарта: от 99 до 101,3%;

3. Длина колоса, число колосков и число зерен в колосе мягкой пшеницы больше, чем в твердой, но масса 1000 зерен твердой пшеницы превышает этот же показатель мягкой пшеницы;

4. Изученные образцы мягкой пшеницы превосходили стандарт по озерненности колоса и весу зерна с колоса;

5. Наиболее ценны для селекции сортообразцы 1799(14), 926(15) и 930(15), сочетающие многозерность с крупностью зерна. Их можно использовать в качестве родительских форм в дальнейшем селекционном процессе.

Литература

1. Сычев В.Г., Ниловская Н.Т., Осипова Л.В. Приемы управления производственным процессом для достижения потенциальной продуктивности пшеницы. – М.: ВНИИА. - 2009. – 192 с.
2. Федоренко В.Ф., Завалина А.А., Милащенко Н.З. Научные основы производства высококачественного зерна пшеницы. – М.: ФГБНУ «Росинформагротех». - 2018. – 396 с.
3. Прудникова Е.Г. Влияние предшественников на химический состав зерна яровой пшеницы в условиях Орловской области // Зернобобовые и крупяные культуры. - 2018. - № 4 (28). – С. 136-141.
4. Мамедов Н.Р., Абдулаев Ж.Н., Гаджиев М.М. Влияние приемов возделывания на продуктивность перспективного сорта озимой твердой пшеницы Крупинка в Дагестане // Зерновое хозяйство России. - 2020. - № 4 (70). – С. 3-8.
5. Турусов В.И., Новичихин А.М., Малокостова Е.И., Нужная Н.А., Черных А.В. Технология возделывания яровой пшеницы в ЦЧЗ // Каменная Степь. - 2019. – 30 с.
6. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований), 5 – е изд., перераб. и доп.. – М.: Альянс, - 2014. – 351 с.

References

1. Sychev V.G., Nilovskaya N.T., Osipova L.V. Priemy upravleniya produktsionnym protsessom dlya dostizheniya potentsial'noi produktivnosti pshenitsy [Methods of managing the production process to achieve the potential productivity of wheat]. Moscow, VNIIA Publ., 2009, 192 p. (In Russian)
2. Fedorenko V.F., Zavalina A.A., Milashchenko N.Z. Nauchnye osnovy proizvodstva vysokokachestvennogo zerna pshenitsy [Scientific bases of production of high-quality wheat grain]. Moscow, FSBI "Rosinformagrotech" Publ., 2018, 396 p. (In Russian)
3. Prudnikova E.G. Vliyanie predshestvennikov na khimicheskii sostav zerna yarovoi pshenitsy v usloviyakh orlovskoi oblasti [Influence of precursors on the chemical composition of spring wheat grain in the conditions of the Orel region], *Zernobobovye i krupyanye kul'tury*, 2018, no.4(28), pp. 136 - 141. (In Russian)

4. Mamedov N.R., Abdulaev Zh. N., Gadzhiev M.M. Vliyanie priemov vozdel'yvaniya na produktivnost' perspektivnogo sorta ozimoi tverdoi pshenitsy Krupinka v Dagestane [The influence of cultivation techniques on the productivity of a promising variety of winter durum wheat Krupinka in Dagestan] *Zernovoe khozyaistvo Rossii – Grain farming of Russia*, 2020, no.4(70), pp. 3 - 8. (In Russian)
5. Turusov V.I., Novichikhin A.M., Malokostova E.I., Nuzhnaya N.A., Chernykh A.V. Tekhnologiya vozdel'yvaniya yarovoi pshenitsy v TsChZ [Cultivation technology of spring wheat in the Central Chernozem Region], Kamennaya Steppe, 2019, 30p. (In Russian)
6. Dospekhov B.A. Metodika polevogo opyta [Methodology of field experience (with the basics of statistical processing of research results)], the 5th ed., revised. Moscow, Alliance Publ., 2014. 351 p. (In Russian)

ОСОБЕННОСТИ РЕОЛОГИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ТЕСТА НА ОСНОВЕ ЯРОВОЙ МЯГКОЙ ПШЕНИЦЫ

Т.Б. КУЛЕВАТОВА, кандидат биологических наук, ORCID ID: 0000-0002-9564-7127;
E-mail: Rogozhkina2008@yandex.ru

Л.Н. ЗЛОБИНА, кандидат сельскохозяйственных наук, ORCID ID: 0000-0002-3866-8060;
E-mail: L9172193438@yandex.ru

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

Л.В. АНДРЕЕВА, кандидат сельскохозяйственных наук; ORCID ID: 0000-0002-3631-1084;
E-mail: l.v.andreeva_75@mail.ru

ФГБНУ «ФЕДЕРАЛЬНЫЙ АГРАРНЫЙ НАУЧНЫЙ ЦЕНТР ЮГО-ВОСТОКА»

*Целью данной работы являлась оценка комплексного показателя качества (состояния и поведение при замесе теста) зерна сортообразцов яровой мягкой пшеницы основного конкурсного сортоиспытания (ОКИ) и выявление наиболее перспективных из них для дальнейшей работы. Объектами исследования служили сорта и перспективные линии Саратовская 29, Лютеценс 2297, Лютеценс 2316, Фаворит, Саратовская 68, Саратовская 76, Эритропермум 2305, Эритропермум 2253, Эритропермум 2279, Эритропермум 2280, Эритропермум 2309, Саратовская 55, Альбидум 2295, Альбидум 2304, Альбидум 2311, Альбидум 2312, Грекум 2282, Грекум 2283 урожаям трёх лет 2019-2021 г.г. Анализировали две контрастные полевые повторности. Учетная площадь делянки составляет 16,8 м². Почвы – маломощный южный чернозем. Предшественник – озимая пшеница. Погодные условия в годы проведения эксперимента были различными. О качестве зерна судили по стабильности теста (мин.), количественной выраженности точек экстремума миксолобограммы C_2 , C_3 , C_4 , C_5 (Н*м) и энергии, затраченной образцом теста во время замеса РА (Вт*ч/кг). Результаты подвергали однофакторному дисперсионному анализу. Получены реологические кривые, выявленная значимость различий по признакам оказалась высокой практически по всем, кроме C_3 в 2019 и 2021 годах. Вариативность важнейшего показателя стабильность теста в 2019 году составила 8,0-11,4 мин.; в 2020 году – 8,9-11,2 мин. и в 2021 году 6,7-11,0 мин. Количественная выраженность показателей свидетельствует о высоком качестве материала основного конкурсного испытания, позволяет использовать их в селекции на качество, и как улучшители в производстве. Исключение составляет линия Альбидум 2295.*

Ключевые слова: сорт, селекция, зерно, яровая мягкая пшеница, реология, качество.

Для цитирования: Кулеватова Т.Б., Злобина Л.Н., Бекетова Г.А., Андреева Л.В. Особенности реологических свойств теста на основе яровой мягкой пшеницы. *Зернобобовые и крупяные культуры*. 2022; 2(42):111-118. DOI: 10.24412/2309-348X-2022-2-111-118

FEATURES OF RHEOLOGICAL PROPERTIES OF THE DOUGH BASED ON SPRING SOFT WHEAT

T.B. Kulevatova, ORCID ID: 0000-0002-9564-7127; Rogozhkina2008@yandex.ru,
L.N. Zlobina, L9172193438@yandex.ru.

G.A. Beketova, gulnarabeketova@yandex.ru.

L.V. Andreeva, l.v.andreeva_75@mail.ru.

FSBSI «FEDERAL AGRARIAN SCIENTIFIC CENTER OF SOUTH-EAST»

Abstract: *The purpose of this work was to evaluate a complex quality indicator (state and behavior during dough kneading) of grain varieties of spring soft wheat of the main competitive variety testing (OKI) and to identify the most promising of them for further work. The objects of the study were the varieties and promising lines Saratovskaya 29, Lutescens 2297, Lutescens 2316, Favorit, Saratovskaya 68, Saratovskaya 76, Erythrospermum 2305, Erythrospermum 2253, Erythrospermum 2279, Erythrospermum 2280, Erythrospermum 2309, Saratovskaya 55, Albidum 2295, Albidum 2312, Grecum 2282, Grecum 2283 crops of three years (2019-2021). Field repetition twofold. The accounting area of the plot is 16.8 m². The soils are thin southern chernozem. The predecessor is winter wheat. The weather conditions during the years of the experiment were different. The quality of the grain was judged by the stability of the dough (min.), the quantitative expression of the extremum points of the mixolabogram C₂, C₃, C₄, C₅ (N*m) and the energy expended by the dough sample during kneading RA (W*h/kg). The results were subjected to a one-way analysis of variance. Rheological curves were obtained, the revealed significance of differences in characteristics turned out to be high in almost all, except for C₃ in 2019 and 2021. The variability of the most important indicator of test stability in 2019 was 8.0-11.4 min; in 2020 - 8.9-11.2 min and in 2021 6.7-11.0 min. Quantitative expression of indicators indicates the high quality of the material of the main competitive test, allows you to use them in breeding for quality, and as improvers in production. The exception is the line Albidum 2295.*

Keywords: variety, breeding, grain, spring soft wheat, rheology, quality.

Введение

В настоящее время качеству зерна уделяется огромное внимание [1, 2]. В каждом из селекционных центров, создающих новые сорта сельскохозяйственных культур, со временем формируется своя оригинальная система оценки качества. Она реализуется каждый год и, как правило, включает большое разнообразие изучаемых признаков, так как на сегодняшний момент разработаны, изучены и внедрены десятки методик тестирования зерна, в том числе и на биохимической основе [3]. Качество зерна изучается как в научных целях, так и в производственных [4, 5, 6]. Всесторонняя оценка его по большому количеству индексов необходима из года в год, так как качество – очень гетерогенный признак, он сильно подвержен изменениям, на него оказывают влияние более 20 внешних факторов [7].

Основное конкурсное испытание (ОКИ) является заключительным этапом селекционного процесса яровой мягкой пшеницы, затем новый сорт проходит оценку в Госсортсети для принятия решения о его районировании. Это конечный этап многолетней селекционной работы.

Как известно, физические свойства теста предопределяют качество хлебобулочных изделий. С недавнего времени, помимо использования традиционных методов, применяемых в селекции на качество, в ФАНЦ Юго-Востока осуществляют оценку качественных показателей зерна яровой мягкой пшеницы в питомнике основного конкурсного испытания (ОКИ) на Миксолабе [8], демонстрирующем динамическое состояние и поведение (реологические свойства) теста в процессе замеса, обуславливающие изменение величин крутящего момента на приводе тестомесильной емкости; определяют способность муки к водопоглощению (ВПС), количество времени для образования теста, стабильность его свойств и значение его разжижения, консистенцию теста при нагревании [9]. Протоколы экспериментов, реализуемые на данном приборе, предполагают интегральную оценку качества; эксперименты имитируют в какой-то мере процесс выпечки хлеба и учитывают взаимодействие между составными веществами зерна, такими как клейковина, крахмал, протеины, вода, жиры и др. Изучаются процессы образования и разжижения теста, гелеобразование крахмала, амилолитическая активность и желификация (ретроградация) крахмала.

Цель исследования – оценка показателей качества (реологические свойства) теста у зерна сортообразцов яровой мягкой пшеницы и выявление наиболее перспективных из них для селекции и производства.

Материал и методы исследования

В эксперименты привлекались сорта и сортообразцы яровой мягкой пшеницы (урожаев 2019, 2020 и 2021 гг., питомника основного конкурсного испытания: Саратовская 29 (С-29), Лютесценс 2297 (Л-2297), Лютесценс 2316 (Л-2316), Фаворит, Саратовская 68 (С-68), Саратовская 76 (С-76), Эритроспермум 2305 (Э-2305), Эритроспермум 2253 (Э-2253), Эритроспермум 2279 (Э-2279), Эритроспермум 2280 (Э-2280), Эритроспермум 2309 (Э-2309), Саратовская 55 (С-55), Альбидум 2295 (А-2295), Альбидум 2304 (А-2304), Альбидум 2311 (А-2311), Альбидум 2312 (А-2312), Грекум 2282 и Грекум 2283. Стандартный сорт в 2019 и 2020 годах – Фаворит, в 2021 – Саратовская 76. Анализировали две контрастные полевые повторности. Учетная площадь делянки составляет 16,8 м². Почвы – маломощный южный чернозем. Предшественник – озимая пшеница.

В Поволжье из-за засухи особую роль играют следующие факторы в формировании качества зерна: количество выпавших осадков в вегетационном периоде яровой пшеницы; равномерность распределения осадков по дням, погодные условия в годы проведения эксперимента представлены в табл. 1 и 2.

Май 2020 года и июнь 2020, 2021 годов были достаточно влажными, осадков выпало 112, 180 и 160% от нормы, что нельзя сказать про май 2019, 2021 годов и июнь 2019 года. Температура всей вегетации яровой пшеницы оказалась высокой, практически превышала месячные нормы.

Таблица 1

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

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

Таблица 2

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

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

В нашей работе анализировалось тесто на основе муки из яровой мягкой пшеницы. Изучали стабильность свойств теста (мин.), точки экстремумов на миксолабограммах С₂, С₃, С₄, С₅ (Н*м), и РА (Вт*ч/кг) – общую энергию, затраченную образцом теста во время замеса (рис. 1).

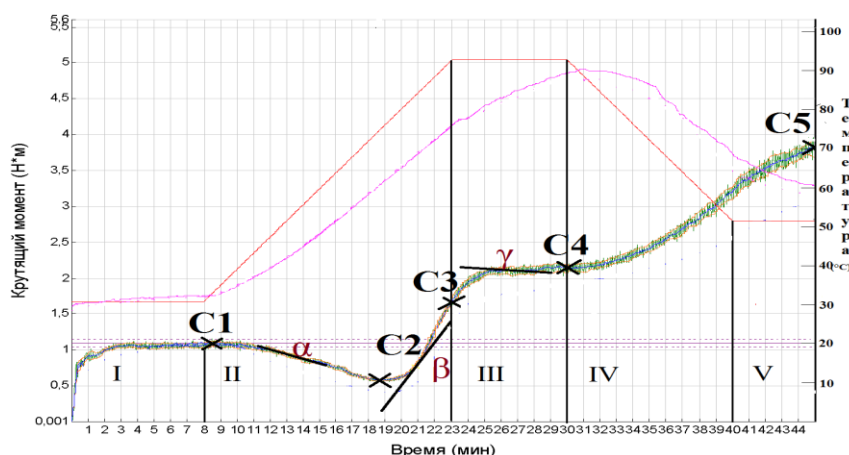


Рис. 1. Тип реологической кривой (миксолабограмма) и точки экстремумов графика

Последний показатель фиксировали после завершения эксперимента с помощью встроенного инструментария прибора. Данные подвергались однофакторному дисперсионному анализу. В результате эксперимента получали реологическую кривую, описывающую зависимость крутящего момента (Н*м) от времени (мин.) в политермальном режиме для каждого изучаемого сортобразца. Политермальный режим выражали в изменении температуры в зависимости от фазы эксперимента, каждая из которых отражает протекание определенных биохимических процессов.

Результаты исследований и их обсуждение

На рис. 2 изображены миксолабограмма и профайлер сравнения сорта С-68 и линий А-2311 и Э-2279.

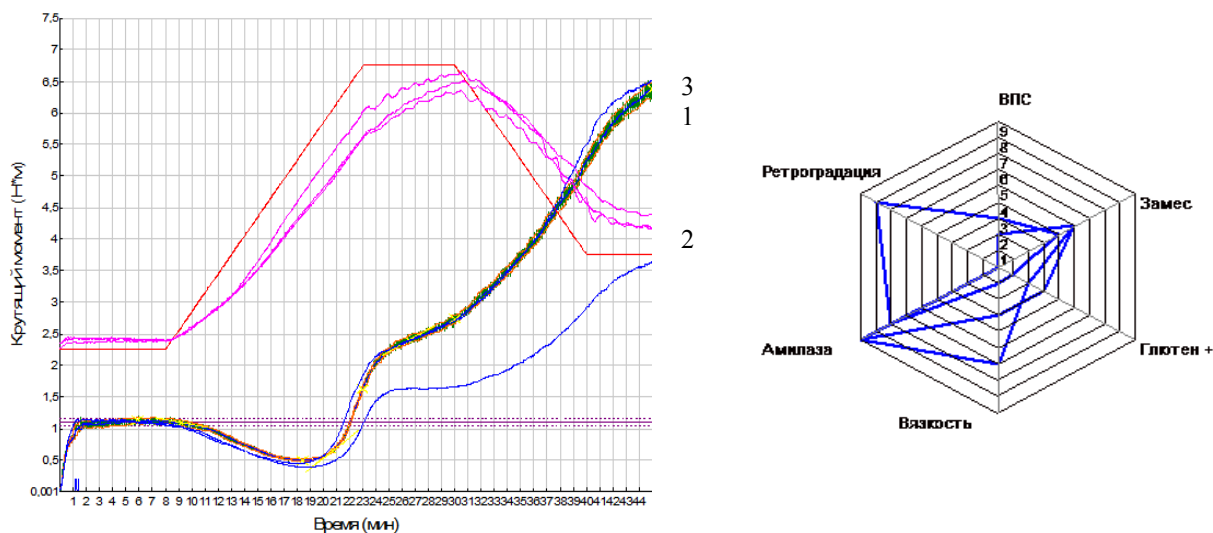


Рис.2. Миксолабограмма и профайлер сравнения реологических кривых сорта Саратовская 68 (1) и перспективных линий Альбидум 2311 (2) и Эритропермум 2279 (3)

То, как тесто сопротивляется деформации лопастей прибора при замешивании, считается ценным признаком в изучении реологии образцов теста, полученных на основе зерна яровой пшеницы. Вариабельность показателя стабильность теста в 2019 г. составила 8,0-11,4 мин.; в 2020 г. – 8,9-11,2 мин. и в 2021 г. 6,7-11,0 мин. (табл. 3-5).

Таблица 3

**Результаты оценки показателей качества (реологические свойства теста)
зерна яровой мягкой пшеницы, 2019 г.**

№ сел.	№ п/п	Сокращенное название сорта	Стабильность свойств теста, мин.	C ₂ , н*м	РА, Вт*ч/кг
2.	1.	С-29	11,5	0,63	203,8
4.	2.	Л-2297	9,8	0,54	184,7
-	3.	Л-2316	-	-	-
11.	4.	Фаворит	10,7	0,55	189,4
12.	5.	С-68	11,4	0,63	199,2
19.	6.	С-76	10,9	0,61	182,5
14.	7.	Э-2305	11,2	0,62	197,6
6.	8.	Э-2253	11,0	0,53	168,1
8.	9.	Э-2279	11,1	0,56	201,9
9.	10.	Э-2280	10,9	0,54	196,5
18.	11.	Э-2309	10,8	0,57	185,3
22.	12.	С-55	11,4	0,66	196,6
28.	13.	А-2295	8,0	0,46	131,3
-	14.	А-2311	-	-	-
-	15.	А-2312	-	-	-
34.	16.	Грекум 2282	9,6	0,52	162,1
35.	17.	Грекум 2283	10,6	0,60	196,5
F			2,3*	3,08*	8,4*
НСР			1,3	0,08	20,2

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

В целом констатируем, что во все годы исследования этот показатель был очень высок по абсолютному выражению признака. В основном тесто прекращало сопротивляться деформации и начинало разжижаться только при повышении температуры (напомним, что первый этап измерений – это замес теста при постоянной температуре 30°C, который длится 8 мин., затем следует повышение температуры до 90°C).

Можно предположить, что если проводить измерение без повышения температуры, то показатель стабильности теста был бы заметно выше. Это свидетельствует о высоком качестве образцов основного конкурсного испытания, где каждый номер может быть использован и как улучшитель технологических свойств зерна, и как источник в селекции на высокое качество. Исключение составили в 2021 году линии Альбидум 2295 и Грекум 2282, и это, если подходить к анализу достаточно строго. Снижение консистенции теста на первоначальном этапе нагревания является результатом разрыва водородных связей, которые скрепляют протеиновые молекулярные цепочки.

Следующий этап исследований – это фаза нагревания теста от 30 до 90°C. В этой фазе эксперимента мы фиксировали 3 показателя: C₂, C₃ и C₄. Хуже всего разжижалось тесто (C₂) из зерна сортов С-29, С-68 и С-55. Наиболее перспективны линии Э-2305, Грекум 2283 и Л-2316. Низкий показатель выявлен у линии А-2295 (табл. 4-6).

Показатель C₃ (табл. 6) описывает процесс гелеобразования крахмала и его скорость протекания; происходит передача воды от протеиновых соединений к крахмалу, и при дальнейшем повышении температуры мы наблюдали увеличение вязкости у теста. За два года исследований не наблюдалась значимость различий между сортообразцами по данному индексу, характеризующему содержание сахаров (углеводно-амилазный комплекс) в муке зерна пшеницы, что свидетельствует о сомнительной информативности его в селекции на качество.

Таблица 4

**Результаты оценки показателей качества (реологические свойства теста)
зерна яровой мягкой пшеницы, 2020 г.**

№ сел.	№ п/п	Сокращенное название сорта	Стабильность свойств теста, мин	C ₂ , н*м	РА, Вт*ч/кг
2.	1.	С-29	10,2	0,51	190,0
3.	2.	Л-2297	10,0	0,53	186,0
4.	3.	Л-2316	10,6	0,57	201,3
11.	4.	Фаворит	10,2	0,47	175,9
12.	5.	С-68	10,7	0,56	201,4
13.	6.	С-76	10,9	0,56	190,9
15.	7.	Э-2305	10,5	0,54	137,0
16.	8.	Э-2253	9,9	0,44	151,1
17.	9.	Э-2279	10,6	0,52	199,0
18.	10.	Э-2280	10,6	0,55	201,8
20.	11.	Э-2309	10,2	0,53	203,7
22.	12.	С-55	11,2	0,59	195,4
27.	13.	А-2295	8,9	0,41	103,7
30.	14.	А-2311	9,8	0,39	111,8
31.	15.	А-2312	10,0	0,43	119,0
35.	16.	Грекум 2282	9,8	0,44	163,1
36.	17.	Грекум 2283	10,4	0,45	159,0
F			3,4*	14,00*	26,6*
НСР			0,8	0,05	18,9

Примечание: * – Значимо на 5%-ном уровне

Таблица 5

**Результаты оценки показателей качества (реологические свойства теста)
зерна яровой мягкой пшеницы, 2021 год**

№ сел.	№ п/п	Название сорта	Стабильность теста, мин	C ₂ , н*м	РА, Вт*ч/кг
2.	1.	С-29	10,3	0,52	195,3
3.	2.	Л-2297	9,8	0,45	183,8
4.	3.	Л-2316	11,0	0,55	193,4
13.	4.	Фаворит	10,3	0,45	178,6
14.	5.	С-68	10,6	0,50	202,7
15.	6.	С-76	9,7	0,49	174,5
17.	7.	Э-2305	9,9	0,56	199,2
18.	8.	Э-2253	8,7	0,45	165,3
19.	9.	Э-2279	8,6	0,44	194,3
20.	10.	Э-2280	8,7	0,46	195,4
21.	11.	Э-2309	8,5	0,41	171,0
25.	12.	С-55	10,4	0,55	190,5
29.	13.	А-2295	6,7	0,34	98,1
31.	14.	А-2311	9,2	0,39	124,2
35.	15.	А-2312	8,6	0,41	127,4
38.	16.	Грекум 2282	7,2	0,34	107,1
39.	17.	Грекум 2283	8,4	0,42	164,7
F			10,2*	29,1*	83,5*
НСР			1,1	0,04	11,3

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

Далее активность амилолитических ферментов, как правило, достигает своего оптимального уровня при температуре 60-75°C. Во время гидролиза крахмала изменяется консистенция теста, вязкость уменьшается (показатель C_4 , табл. 6). Такое явление наблюдали у линии А-2295 во все годы исследований. Но проявляется оно не у всех образцов. Если у сортообразца показатель C_4 превышает C_3 по абсолютному выражению признака, то это указывает на низкую амилолитическую активность, характерную для такой культуры, как пшеница.

Таблица 6

**Результаты оценки показателей качества (реологические свойства теста)
зерна яровой мягкой пшеницы, 2019-2021 гг.**

№ п/п	Название сорта	2019			2020			2021		
		C_3 , Н*М	C_4 , Н*М	C_5 , Н*М	C_3 , Н*М	C_4 , Н*М	C_5 , Н*М	C_3 , Н*М	C_4 , Н*М	C_5 , Н*М
1.	С-29	1,71	2,25	6,43	1,75	2,67	6,30	1,68	2,67	6,36
2.	Л-2297	1,88	2,53	5,99	1,71	2,79	7,00	3,71	4,24	5,95
3.	Л-2316	-	-	-	1,70	2,68	6,60	1,92	2,72	6,28
4.	Фаворит	1,66	2,58	6,43	1,43	2,39	6,00	1,49	2,46	6,02
5.	С-68	1,75	2,51	6,92	1,66	2,72	6,75	1,70	2,76	6,81
6.	С-76	1,82	2,43	5,78	1,76	2,51	6,20	1,51	2,37	5,49
7.	Э-2305	1,78	2,25	6,25	2,17	2,06	4,65	1,59	2,70	6,20
8.	Э-2253	1,71	2,24	5,29	1,40	1,99	4,80	1,54	2,25	5,31
9.	Э-2279	1,97	2,78	6,62	1,74	2,75	6,80	1,76	2,63	6,56
10.	Э-2280	1,86	2,74	6,43	1,73	2,91	7,20	1,58	2,92	6,54
11.	Э-2309	1,87	2,47	6,09	1,71	2,68	7,25	1,52	2,44	5,47
12.	С-55	2,06	2,69	6,20	1,71	2,50	7,50	1,71	2,70	5,99
13.	А-2295	1,67	1,51	3,07	1,49	1,28	2,60	1,42	1,22	2,75
14.	А-2311	-	-	-	1,54	1,43	3,00	0,93	1,66	3,67
15.	А-2312	-	-	-	1,67	1,54	3,25	1,12	1,86	3,68
16.	Грекум 2282	1,75	2,18	5,00	1,50	1,28	2,75	1,59	1,47	3,00
17.	Грекум 2283	2,05	2,56	6,88	1,50	2,05	5,15	1,34	2,21	5,45
F		NS	9,78*	9,08*	22,5*	69,5*	11,4*	NS	3,15*	58,7*
НСР			0,32	0,88	0,11	0,20	1,44		1,14	0,52

Примечание. NS – различия между образцами незначимы

Следующая фаза эксперимента – это охлаждение системы с 90°C до 50°C и измерение вязкости в течение 5 мин., при котором происходит загустевание крахмала и значительно повышается вязкость теста, на этом этапе мы измеряли показатель C_5 . Традиционно саратовские пшеницы демонстрируют высокое значение данного индекса (табл. 6). Наиболее перспективными по данному признаку считаем Л-2316 (Лютесценс 2316), Э-2280 (Эритроспермум 2280), Э-2309 (Эритроспермум 2309), С-68 (Саратовская 68). Исключение составляет линия А-2295 (Альбидум 2295).

Использование прибора Миксолоб позволяет нам с помощью встроенного алгоритма фиксировать энергию теста, поглощенную во время замеса – показатель РА (Вт*ч/кг) (табл. 3-5). Ранее мы выявили значимую взаимосвязь данного признака с показателем C_5 и показали их взаимозаменяемость. Во все годы исследований наблюдались значимые различия между сортообразцами по данному показателю, что указывает на высокую информативность признака в селекционном процессе.

Заключение

Таким образом, все сортообразцы основного конкурсного испытания являются высококачественными, за исключением линии А-2295 (Альбидум 2295) и могут быть использованы как доноры в получении новых форм, как улучшители в сортосмесях. Посредством дисперсионного анализа показана информативность таких показателей в

селекционном процессе, как стабильность теста, C_2 , C_4 , C_5 и РА. Показатель C_3 нельзя считать надежным при селекции зерна на качество.

Литература

1. Мелешкина Е.П. Современные аспекты качества пшеницы для выработки муки и крупы // Хранение и переработка зерна. - 2011. - № 9 (147). – С. 43-44.
2. Прянишников А.И., Андреева Л.В., Кулеватова Т.Б., Мачихина Л.И., Мелешкина Е.П. Качество зерна – источник здоровья нации // Достижения науки и техники АПК. - 2010. - № 11. – С. 16-17.
3. Бебякин В.М. К выбору приоритетов в селекции пшеницы на качество // Адаптивные технологии производства качественного зерна в засушливом Поволжье. Саратов: Новый ветер, - 2004. – С. 195-197.
4. Мелешкина Е.П., Коломиец С.Н., Жильцова Н.С., Бундина О.И. Современная оценка хлебопекарных свойств российской пшеницы // Вестник Воронежского государственного университета инженерных технологий. - 2021. - Т. 83, - № 1 (87). – С. 155-162.
5. Мелешкина Е.П., Бундина О.И. Приоритетные задачи стандартизации и оценка качества зерна и продуктов его переработки // Контроль качества продукции. - 2021. - № 6. – С. 8-12.
6. Ахтариева М.К., Нецветов В.П., Белкина Р.И. Качество зерна сортов яровой мягкой пшеницы различного эколого-географического происхождения в Северном Зауралье. Тюмень, - 2021. – 136 с.
7. Кулеватова Т.Б., Ляшева С.В., Злобина Л.Н., Старичкова Н.И. К качеству зерна озимой пшеницы // Изв. Саратов. ун-та. Нов. Сер. Химия. Биология. Экология. - 2021. - Т. 21, - № 1. – С. 78-86.
8. Дюба А., Рысев К. Современный метод контроля качества зерна и муки по реологическим свойствам теста, определяемым с помощью Миксолаб профайлер // Управление реологическими свойствами пищевых продуктов: материалы I науч.-практ. конф. и выставки с междунар. участием (25-26 сентября 2008 г.). – М.: МГУПП, - 2008. – С. 86-95.
9. Туляков Д.Г., Мелешкина Е.П., Витол И.С., Панкратов Г.Н., Кандроков Р.Х. Оценка свойств муки из зерна тритикале с использованием системы Миксолаб // Хранение и переработка сельхозсырья. - 2017. - № 1. – С. 20-23.

References

1. Meleshkina E.P. Sovremennyye aspekty kachestva pshenicy dlya vyrabotki muki i krupy [Modern aspects of wheat quality for the production of flour and cereals]. Hranenie i pererabotka zerna [Grain storage and processing]. 2011, no 9(147), pp. 43-44. (in Russian).
2. Pryanishnikov A.I., Andreeva L.V., Kulevatova T.B., Machihina L.I., Meleshkina E.P. Kachestvo zerna – istochnik zdorov'ya natsii [Grain quality is the source of the nation's health] Dostizheniya nauki i tekhniki APK [Achievements of science and technology of agriculture]. 2010, no 11, pp. 16-17. (in Russian).
3. Bebyakin V.M. K vyboru prioritetov v selektsii pshenicy na kachestvo [To the choice of priorities in wheat breeding for quality] Adaptivnye tekhnologii proizvodstva kachestvennogo zerna v zasushlivom Povolzh'e [Adaptive technologies for the production of high-quality grain in the arid Volga region]. Saratov: New Wind, 2004, pp.195-197. (in Russian).
4. Meleshkina E.P., Kolomiec S.N., Zhil'cova N.S., Bundina O.I. Sovremennaya ocenka hlebopekarnykh svoystv rossijskoy pshenicy [Modern assessment of baking properties of Russian wheat] Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo universiteta inzhenernykh tekhnologiy [Bulletin of the Voronezh State University of Engineering Technologies]. 2021, Vol. 83, no. 1(87), pp. 155-162. (in Russian).
5. Meleshkina E.P., Bundina O.I. Kontrol' kachestva produktsii [Product quality control], 2021, no. 6, pp. 8-12. (in Russian).
6. Ahtarieva M.K., Necvetaev V.P., Belkina R.I. Kachestvo zerna sortov yarovoj myagkoj pshenicy razlichnogo ekologo-geograficheskogo proiskhozhdeniya v Severnom Zaural'e [Grain quality of spring soft wheat varieties of various ecological and geographical origin in the Northern Trans-Urals], 2021, 136 p. (in Russian).
7. Kulevatova T.B., Lyashcheva S.V., Zlobina L.N., Starichkova N.I. K kachestvu zerna ozimoy pshenicy [To the quality of winter wheat grain] Izv. Sarat. un-ta. Nov. Ser. Himiya. Biologiya. Ekologiya [Izv. Sarat. un-ta. Nov. Ser. Chemistry. Biology. Ecology]. 2021, no 21 (1), pp.78-86 (in Russian).
8. Dyuba A., Rysev K. Sovremennyy metod kontrolya kachestva zerna i muki po reologicheskimi svoystvami testa, opredelyaemym s pomoshch'yu miksolab profajler [A modern method of quality control of grain and flour according to the rheological properties of the dough, determined using mixolab profiler] Upravlenie reologicheskimi svoystvami pishchevykh produktov: materialy I nauch.-prakt. konf i vystavki s mezhdunarod. uchastiem. 25-26 sentyabrya 2008g [Management of rheological properties of food products: materials of the I scientific and practical conference and exhibitions with international participation. September 25-26, 2008]. M.: Moscow: MGUPP, 2008, pp.86-95. (in Russian).
9. Tulyakov D.G., Meleshkina E.P., Vitol I.S., Pankratov G.N., Kandrov R.H. Ocenka svoystv muki iz zerna tritikale s ispol'zovaniem sistemy Miksolab [Evaluation of the properties of triticale grain flour using the Mixolab system] Hranenie i pererabotka sel'hozsyr'ya [Storage and processing of agricultural raw materials]. 2017, no 1, pp.20-23. (in Russian).

АДАПТИВНОСТЬ ОБРАЗЦОВ ОВСА ПО ВЕЛИЧИНЕ УРОЖАЯ И СОДЕРЖАНИЮ БЕЛКА В ЗЕРНЕ В УСЛОВИЯХ ВОСТОЧНОЙ СИБИРИ

В.И. ПОЛОНСКИЙ^{1,4} доктор биологических наук, vadim.polonskiy@mail.ru

С.А. ГЕРАСИМОВ² кандидат сельскохозяйственных наук

А.В. СУМИНА^{1,3} кандидат сельскохозяйственных наук

¹ФГБОУ ВО КРАСНОЯРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

²КРАСНОЯРСКИЙ НИИСХ – ОБОСОБЛЕННОЕ ПОДРАЗДЕЛЕНИЕ

ФГБНУ «ФИЦ «КРАСНОЯРСКИЙ НАУЧНЫЙ ЦЕНТР СО РАН»,

E-mail: g-s-a2009@yandex.ru

³ФГБОУ ВО ХАКАССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

ИМЕНИ Н.Ф. КАТАНОВА

⁴ФГАОУ ВО СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

Цель настоящей работы заключалась в определении адаптивного потенциала выращенных в условиях Красноярской лесостепи образцов овса по величине урожайности и содержанию белка в зерне и анализе связи между показателями адаптивности образцов по этим признакам. Объектом исследования служили 13 пленчатых и 5 голозерных образцов овса из коллекции Всероссийского института генетических ресурсов растений им. Н.И. Вавилова, которые были выращены в течение трех лет. В образцах овса определяли величину урожая и содержание белка в зерне по Къельдалю. По каждому из указанных признаков вычисляли 4 параметра адаптивности образцов овса: коэффициент экологической вариации C_v , показатель стрессоустойчивости d , параметр гомеостатичности $H_{от}$, показатель уровня и стабильности сорта ПУСС. Установлено, что пленчатые образцы овса по сравнению с голозерными формами отличались более высокой величиной урожайности, но формировали зерно с пониженным содержанием белка. По максимальному значению урожайности выделились пленчатые образцы *Envis* и *Медведь*, а также голозерный сорт-стандарт *Голец*. По наибольшему содержанию белка в зерне отмечены образцы *Местный Тунис 1* и *Вятский*. Голозерные формы по сравнению с пленчатыми характеризовались более высокими средними величинами параметров пластичности (C_v , d), но меньшими показателями из группы стабильности ($H_{от}$ и ПУСС) как по содержанию белка в зерне, так и по величине урожайности. Указанные различия были несущественными. Наиболее адаптивными по урожайности зафиксированы образцы *Сапсан* и *Вятский*, а по признаку «содержание белка в зерне» определены сорта *Саян* и *Тайдон*. Полученные результаты свидетельствуют о том, что селекция овса на стабильность по содержанию белка в зерне, по всей вероятности, не будет сопровождаться уменьшением или увеличением стабильности образцов по урожайности. Установлено, что при отборе образцов на повышенное содержание белка в зерне стабильность проявления этого признака по годам не будет существенно изменяться. В случае отбора овса на повышенную урожайность стабильность проявления этого признака также значительно меняться не будет.

Ключевые слова: овёс пленчатый, голозерный; оценка, пластичность, стабильность, белок, урожайность.

Для цитирования: Полонский В.И., Герасимов С.А., Сумина А.В. Адаптивность образцов овса по величине урожая и содержанию белка в зерне в условиях Восточной Сибири. *Зернобобовые и крупяные культуры*. 2022; 2(42):119-126. DOI: 10.24412/2309-348X-2022-2-119-126

ADAPTABILITY OF OATS ACCESSIONS IN YIELD AND PROTEIN CONTENT IN THE GRAIN IN THE CONDITIONS OF EASTERN SIBERIA

V.I. Polonsky^{1,4}, S.A. Gerasimov², A.V. Sumina^{1,3}

¹FSBEI HE «KRASNOYARSK STATE AGRARIAN UNIVERSITY»

E-mail: vadim.polonskiy@mail.ru

²KRASNOYARSK RESEARCH INSTITUTE OF AGRICULTURE – SEPARATE SUBDIVISION FSBSI «FRC «KRASNOYARSK SCIENTIFIC CENTER SB RAS»

E-mail: g-s-a2009@yandex.ru

³FSBEI HE «N.F. KATANOV KHAKASS STATE UNIVERSITY»,

⁴FSAEI HE «SIBERIAN FEDERAL UNIVERSITY»

Abstract: *The aim of this work was to determine the adaptive potential of oat accessions grown under the conditions of the Krasnoyarsk forest-steppe in terms of yield and protein content in grain and to analyze the relationship between the adaptability indices of the accessions for these traits. The object of the study was 13 hulled and 5 naked oat accessions from the collection of the All-Russian Institute of Plant Genetic Resources named after N.I. Vavilov, which were grown for three years. In oat accessions, the yield and protein content in grain were determined according to Kjeldahl. For each of these traits, four parameters of the adaptability of oat samples were calculated: the coefficient of ecological variation C_v , the index of stress resistance d , the parameter of homeostaticity Hom , the index of the level and stability of the variety PUSS. It was found that hulled oat accessions had a higher yield, but formed a grain with a low protein content. According to the maximum yield value, the hulled accessions Envis and Medved, as well as the naked variety-the standard Golets, were distinguished. According to the highest protein content in the grain, the accessions Mestnii Tunis 1 and Vyatka were noted. Naked forms compared with hulled ones were characterized by higher average values of plasticity parameters (C_v , d), but lower indicators from the stability group (Hom and PUSS) both in terms of protein content in grain and in terms of yield. These differences were insignificant. Sapsan and Vyatka accessions were recorded as the most adaptive in terms of yield, and Sayan and Taidon varieties were determined on the basis of "protein content in grain". The results obtained indicate that the selection of oats for stability in terms of protein content in grain, in all likelihood, will not be accompanied by a decrease or increase in the stability of samples in terms of yield. It was found that when sampling for an increased protein content in grain, the stability of the manifestation of this trait will not change significantly over the years. In the case of selection of oats for increased yield, the stability of the manifestation of this sign will also not change significantly.*

Keywords: oats hulled, naked; evaluation; plasticity; stability; protein; yield.

Сегодня актуальной задачей растениеводства является не только достижение высоких уровней урожаев и повышение содержания в них ценных веществ, но и стабильное их проявление по годам выращивания культур [1]. Для резко континентального климата Восточной Сибири характерно наличие неблагоприятных факторов внешней среды (главным образом, температуры и влаги), что сопровождается снижением стабильности величины и качества урожая сельскохозяйственных культур. В течение последних десятилетий активно развиваются подходы к вычислению различных показателей экологической изменчивости, к которым относятся пластичность, стабильность, отзывчивость, стрессоустойчивость, гомеостатичность, надежность и др. Недавно разработана новая версия компьютерной программы Agrostab «Показатели стабильности сортов сельскохозяйственных культур» на основе многолетних данных полевых исследований в Новосибирской области». Программа реализует современные методы оценки экологической пластичности сортов и позволяет оценивать стабильность генотипов по комплексу фенотипических признаков [2].

В литературе имеется ряд работ, в которых авторы используют указанные количественные критерии адаптивности образцов зерновых культур для поиска

перспективных форм, отличающихся незначительным варьированием по уровню урожайности [3] и содержанию в зерне белка [4] в условиях континентального климата. При этом в большинстве указанных публикаций, как правило, рассматривается экологическое варьирование образцов только по одному хозяйственно ценному признаку. Поскольку возделывание зерновых культур, как правило, ведется для получения определенного урожая определенного качества, то важно иметь представление об адаптивности образцов, по крайней мере, по двум признакам, характеризующим и количество зерна, и его качество.

Среди зерновых культур овес занимает особое место благодаря содержащимся в зерне разнообразным ценным веществам. К ним относятся в числе прочих химических соединений белки, обладающие хорошей сбалансированностью по аминокислотному составу. Сегодня опубликованы результаты исследований, касающиеся урожайности и содержания этих веществ в разных образцах овса, выращенных в условиях Восточной Сибири [5]. При этом информация об адаптивности (стабильности и пластичности) конкретных сортов овса по урожайности и уровню белка в зерне в литературе встречается лишь в единичных публикациях [6]. Отметим, что характер взаимосвязей между показателями адаптивности образцов овса по урожайности и содержанию белка в зерне также практически не изучен.

Цель исследований – определение адаптивного потенциала выращенных в условиях Восточной Сибири образцов овса по величине урожайности и содержанию белка в зерне и анализ связи между показателями адаптивности образцов по этим признакам.

Объект и методы исследования

В работе исследовали 18 образцов овса (13 пленчатых и 5 голозерных) из коллекции ФИЦ ВИГРР им. Н.И. Вавилова. Овес выращивали в 2015-2017 гг. на опытных полях Красноярского НИИСХ, расположенных в лесостепной зоне Красноярского края. Почва опытного участка представлена черноземом обыкновенным маломощным, предшественник – чистый пар. Площадь делянок – 1,8 м². Стандарты Тубинский и Голец размещали через каждые 10 делянок. Повторность – однократная. Норма высева 550 всхожих зерен на 1 м². Посев проводили в оптимальные сроки 20-25 мая. Погодные условия в годы исследования были контрастными: 2015 г. – засушливый (ГТК – 0,95); 2016 и 2017 гг. – влажные (ГТК – 1,59 и 1,47).

После уборки растений в каждом образце определяли величину урожая и содержание белка в зерне по Къельдалю [7]. Повторность определения двукратная. По каждому из этих хозяйственно ценных признаков вычисляли 4 параметра адаптивности образцов овса. К ним относятся показатели экологической пластичности: коэффициент экологической вариации C_v [8], показатель стрессоустойчивости d , [9] и параметры стабильности образцов: показатель уровня и стабильности сорта ПУСС [10], параметр гомеостатичности Hom [11]. В работе использовали прием ранжирования образцов по их адаптивности и для оценок последней вычисляли суммы рангов.

Статистическую обработку данных проводили с помощью стандартных компьютерных программ Microsoft Excel. Достоверность результатов оценивали при $p \leq 0,05$.

Результаты и обсуждение

В таблице 1 представлены результаты определения урожайности и содержания белка в зерне исследуемых образцов овса. Можно видеть, что в условиях Восточной Сибири пленчатые образцы овса по сравнению с голозерными формами отличались более высокой величиной урожайности, но формировали зерно с пониженным содержанием белка: соответственно от 10,7 до 16,3% у пленчатых образцов и от 13,5 до 18,7 у голозерных. Существенность различий между формами овса была доказана для содержания белка для 2015 и 2016 годов выращивания. Наиболее продуктивными оказались пленчатые образцы овса Envis и Медведь, характеризующиеся урожайностью 8,2-8,3 т/га, и голозерный сорт-стандарт Голец с величиной 5,0 т/га. Что касается сортовых различий в содержании белка в зерне, то за 3 года измерений по максимальному значению белка среди пленчатых форм выделился образец Местный Тунис, а среди голозерных – сорт Вятский.

Таблица 1

Содержание белка в зерне и урожайность различных образцов овса

Название образца	Содержание белка, %				Урожайность, т/га			
	2015	2016	2017	Среднее	2015	2016	2017	Среднее
Пленчатые образцы								
Тубинский st.	13,11	12,91	11,37	12,46	7,0	9,9	6,8	7,9
Казыр	11,65	12,49	10,93	11,69	8,5	8,2	6,8	7,8
Саян	12,31	13,00	12,68	12,66	8,0	7,1	7,5	7,5
Пегас	12,33	13,03	11,80	12,39	7,4	7,1	5,6	6,7
Корифей	12,21	13,51	13,15	12,96	7,8	7,2	7,1	7,4
Альтаир	13,11	11,97	12,70	12,59	4,9	6,8	7,2	6,3
Сапсан	12,20	13,76	13,79	13,25	7,5	7,6	7,9	7,7
Аватар	12,17	13,46	10,71	12,11	6,4	7,3	8,0	7,2
Envis	12,20	12,87	11,56	12,21	8,3	7,9	8,4	8,2
РА 7836-9687	11,95	14,05	12,45	12,82	8,1	5,1	5,8	6,3
Местный Тунис 1	15,29	16,27	13,75	15,10	4,1	9,7	6,9	6,9
Медведь	12,35	13,57	13,12	13,01	6,5	8,6	9,8	8,3
Кречет	13,44	14,14	11,38	12,99	6,2	7,1	7,3	6,9
Среднее по группе	12,64а*	13,46 а*	12,26а	12,79	7,0 а	7,7 а	7,3 а	7,3
S	0,94	1,04	1,04	-	1,3	2,4	1,1	-
Голозерные образцы								
Голец st.	16,61	18,26	15,26	16,71	5,0	6,3	3,8	5,0
Алдан	17,12	17,89	13,51	16,17	4,5	5,6	3,3	4,5
Тайдон	17,41	15,72	16,31	16,48	3,7	4,9	6,1	4,9
Вятский	16,66	18,71	15,26	16,88	4,0	5,5	4,0	4,5
Гоша	13,54	15,32	15,72	14,86	4,0	3,2	5,1	4,1
Среднее по группе	16,27а*	17,18 а*	15,21а	16,22	4,2 а	5,1 а	4,5 а	4,6
S	1,56	1,55	1,04	-	0,5	1,2	1,1	-

Примечание: средние значения в колонках в пределах одной строки и одного признака с разными буквами различаются существенно между собой при $p \leq 0,05$; *средние значения в строках различаются существенно между собой в пределах каждой колонки по t-критерию при $p \leq 0,05$; S – стандартное отклонение

Отметим, что образцы овса, выращенные в разные годы, по содержанию белка в зерне и уровню урожайности различались несущественно. При этом в 2016 году и качественный, и количественный признаки у обеих форм овса характеризовались максимальными значениями.

Результаты вычисленных показателей адаптивности образцов овса по урожайности и содержанию белка в зерне приведены в таблице 2. Можно видеть, что голозерные формы по сравнению с пленчатыми характеризовались более высокими средними величинами параметров пластичности (C_v , d), но меньшими показателями из группы стабильности (Ном и ПУСС) как по содержанию белка в зерне, так и по величине урожайности. Указанные различия были несущественными.

Таблица 2

Показатели адаптивности различных образцов овса по содержанию белка в зерне и величине урожайности

Название образца	Показатели адаптивности				
	Cv, %	d	Hom	ПУСС, %	Сумма рангов
Пленчатые образцы					
Тубинский st.	7,6	-1,74	0,94	100,0	36,5
	21,5	-3,10	0,12	100,0	42,5
Казыр	6,7	-1,56	1,12	100,0	31,5
	11,5	-1,70	0,40	176,3	27
Саян	2,7	-0,69	6,80	291,0	4
	6,7	-0,90	1,24	279,9	15,5
Пегас	5,0	-1,23	2,02	150,5	17
	14,9	-1,80	0,25	100,4	33
Корифей	5,2	-1,30	1,92	158,3	19
	5,4	-0,90	1,52	338,0	12,5
Альтаир	4,6	-1,14	2,40	168,9	10
	19,0	-2,30	0,14	69,6	38
Сапсан	6,9	-1,59	1,21	124,7	31
	2,6	-0,40	7,40	760,1	4
Аватар	11,4	-2,75	0,39	63,1	51
	11,1	-1,60	0,41	155,7	25
Envis	5,4	-1,31	1,73	135,3	24
	3,7	-0,50	4,43	605,8	8
РА 7836-9687	8,6	-2,10	0,71	93,7	42,5
	25,4	-3,00	0,08	52,1	46
Местный Тунис 1	8,4	-2,52	0,71	133,0	38,5
	40,6	-5,60	0,03	39,1	52
Медведь	4,7	-1,22	2,95	176,5	10
	20,5	-3,30	0,12	112,0	40,5
Кречет	11,0	-2,76	0,43	75,2	49
	8,7	-1,10	0,72	182,4	20
Среднее по группе	6,8	-1,68	1,79	136,2	-
	14,7	-2,00	1,30	228,6	
S	2,6	0,66	1,7	58,4	-
	10,6	1,50	2,19	221,4	
Голозерные образцы					
Голец st.	9,0	-3,00	0,62	100,0	11
	26,0	-2,50	0,08	100,0	14,5
Алдан	14,5	-4,38	0,26	58,1	20
	26,7	-2,30	0,07	75,8	17
Тайдон	5,2	-1,69	1,88	168,4	4
	24,5	-2,40	0,08	98,0	13,5
Вятский	10,3	-3,45	0,48	89,2	16
	20,0	-1,50	0,15	101,3	4
Гоша	7,8	-2,18	0,87	91,3	9
	24,4	-1,90	0,09	68,9	11
Среднее по группе	9,4	-2,94	0,82	101,4	-
	24,3	-2,10	0,09	88,8	
S	3,4	1,10	0,63	40,7	-
	2,6	0,40	0,03	15,3	

Примечание: числитель – содержание белка в зерне, знаменатель – величина урожайности;
*средние значения в строках различаются существенно между собой в пределах каждой колонки для одного признака по t-критерию при $p \leq 0,05$; S – стандартное отклонение

Среди пленчатых образцов овса наименьшей величиной пластичности (C_v и d) и наибольшим значением стабильности (Hom и ПУСС) изучаемого признака качества зерна отличался сорт Саян. Среди голозерных форм овса выделился образец Тайдон с минимальным уровнем пластичности и максимальной величиной стабильности. Исходя из минимальной суммы рангов, эти два сорта далеко обошли по адаптивности стандарты Тубинский и Голец. Что касается сортовой специфики овса в отношении уровня пластичности и стабильности по признаку урожайности, то соответственно минимальная и максимальная величины были отмечены у пленчатого образца Сапсан и голозерного сорта Вятский.

Наименее адаптивными по содержанию белка в зерне найдены образцы овса Аватар и Кречет (пленчатые формы), а также голозерный сорт Алдан, которые заняли последние места по сумме рангов. Минимальные уровни адаптивности по урожайности на основании суммы рангов были определены у пленчатого образца Местный Тунис 1 и голозерного сорта Алдан.

Отметим хорошее совпадение результатов ранжирования образцов по их адаптивности, определяемых на основе разных показателей пластичности и стабильности. Это подтверждают в основном существенные величины коэффициентов корреляции Спирмена для рангов между каждым отдельным параметром адаптивности и суммой рангов: от 0,832 до 0,952 у пленчатых форм овса и от 0,866 до 0,942 у голозерных для содержания белка в зерне, а для величины урожайности от 0,975 до 0,998 у пленчатых форм овса и от 0,605 до 0,942 у голозерных. Проанализируем результаты вычисления связи между значениями одноименных показателей адаптивности образцов овса по содержанию белка в зерне и величине урожайности (табл. 3). Можно видеть, что для пленчатых образцов овса корреляционная связь между параметрами адаптивности, определенными по содержанию белка в зерне с одной стороны и таковыми, найденными по величине урожайности с другой, была в основном слабой.

Таблица 3

Связь между значениями одноименных показателей адаптивности образцов овса по содержанию белка в зерне и величине урожайности

Сопоставляемые показатели адаптивности	Значения коэффициентов корреляции			
	C_v , %	d	Hom	ПУСС, %
Содержание белка в зерне	0,197	0,322	0,003	0,096
и урожайность	0,187	-0,124	-0,221	0,488

*Примечание: числитель – пленчатые образцы; знаменатель – голозерные образцы; *значения коэффициентов корреляции существенны при $p \leq 0,05$*

При рассмотрении результатов для голозерных образцов овса, можно заметить наличие средней положительной связи между показателем стабильности ПУСС по содержанию белка в зерне с одной стороны и таковым по уровню урожайности с другой. Полученный статистически не доказанный результат может свидетельствовать об отсутствии синхронности в проявлении адаптивности образцов обеих форм овса в разные годы их выращивания по содержанию белка в зерне и по урожайности. Другими словами, селекция овса на стабильность по содержанию белка в зерне, по всей вероятности, не будет сопровождаться уменьшением или увеличением стабильности образцов по урожайности.

Далее рассмотрим возможную связь между абсолютными значениями (средние за 3 года) качественного или количественного признаков образцов овса и показателями их адаптивности, определенными по этим признакам (табл. 4). Можно видеть, что для пленчатых образцов связь между значениями содержания белка в зерне образцов с одной стороны и показателями их адаптивности по данному признаку с другой была слабой. При анализе связи между урожайностью образцов и параметрами их адаптивности по этому признаку было выявлено, что она была средняя положительная для показателей Hom и ПУСС и средняя отрицательная для параметра C_v , при этом во всех случаях статистически не была доказана. Для голозерных форм овса также найдены слабые связи между средними

уровнями белка в зерне образцов и параметрами их адаптивности по указанному признаку. Вместе с тем при рассмотрении продукционного признака у голозерного овса были определены сильная и средняя положительные связи между величинами урожайности образцов и параметрами ПУСС и d.

Таблица 4

Связь между средним содержанием белка в зерне, величиной урожайности образцов овса и показателями их адаптивности

Группы образцов	Признаки образцов	Значения коэффициентов корреляции			
		Cv, %	d	Ном	ПУСС, %
Пленчатые	Содержание белка в зерне	0,124	-0,307	-0,098	-0,098
	Величина урожайности	-0,373	0,236	0,388	0,490
Голозерные	Содержание белка в зерне	0,111	-0,294	-0,048	0,188
	Величина урожайности	0,234	0,652	-0,238	0,783

**значения коэффициентов корреляции существенны при $p \leq 0,05$*

Полученный результат (табл. 4) может свидетельствовать о том, что при отборе образцов на повышенное содержание белка в зерне стабильность проявления этого признака по годам не будет существенно изменяться. В случае отбора овса на повышенную урожайность стабильность проявления этого признака как у пленчатых, так и голозерных форм также значимо меняться не будет. Это предположение согласуется с результатами выполненных опытов на яровой пшенице, в которых показана отрицательная взаимосвязь между средней величиной урожайности зерна и ее стабильностью в разных условиях выращивания. Авторы предполагают, что компромисс между урожаем зерна и его стабильностью биологически ограничен. Поэтому, по их мнению, в будущих селекционных программах пшеницы следует учитывать баланс между стабильностью урожая и высокой урожайностью, а не пытаться улучшить и то, и другое.

Выводы

1. Установлено, что в условиях Красноярской лесостепи пленчатые образцы овса по сравнению с голозерными формами отличались более высокой величиной урожайности, но формировали зерно с пониженным содержанием белка. По максимальной величине урожайности выделились пленчатые образцы Envis и Медведь, характеризующиеся урожайностью 8,2-8,3 т/га, а также голозерный сорт-стандарт Голец с таковой 5,0 т/га. По содержанию белка в зерне всех превзошли образцы Местный Тунис 1 и Вятский (пленчатая и голозерная формы соответственно).

2. Голозерные формы овса по сравнению с пленчатыми характеризовались более высокими средними величинами параметров пластичности (Cv, d), но меньшими показателями из группы стабильности (Ном и ПУСС) как по содержанию белка в зерне, так и по величине урожайности. Указанные различия были несущественными. Наибольшей стабильностью по урожайности характеризовались образцы Сапсан и Вятский, а по признаку «содержание белка в зерне» сорта Саян и Тайдон.

3. Селекция овса на повышенную стабильность по содержанию белка в зерне, по всей вероятности, не будет сопровождаться уменьшением или увеличением их стабильности по урожайности.

4. При отборе образцов овса на повышенное содержание белка в зерне, а также повышенную урожайность стабильность проявления этих признаков по годам, вероятно, существенно изменяться не будет.

Литература

1. Рыбась И.А. Повышение адаптивности в селекции зерновых культур (обзор) //Сельскохозяйственная биология, - 2016, том 51, вып. 5, – С. 617-626. doi: 10.15389/agrobiology.2016.5.617rus
2. Гребенникова И.Г., Чешкова А.Ф., Стёпочкин П.И., Алейников А.Ф., Чанышев Д.И. Методика оценки экологической пластичности сортов злаковых культур. //Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. - 2020; - т. 50, - вып. 2, с. 100-108. doi: 10.26898/0370-8799-2020-2-12.

3. Тулякова М.В., Баталова Г.А., Лоскутов И.Г., Пермякова С.В., Кротова Н.В. Оценка адаптивных параметров коллекционных образцов овса пленчатого по урожайности в условиях Кировской области. //Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции. - 2021, - т. 182, - вып. 1, – С. 72-79. doi: 10.30901/2227-8834-2021-1-72-79.
4. Гончаренко А.А., Макаров А.В., Кузьмич М.А., Ермаков С.А., Семенова Т.В., Точилин В.Н., Цыганкова Н.В., Кузьмич Л.С., Гончаренко М.С., Крахмалева О.А., Яшина Н.А., Кондратьева О.П. Оценка экологической устойчивости, стабильности и пластичности сортов озимой ржи по признакам качества зерна //Российская сельскохозяйственная наука, - 2020, - № 4, – С. 3-9. doi:10.31857/S2500262720040018
5. Герасимов С.А., Полонский В.И., Сумина А.В., Сурин Н.А., Липшин А.Г., Зюте С.А. Влияние генотипа и условий выращивания овса на содержание биологически активных компонентов в зерне // Химия растительного сырья 2020, вып. 2, – С. 65-71.
6. Юсова О.А., Николаев П.Н., Сафонова И.В., Анисков Н.И. Изменение урожайности и качества зерна овса с повышением адаптивности сортов. Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции. - 2020; - 181 (2):42-49. doi: 10.30901/2227-8834-2020-2-42-49
7. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта. – М.: Агропромиздат, - 1985. – 352 с.
8. Rossielle A.A., Hemblin J. Theoretical aspects of selection for yield in stress and non- stress environments //Crop Science. 1981. Vol 21. No 6. P. 27-29.
9. Неттевич Э.Д., Моргунов А.И., Максименко М.И. Повышение эффективности отбора яровой пшеницы на стабильность, урожайность и качество зерна //Вестник сельскохозяйственной науки. - 1985. - № 1. – С. 66-73.
10. Хангильдин В.В., Литвиненко Н.А. Гомеостатичность и адаптивность сортов озимой пшеницы //Научно-технический бюллетень Всесоюзного селекционно-генетического института. - 1981. - № 1. – С. 8-14.
11. Du Y.-L., Xi Y., Cui T., Anten N.P.R., Weiner J., Li X., Turner N.C., Zhao Y.-M., Li F.-M. Yield components, reproductive allometry and the tradeoff between grain yield and yield stability in dryland spring wheat //Field Crops Research, 2020, Volume 257, 10, p. 107930.

References

1. Rybas' I.A. Povyshenie adaptivnosti v selektsii zernovykh kul'tur (obzor). [Increasing adaptability in the breeding of grain crops (review).] *Sel'skokhozyaistvennaya biologiya*, 2016, v. 51, iss. 5, pp. 617-626. doi: 10.15389/agrobiology.2016.5.617rus (In Russian)
2. Grebennikova I.G., Cheshkova A.F., Stepochkin P.I., Aleinikov A.F., Chanyshev D.I. Metodika otsenki ekologicheskoi plastichnosti sortov zlakovykh kul'tur [Methodology for assessing the ecological plasticity of cereal crops]. *Sibirskii vestnik sel'skokhozyaistvennoi nauki*. 2020, v. 50, iss. 2, pp. 100-108. doi: 10.26898/0370-8799-2020-2-12. (In Russian)
3. Tulyakova M.V., Batalova G.A., Loskutov I.G., Permyakova S.V., Krotova N.V. Otsenka adaptivnykh parametrov kolleksiionnykh obraztsov ovsa plenchatogo po urozhainosti v usloviyakh Kirovskoi oblasti [Evaluation of adaptive parameters of collection specimens of filmy oats by yield in the conditions of the Kirov oblast]. *Trudy po prikladnoi botanike, genetike i selektsii*. 2021, v. 182, iss. 1, pp. 72-79. doi: 10.30901/2227-8834-2021-1-72-79. (In Russian)
4. Goncharenko A.A., Makarov A.V., Kuz'mich M.A., Ermakov S.A., Semenova T.V., Tochilin V.N., Tsygankova N.V., Kuz'mich L.S., Goncharenko M.S., Krakhmaleva O.A., Yashina N.A., Kondrat'eva O.P. Otsenka ekologicheskoi ustoichivosti, stabil'nosti i plastichnosti sortov ozimoi rzhi po priznakam kachestva zerna [Assessment of environmental sustainability, stability and plasticity of winter rye varieties according to grain quality traits] *Rossiiskaya sel'skokhozyaistvennaya nauka*, 2020, no. 4, pp. 3-9. doi:10.31857/S2500262720040018 (In Russian)
5. Gerasimov S.A., Polonskii V.I., Sumina A.V., Surin N.A., Lipshin A.G., Zyute S.A. Vliyanie genotipa i uslovii vyrashchivaniya ovsa na soderzhanie biologicheskii aktivnykh komponentov v zerne [Influence of oat genotype and growing conditions on the content of biologically active components in grain]. *Khimiya rastitel'nogo syr'ya*, 2020, 2, pp.65-71. (In Russian)
6. Yusova O.A., Nikolaev P.N., Safonova I.V., Anis'kov N.I. Izmenenie urozhainosti i kachestva zerna ovsa s povysheniem adaptivnosti sortov [Changes in oat grain yield and quality with increasing variety adaptability]. *Trudy po prikladnoi botanike, genetike i selektsii*. 2020;181(2):42-49. doi: 10.30901/2227-8834-2020-2-42-49 (In Russian)
7. Dospikhov B.A. Metodika polevogo opyta [Methodology for the field experience]. Moscow, *Agropromizdat*, 1985, 352 p. (In Russian)
8. Rossielle A.A., Hemblin J. Theoretical aspects of selection for yield in stress and non- stress environments. *Crop Science*. 1981, 21, no. 6, pp. 27-29.
9. Nettevich E.D., Morgunov A.I., Maksimenko M.I. Povyshenie effektivnosti otbora yarovoi pshenitsy na stabil'nost', urozhainost' i kachestvo zerna [Improving the efficiency of spring wheat selection for stability, yield and grain quality] *Vestnik sel'skokhozyaistvennoi nauki*. 1985, no. 1, pp. 66-73. (In Russian)
10. Khangil'din V.V., Litvinenko N.A. Gomeostatichnost' i adaptivnost' sortov ozimoi pshenitsy [Homeostability and adaptability of winter wheat varieties] *Nauchno-tehnicheskii byulleten' Vsesoyuznogo selektsionno-geneticheskogo instituta*. 1981, 1, pp. 8-14. (In Russian)
11. Du Y.-L., Xi Y., Cui T., Anten N.P.R., Weiner J., Li X., Turner N.C., Zhao Y.-M., Li F.-M. Yield components, reproductive allometry and the tradeoff between grain yield and yield stability in dryland spring wheat. *Field Crops Research*, 2020, V. 257, 10, p. 107930.

ПЕРСПЕКТИВНАЯ ЛИНИЯ ТУРГИДНОЙ ПШЕНИЦЫ

Б.В. РОМАНОВ, ORCID-0000-0002-0701-1584

А.А. КОЗЛОВ, ORCID-0000-0003-0290-0398

А.В. ПАРАМОНОВ, ORCID-0000-0001-6271-4453

И.Ю. СОРОКИНА*, ORCID-0000-0001-6892-9308

ФГБНУ «ФЕДЕРАЛЬНЫЙ РОСТОВСКИЙ АГРАРНЫЙ НАУЧНЫЙ ЦЕНТР»

*ФГОУ ВО «ДОНСКОЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Аннотация. Многие разновидности *T. turgidum* выделяются своими высокими производственными показателями, по сравнению с твёрдыми пшеницами. Учитывая данный факт и то, что по своим технологическим характеристикам тургидная пшеница довольно близка к твёрдым пшеницам, на базе некоторых её разновидностей созданы и продолжают создаваться озимые сорта, которые применяют, как и представителей твёрдых пшениц, в основном, при производстве макаронных изделий. Очевидно, возделывая одновременно яровые и озимые твёрдые, озимые тургидные пшеницы и их гибриды, можно, не оказывая существенного влияния на качество сырья, обеспечить переработчиков соответствующим стабильным объёмом зерна для более ритмичной и планомерной работы макаронных предприятий. В своё время из ранее созданной сложной гибридной формы при участии рыхлоколосой многозёрной и плотноколосой крупнозёрной разновидностей тургидной пшеницы и сорта Терра [(tur x tur) x Терра] выделена относительно высокопродуктивная линия 3/12-20. В настоящей работе дана оценка производственных характеристик выделенной линии на фоне показателей других разновидностей тургидной пшеницы и районированных сортов озимой твёрдой пшеницы. В результате трёхлетних испытаний данной линии с крупнозёрными разновидностями и районированными сортами озимой твёрдой и тургидной пшениц в условиях Приазовской зоны Ростовской области установлено, что линия 3/12-20 по своим производственным признакам во все годы исследования четко превосходила сравниваемые образцы. В то же время качество зерна линии 3/12-20 было на уровне районированных сортов озимой твёрдой пшеницы.

Ключевые слова: линия, тургидная пшеница, сорт, озимая твёрдая пшеница, качество зерна.

Для цитирования: Романов Б.В., Козлов А.А., Парамонов А.В., Сорокина И.Ю. Перспективная линия тургидной пшеницы. *Зернобобовые и крупяные культуры*. 2022; 2(42):127-132. DOI: 10.24412/2309-348X-2022-2-127-132

PERSPECTIVE LINE OF TURGID WHEAT

B.V. Romanov, A.A. Kozlov, A.V. Paramonov, I.Yu. Sorokina*

FSBSI «FEDERAL ROSTOV AGRICULTURAL RESEARCH CENTRE»

*FSBEE HE «DON STATE AGRARIAN UNIVERSITY»

Abstract: Many varieties of *T. turgidum* stand out for their high production indicators, compared to durum wheat. Taking into account this fact and the fact that in its technological characteristics turgid wheat is quite close to durum wheat, on the basis of some of its varieties, winter varieties have been created and continue to be created, which are used, like representatives

of durum wheat, mainly in the production of pasta. Obviously, by cultivating both spring and winter hard wheat, winter turgid wheat and their hybrids, it is possible, without having a significant impact on the quality of raw materials, to provide processors with an appropriate stable volume of grain for more rhythmic and systematic operation of pasta enterprises. At one time, from the previously created complex hybrid form with the participation of loose-haired multi-grain and dense-grain large-grain varieties of turgid wheat and the Terra [(tur x tur) x Terra] variety, a relatively highly productive line 3/12-20 was identified. In this paper, an assessment of the production characteristics of the allocated line is given against the background of indicators of other varieties of turgid wheat and zoned varieties of winter durum wheat. As a result of three-year tests of this line with large-grain varieties and zoned varieties of winter hard and turgid wheat in the conditions of the Azov zone of the Rostov region, it was established that the line 3/12-20 in its production characteristics in all years of the study clearly exceeded the compared samples. At the same time, the grain quality of line 3/12-20 was at the level of zoned varieties of winter durum wheat.

Keywords: line, turgid wheat, variety, hard winter wheat, grain quality.

Введение. В России ежегодно производится около 2 млн тонн твердой пшеницы. Основные районы выращивания яровой твердой пшеницы — Поволжье, Оренбургская область, Алтайский край. В озимом посеве твердая пшеница возделывается на небольших площадях в Северо-Кавказском регионе и республиках Закавказья [1]. Поскольку озимый тип развития обеспечивает более высокий уровень урожаев, а биоклиматический потенциал юга России, в том числе и Ростовской области, позволяет получать здесь и качественное зерно твердой пшеницы, селекционеры сосредоточились именно на озимых образцах [2]. В свете перехода в настоящее время с яровых менее урожайных сортов твёрдой пшеницы (*T.durum* Desf.) на озимые и, в связи с этим, использование в гибридизации с ними представителей тургидной пшеницы весьма актуально [2]. Это связано с тем, что подавляющее количество образцов тургидной пшеницы (*T.turgidum* L.) обладают озимым и полуозимым образом жизни [3]. Более того, разновидности *T.turgidum* выделяются своими высокими продукционными показателями, по сравнению с твёрдыми пшеницами [4]. Учитывая данный факт и то, что по своим технологическим характеристикам тургидная пшеница довольно близка к твёрдым пшеницам, на базе некоторых её разновидностей созданы и продолжают создаваться озимые сорта, которые применяют, как и представителей твёрдых пшениц, в основном, при производства макаронных изделий. Очевидно, возделывая одновременно яровые и озимые твёрдые, озимые тургидные пшеницы и их гибриды, можно, не оказывая существенного влияния на качество сырья, обеспечить переработчиков соответствующим стабильным объёмом зерна для более ритмичной и планомерной работы макаронных предприятий.

Однако, нужно иметь в виду, что яровая твёрдая весьма требовательна к условиям произрастания, и, в первую очередь, к влагообеспеченности почвы и это весьма злободневно в условиях Ростовской области [5]. С другой стороны, проводя скрещивание между тургидной и современными районированными в Ростовской области сортами твёрдой пшеницы, можно попытаться повысить продукционные показатели последних [6]. Это сделать несложно, потому, что у *T.durum* AABB, 2n=28 и *T.turgidum* AABB, 2n=28 одинаковый геномный состав и уровень ploidy и они хорошо скрещиваются между собой. В своё время, на базе контрастных специально подобранных разновидностей тургидной пшеницы: плотноколосой с крупным зерном var.salamonis и рыхлоколосой многозёрной var. martensi была создана относительно высокопродуктивная гибридная форма, которую из-за её высокорослости пришлось скрестить с низкорослым районированным сортом Терра и, таким образом, была получена сложная гибридная форма «[(tur x tur) x Терра]» из которой в дальнейшем выделена относительно высокопродуктивная линия 3/12-20.

Цель исследований – оценка продуктивных показателей выделенной линии на фоне других разновидностей тургидной пшеницы и районированных сортов озимой твёрдой пшеницы.

Объекты и методы исследований

В качестве объекта исследований служила линия 3/12-20, выделенная из сложной гибридной комбинации разновидностей и сорта тургидной пшеницы: [(var.martensii (рыхлоколосая) x var.salomonis (плотноколосая)) x Терра], а также другие её разновидности и районированные сорта, включая и сорта озимой твёрдой пшеницы. Исследования проводили в течении трёх лет в условиях Федерального научного аграрного центра и Учебного научно-производственного комплекса Дон ГАУ (УНПК), расположенных в Приазовской зоне Ростовской области на черноземах обыкновенных. Климат зоны характеризуется континентальным климатом, среднегодовая температура воздуха 9,0°C. Сумма активных температур воздуха около 3600°C. Гидротермический коэффициент в летний период составляет 0,7-0,8, что определяет климат как засушливый. Опыт мелкоделяночный, метод исследования – полевой и лабораторно-полевой. Площадь учетной делянки 5 м² в трехкратной повторности. Нормы высева семян 400 шт./м², глубина посева 5 см. Структурный анализ проводился отдельно по каждому варианту со всей учетной делянки в фазу полной спелости озимой пшеницы [7]. Качественные показатели определяли в лаборатории общих анализов ФРАНЦ согласно ГОСТам [8, 9]. Математическую обработку проводили с помощью стандартных вычислительных программ Microsoft Excel.

Результаты и обсуждение

Сравнительный анализ продукционных признаков линии 3/12-20 с районированными сортами озимой твёрдой и тургидной пшеницы в 2018-2019 сельскохозяйственном году показал незначительное преимущество линии в абсолютных значениях по длине колоса и числу колосков над районированными сортами, которое в большинстве случаев было недостоверно (табл. 1). Однако по числу зёрен и, самое главное, по массе зерна с колоса, линия проявляет безусловное превосходство. Так, она имеет количество зерен в колосе 69,1 шт. и массу зерна с колоса 2,6 г, в то время как наибольшие значения у сортов составляют 54,5 шт. зерен у сорта Курант и масса зерна с колоса у сорта Дончанка – 1,98 г. Таким образом, выделенная линия, обладала высокими показателями такого важного селекционного признака, как масса зерна с колоса. Вместе с тем можно отметить, что, в данном опыте, районированный сорт озимой тургидной пшеницы Донской янтарь практически ничем не выделяется по сравнению с остальными сортами озимых твёрдых пшениц. Анализ биологической урожайности показал, что у линии 3/12-20 значения этого показателя достоверно превосходили все остальные изучаемые сорта озимой пшеницы.

Таблица 1

Продуктивность колоса и биологическая урожайность линии 3/12-20 и районированных сортов озимой твёрдой и тургидной пшеницы, ФРАНЦ, 2019 г.

Генотип	Длина, см	Количество в колосе, шт.		Масса зёрна с колоса, г	Количество продуктивных стеблей, шт./м ²	Биологическая урожайность, г/м ²
		колосков	зёрен			
Линия 3/12-20	7,4	22,6	69,1	2,61	428	1117
Курант	6,9	18,8	54,5	1,90	435	827
Дончанка	6,5	21,1	48,8	1,98	487	964
Донской янтарь	6,6	19,6	49,7	1,76	498	876
Жемчужина Дона	6,9	21,8	48,3	1,82	422	768
НСР ₀₅	0,6	1,6	8,8	0,43	29,0	21,4

В исследованиях, проведенных на полях УНПК Дон ГАУ в 2019-2020 гг. линия 3/12-20 также показала хорошие результаты. Количество зерен в колосе у неё составило 102,2 шт.,

масса зерна с колоса 5,14 г, что существенно превышало данный показатель не только у районированных сортов озимой твёрдой пшеницы Янтарина и Жемчужина Дона, но и крупнозёрных разновидностей тургидной пшеницы (табл. 2). Что характерно, разновидности и сорта имели очень близкие между собой значения по массе зерна с колоса: *T.turgidum* var.*salomonis* 3,49, а *T.turgidum* var. *pseudosalomonis* 3,29 г, тогда как Янтарина 2,86 и Жемчужина Дона 2,77 г, соответственно.

Погодные условия 2019-2020 гг. были благоприятными для развития растений озимой пшеницы, поэтому величина биологической урожайности у всех изучаемых образцов была выше, чем в предыдущем году. Тем не менее, также прослеживается тенденция превосходства линии 3/12-20, у которой биологическая урожайность составила 2215 г/м². Несмотря на то, что в опыте было небольшое количество образцов, можно отметить, что наблюдается определённая градация: линия 3/12-20 → разновидности тургидной пшеницы → сорта озимой твёрдой пшеницы. То есть линия 3/12-20 существенно опережает по продукционным показателям и крупнозёрные разновидности тургидной пшеницы, и современные сорта озимой твёрдой пшеницы.

Таблица 2

Продуктивность колоса и биологическая урожайность линии 3/12-20, разновидностей *T.turgidum* и районированных сортов озимой твёрдой пшеницы, Дон ГАУ, 2020

Генотип	Длина, см	Количество в колосе, шт.		Масса зёрна с колоса, г	Количество продуктивных стеблей, шт./м ²	Биологическая урожайность, г/м ²
		колосков	зёрен			
Линия 3/12-20	11,0	24,0	102,2	5,14	431	2215
<i>T.turgidum</i> v. <i>salomonis</i>	7,2	20,3	48,9	3,49	429	1484
<i>T.turgidum</i> v. <i>pseudosalomonis</i>	11,8	23,8	66,7	3,29	501	1648
Янтарина	7,2	21,2	59,6	2,86	476	1361
Жемчужина Дона	7,0	23,1	64,0	2,77	502	1391
НСР ₀₅	0,7	1,3	11,1	0,56	21,4	31,6

Поскольку нас в наибольшей степени интересовали результаты сравнения выделенной линии с районированными и используемыми на производстве сортами озимой твёрдой пшеницы, то в 2020-2021 гг. мы провели сравнительный анализ продуктивности хорошо известных сортов Дончанка и Курант с линией 3/12-20 (табл. 3). Результаты исследований показали, что масса зерна с колоса у линии 3/12-20 превосходила значения сортов Дончанка и Курант на 1,08 и 1,02 г соответственно. Можно отметить близкие значения этого показателя у сортов озимой пшеницы между собой (2,49 и 2,55 г). Более того, обращает на себя внимание, что разрыв в пределах до 30% по массе зерна с колоса между линией 3/12-20 и сортом Курант проявляется как в сезоне 2018-2019 г. (27%), так и в сезоне 2020-2021 г. (29%). Несмотря на то, что количество продуктивных стеблей у линии 3/12-20 было меньше, чем у изучаемых сортов озимой пшеницы, у нее наблюдается существенное превышение по величине биологической урожайности (1517 г/м² против 1235 и 1295 г у изучаемых сортов).

Таблица 3

**Продуктивность колоса и биологическая урожайность линии 3/12-20
и районированных сортов озимой T.durum, Дон ГАУ, 2021 г.**

Генотип	Длина, см	Количество в колосе, шт.		Масса зерна с колоса, г	Количество продуктивных стеблей, шт./м ²	Биологическая урожайность, г/м ²
		колосков	зёрен			
Линия 3/12-20	10,1	23,2	96,4	3,57	425	1517
Дончанка	7,1	21,8	63,1	2,49	496	1235
Курант	7,9	21,7	71,6	2,55	508	1295
НСР ₀₅	0,9	0,9	8,3	0,47	25,8	29,4

Анализ качественных показателей зерна линии 3/12-20 и районированных и используемых в производстве сортов озимой твердой пшеницы показал, что по содержанию белка и клейковины в зерне не выявлено существенных различий между линией 3/12-20 и сортами Дончанка и Курант (табл. 4). Разница в показателях по содержанию белка менее 1%, клейковины до 2%, ИДК практически на одном и том же уровне по всем образцам.

Таблица 4

**Содержание белка, клейковины и ИДК у линии 3/12-20
и районированных сортов озимой T.durum, Дон ГАУ, 2021 г.**

Генотип	Белок, % ГОСТ 10846-91	Клейковина, % ГОСТ Р 54478-2011	ИДК, ед ГОСТ Р 54478-2011
Линия 3/12-20	15,79	38,00	111
Дончанка	15,39	37,00	114
Курант	14,96	36,00	112

Заключение

В результате трехлетних исследований установлено, что выделенная из сложной гибридной комбинации [(var.martensii (рыхлоколосая) x var.salomonis (плотноколосая)) x Терра] линия тургидной пшеницы 3/12-20, обладая высокими продукционными и относительно хорошими качественными показателями, является перспективным исходным селекционным материалом.

Литература

- Беспалова Л.Н., Романенко А.А., Колесников Ф.А., Кудряшов И.Н. [и др.] Сорта пшеницы и тритикале. // Краснодар: ФГБНУ «Национальный центр зерна имени П.П.Лукияненко» Издательство «ЭДВИ», - 2020. – 157с.
- Самофалова Н.Е., Иличкина Н.П., Дубинина О.А. [и др.] История развития селекционных работ по созданию озимой твердой пшеницы: итоги, проблемы, перспективы // Зерновое хозяйство России. - 2020. – № 6 (72). – С. 10-18. – DOI 10.31367/2079-8725-2020-72-6-10-18.
- Дорофеев В.Ф., Удачин Р.А., Семенова Л.В. [и др.] //Пшеницы мира. // Л.: Агропромиздат, - 1987. – 559 с.
- Романов Б.В., Пимонов К.И. Феномогеномика продукционных признаков видов пшеницы. Монография. п. Персиановский, - 2018. – 188 с.
- Зеленская Г.М., Поляков В.В., Есекова А.А. Яровая пшеница при различных технологиях выращивания // Мат. межд. научн. - практ. конф. «Ресурсосбережение и адаптивность в технологиях возделывания сельскохозяйственных культур и переработки продукции растениеводства» п. Персиановский. - 2019. – С. 108-110.
- Романов Б.В., Козлов А.А., Парамонов А.В. Повышение продукционных признаков озимой твёрдой пшеницы Курант с помощью T.turgidum // Зернобобовые и крупяные культуры. - 2021. - № 2 (38). – С.149-153. DOI: 10.24412/2309-348X-2021-2-149-153
- Моисейченко В.Ф., Трифонова М.Ф., Заверюха А.Х., Ещенко В.Е. Основы научных исследований в агрономии. – М.: Колос, - 1996. – 336 с.
- ГОСТ 10846-91. Зерно и продукты его переработки. Метод определения белка – Москва: Стандартинформ, 2009.
- ГОСТ Р 54478-2011. Зерно. Методы определения количества и качества клейковины в пшенице. – Москва: Стандартинформ, - 2012

References

1. Bespalova L.A., Romanenko A.A., Kolesnikov F.A., Kudryashov I.N. et al. Sorta pshenitsy i tritikale [Varieties of wheat and triticale]. Krasnodar: FGBNU «Natsional'nyi tsentr zerna imeni P.P.Luk'yanenko» «EDVI» Publ., 2020, 157 p. (In Russian)
2. Samofalova N. E., Ilichkina N. P., Dubinina O. A. et al. Istoriya razvitiya selektsionnykh rabot po sozdaniyu ozimoi tverdoi pshenitsy: itogi, problemy, perspektivy [The history of the development of breeding work on the creation of winter durum wheat: results, problems, prospects] Zernovoe khozyaistvo Rossii. 2020, no. 6(72), pp. 10-18. DOI 10.31367/2079-8725-2020-72-6-10-18. (In Russian)
3. Dorofeev V.F., Udachin R.A., Semenova L.V. et al. Pshenitsy mira [World wheat]. Leningrad, Agropromizdat, 1987, 559 p. (In Russian)
4. Romanov B.V., Pimonov K.I. Fenomogenomika produktsionnykh priznakov vidov pshenitsy [Phenomogenomics of Production Characteristics of Wheat Species]. Monograph. p. Persianovskii, 2018, 188 p. (In Russian)
5. Zelenskaya G.M., Polyakov V.V., Esekova A.A. Yarovaya pshenitsa pri razlichnykh tekhnologiyakh vyrashchivaniya [Spring wheat under various cultivation technologies.]. Proc. Int. Res. Conf. «Resursosberezhenie i adaptivnost' v tekhnologiyakh vozdel'yvaniya sel'skokhozyaistvennykh kul'tur i pererabotki produktsii rastenievodstva» [Resource saving and adaptability in the technologies of crop cultivation and processing of crop products] p. Persianovskii. 2019, pp.108-110. (In Russian)
6. Romanov B.V. , Kozlov A.A., Paramonov A.V. Povyshenie produktsionnykh priznakov ozimoi tverdoi pshenitsy Kurant s pomoshch'yu T.turgidum [Increasing the production characteristics of winter durum wheat Kurant using T.turgidum]. Zernobobovye i krupyanye kul'tury, 2021, no.2 (38), pp.149- 153. DOI: 10.24412/2309-348X-2021-2-149-153 (In Russian)
7. Moiseichenko V.F., Trifonova M.F., Zaveryukha A.X., Eshchenko V.E. Osnovy nauchnykh issledovaniy v agronomii [Fundamentals of scientific research in agronomy]. Moscow, Kolos Publ., 1996, 336 p. (In Russian)
8. GOST 10846-91. Grain and products of its processing. Method of protein determination – Moscow: Standartinform, 2009. (In Russian)
9. GOST R 54478-2011. Grain. Methods for determining the quantity and quality of gluten in wheat. – Moscow: Standartinform, 2012 (In Russian)