
ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ

ЗЕРНОВОЕ ХОЗЯЙСТВО РОССИИ

Т. 16, № 1. 2024 год

Учредитель и издатель: Федеральное государственное бюджетное научное учреждение
«Аграрный научный центр «Донской»,
член Ассоциации научных редакторов и издателей (АНРИ).
Издается с января 2009 г.

Калинина Н. В. – главный редактор (Зерноград, Россия);
Ковтунова Н. А. – зам. главного редактора, канд. с.-х. наук (Зерноград, Россия);
Лобунская И. А. – тех. секретарь (Зерноград, Россия).

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ:

Баталова Г. А. – академик РАН, д-р с.-х. наук, проф., ФГБНУ ФАНЦ Северо-Востока им. Н. В. Рудницкого (Киров, Россия);
Беспалова Л. А. – академик РАН, д-р с.-х. наук, проф., «НЦЗ им. П. П. Лукьяненко» (Краснодар, Россия);
Волкова Г. В. – чл.-корр. РАН, д-р биол. наук, ФГБНУ «ФНЦБЗР» (Краснодар, Россия);
Гончаренко А. А. – академик РАН, д-р с.-х. наук, проф., ФГБНУ «ФИЦ «Немчиновка» (Одинцово, Россия);
Давлетов Ф. А. – д-р с.-х. наук, Башкирский НИИСХ ФГБНУ УФИЦ РАН (Уфа, Россия);
Долженко В. И. – академик РАН, д-р с.-х. наук, проф., ФГБНУ «ВИЗР» (Санкт-Петербург, Россия);
Дубина Е. В. – д-р биол. наук, проф. РАН, ФГБНУ «ФНЦ риса» (Краснодар, Россия);
Зезин Н. Н. – чл.-корр. РАН, д-р с.-х. наук, ФГБНУ УрФАНЦ УрО РАН (Екатеринбург, Россия);
Клыков А. Г. – академик РАН, д-р биол. наук, проф. РАН,
ФГБНУ «ФНЦ агробиотехнологий Дальнего Востока им. А. К. Чайки» (Уссурийск, Россия);
Костылев П. И. – д-р с.-х. наук, проф., ФГБНУ «АНЦ «Донской» (Зерноград, Россия);
Лобачевский Я. П. – академик РАН, д-р техн. наук, проф. РАН (Москва, Россия);
Лукомец В. М. – академик РАН, д-р с.-х. наук, проф., ФГБНУ «ФНЦ «ВНИИМК» (Краснодар, Россия);
Медведев А. М. – чл.-корр. РАН, д-р с.-х. наук, проф., ФГБНУ «ФИЦ «Немчиновка» (Одинцово, Россия);
Пахомов В. И. – чл.-корр. РАН, д-р техн. наук, доцент, ФГБНУ «АНЦ «Донской» (Зерноград, Россия);
Сандухадзе Б. И. – академик РАН, д-р с.-х. наук, проф., ФГБНУ «ФИЦ «Немчиновка» (Одинцово, Россия);
Сотченко В. С. – академик РАН, д-р с.-х. наук, ООО «СП ССК «Кукуруза» (Пятигорск, Россия);
Упадышев М. Т. – чл. корр. РАН, д-р с.-х. наук, проф. РАН, ФГБНУ ФНЦ Садоводства (Москва, Россия);
Шевченко С. Н. – академик РАН, д-р с.-х. наук, ФГБНУ «Самарский ФИЦ РАН» (Самара, Россия).

ИНОСТРАННЫЕ ЧЛЕНЫ РЕДАКЦИОННОЙ КОЛЛЕГИИ:

Урбан Э. П. – член-корр. НАН Беларуси, д-р с.-х. наук, профессор,
РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию» (Жодино, Республика Беларусь);
Усенбеков Б. Н. – канд. биол. наук, проф., РГП «Институт биологии и биотехнологии растений»
(Алматы, Республика Казахстан);
Халил Сурек – д-р наук, Тракийский аграрный НИИ (Эдирне, Турция);
Юсупов Г. Ю. – канд. с.-х. наук, Министерство сельского хозяйства и охраны окружающей среды Туркменистана
(Ашхабад, Туркменистан).

*Журнал зарегистрирован в Федеральной службе по надзору в сфере связи, информационных технологий и
массовых коммуникаций (Роскомнадзор). Регистрационный номер ПИ № ФС 77-81134 от 17 мая 2021 г.*

Журнал включен в Перечень ВАК Минобрнауки России ведущих рецензируемых научных журналов и изданий,
выпускаемых в Российской Федерации, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание
ученой степени доктора и кандидата наук (группа научных специальностей 4.1. Агрономия, лесное и водное хозяйство). Журнал входит в базу данных
Russian Science Citation Index на платформе Web of Science (ядро РИНЦ). Журнал входит в международную базу данных DOAJ.

Перевод на английский язык – Скуйбеда О. Н.

Адрес учредителя и издателя: 347740, Ростовская обл., г. Зерноград, ул. Научный городок, д. 3.

Тел.: 8(863)594-17-58; E-mail: zhros.don@yandex.ru

Периодичность издания – 6 номеров. Подписано в печать 27.02.2024

Дата выхода 28.02.2024. Формат 60x84/8. Тираж 300. Заказ №

Отпечатано в ООО «Амирит». 410004, г. Саратов, ул. Чернышевского, д. 88.

THEORETICAL AND SCIENCE PRACTICAL JOURNAL

GRAIN ECONOMY OF RUSSIA

V. 16, № 1. 2024

The founder and publisher is Federal State Budgetary Scientific Institution "Agricultural Research Center "Donskoy", a member of the Association of Science Editors and Publishers (ASEP)
The journal has been published since January, 2009.

Kalinina N. V. – chief editor (Zernograd, Russia);
Kovtunova N. A. – deputy chief editor, Candidate of Agricultural Sciences (Zernograd, Russia);
Lobunskaya I. A. – technical secretary (Zernograd, Russia).

EDITORIAL BOARD:

Batalova G. A., Federal Agricultural Research Center of the East named N. V. Rudnitsky – Dr. Sci. (Agriculture), professor, academician of RAS (Kirov, Russia);
Bespalova L. A., "P. P. Lukiyenko National Center of Grain" – Dr. Sci. (Agriculture), professor, academician of RAS (Krasnodar, Russia);
Volkova G. V., All-Russian Research Institute of Biological Plant Protection – Dr. Sci. (Biology), corresponding member of RAS (Krasnodar, Russia);
Gontcharenko A. A., Federal Research Center "Nemchinovka" – Dr. Sci. (Agriculture), professor, academician of RAS (Odintsovo, Russia);
Davletov F. A., Ufa Federal Research Center of the Russian Academy of Sciences – Dr. Sci. (Agriculture) (Ufa, Russia);
Dolzhenko V. I., All-Russian Research Institute of Plant Protection – Dr. Sci. (Agriculture), professor, academician of RAS (St. Petersburg, Russia);
Dubina E. V., Federal Scientific Rice Centre – Dr. Sci. (Biology), professor of RAS (Krasnodar, Russia);
Zein N. N., Uralsky Research Institute of Agriculture – Dr. Sci. (Agriculture), corresponding member of RAS (Ekaterinburg, Russia);
Klykov A. G., Federal Scientific Center of Agricultural Biotechnology of the Far East named after A. K. Chaika – Dr. Sci. (Biology), professor of RAS, academician of RAS (Ussuriysk, Russia);
Kostylev P. I., Agricultural Research Center "Donskoy" – Dr. Sci. (Agriculture), professor (Zernograd, Russia);
Lobachevsky Ya. P., Federal Scientific Agroengineering Center VIM – Dr. Sci. (Technique), professor of RAS, academician of RAS (Moscow, Russia);
Lukomets V. M., Federal Scientific Center "V. S. Pustovoi All-Russian Research Institute of Oil crops" – Dr. Sci. (Agriculture), professor, academician of RAS (Krasnodar, Russia);
Medvedev A. M., Federal Research Center "Nemchinovka" – Dr. Sci. (Agriculture), professor, corresponding member of RAS (Odintsovo, Russia);
Pakhomov V. I., Agricultural Research Center "Donskoy" – Dr. Sci. (Technology), docent, corresponding member of RAS (Zernograd, Russia);
Sandukhadze B. I., Federal Research Center "Nemchinovka" – Dr. Sci. (Agriculture), professor, academician of RAS (Odintsovo, Russia);
Sotchenko V. S., All-Russian Research Institute of Maize – Dr. Sci. (Agriculture), academician of RAS (Pyatigorsk, Russia);
Upadyshev M. T., Federal Horticultural Research Center for Breeding, Agrotechnology and Nursery – Dr. Sci. (Agriculture), professor of RAS, corresponding member of RAS (Moscow, Russia);
Shevchenko S. N., Samara Federal Research Scientific Center of the Russian Academy of Sciences – Dr. Sci. (Agriculture), academician of RAS (Samara, Russia);

FOREIGN MEMBERS OF EDITORIAL BOARD:

Urban E. P., RUE "The Research and Practical Center of the National Academy of Sciences of Belarus for Arable Farming" – Dr. Sci. (Agriculture), professor, corresponding member of NAS (Zhodino, The Republic of Belarus);
Usenbekov B. N., Institute of Plant biology and biotechnology – Cand. Sci. (Biology), professor, (Almaty, The Republic of Kazakhstan)
Khalil Surek, Trakia Agricultural Research Institute – PhD (Edirne, Turkey);
Yusupov G. Yu., Ministry of Agriculture and Water Management of Turkmenistan – Cand. Sci. (Agriculture) (Ashkhabad, Russia);

The journal has been registered with the Federal Service for Supervision of Communications, Information Technology and Mass Media (Roskomnadzor). Registration number is PI No. FS 77-81134 dated May 17, 2021

The journal has been included in the List of the leading peer-reviewed scientific publications where there are published the main scientific results of dissertations for the academic degrees of a doctor and candidate of sciences (scientific specialty 4.1. Agronomy, forestry, water economy). The journal is introduced into the system of Russian Science Citation Index on the platform of Web of Science (core of RSCI). The journal has been included in the International Data Base DOAJ.

English version is of Olga N. Skuybedina.

The official address of the editorial board is 347740, Rostov region, Zernograd, Nauchny Gorodok street, 3.

Tel.: 8(863)594-17-58; E-mail: zhros.don@yandex.ru

The journal is issued 6 times a year. Signed for publication 27.02.2024

The date of the issue is 28.02.2024. Format 60x84/8. Circulation 300. Order No.

Printed in Ltd "Amirit", 410004, Saratov, Chernyshevsky Str., 88

СОДЕРЖАНИЕ

СЕЛЕКЦИЯ И СЕМЕНОВОДСТВО СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ РАСТЕНИЙ

Барковская Т. А., Гладышева О. В., Зуев Е. В., Кокорева В. Г. Изучение новых образцов яровой мягкой пшеницы из мировой коллекции в условиях Рязанской области	5
Дейнес Н. В., Чебатарев А. П. Новый сорт гороха посевного Антей	14
Блохин В. И., Никифорова И. Ю., Ганиева И. С., Ланочкина М. А., Малафеева Ю. В., Дюрбин Д. С. Физико-механические свойства зерна сортов ярового ячменя в условиях Татарстана	19
Ковтунова Н. А., Ковтунов В. В., Романюкин А. Е., Шишова Е. А. Использование гибридизации для создания новых сортов и гибридов сорго	26
Кравченко Н. С., Костыленко О. А., Игнатьева Н. Г., Иванисова А. С. Сравнение фенотипической изменчивости сортов и линий озимой твердой пшеницы по цветовым характеристикам зерна, крупы и макаронных изделий	33
Лихачева Л. И., Москалев А. В., Лихачева Н. В., Матолинец Н. Н. Новый сорт гороха посевного Красноуфимский 20	41
Засыпкина И. М., Донцова А. А. Результаты изучения параметров адаптивности озимого ячменя по предшественникам	48
Кузнецова Г. Н., Полякова Р. С. Сравнительная оценка сортов и гибридов рапса ярового в условиях Западной Сибири	55
Костылев П. И., Черпакова Е. Ю., Яновская Н. В. Проводящая система листьев риса в зависимости от уровня плоидности	61

ОБЩЕЕ ЗЕМЛЕДЕЛИЕ И РАСТЕНИЕВОДСТВО

Левакова О. В. Сортные особенности нового сорта ячменя Любояр при возделывании с разной густотой посева	70
Занозина О. Д. Совершенствование элементов технологии возделывания горчицы сарептской (<i>Brassica juncea</i> L.) на черноземе выщелоченном Западного Предкавказья	77
Ложкин А. Г., Дмитриев В. Л., Мальчиков А. П. Влияние норм высева семян на продуктивность яровой твердой пшеницы	83
Федорова Д. Г., Галактионова Л. В. Анализ изменчивости морфометрических и физиологических показателей зерновых культур при использовании биоудобрения	89
Метлина Г. В., Васильченко С. А., Ашиев А. Р., Кравченко Н. С. Влияние сроков посева и норм высева сортов зимующего гороха на содержание белка и выход питательных веществ	97
Асякина Л. К., Исачкова О. А., Колпакова Д. Е., Бородина Е. Е., Богер В. Ю., Просеков А. Ю. Влияние микробного консорциума на рост и развитие ярового ячменя в условиях Кемеровской области – Кузбасса	104

CONTENTS

PLANT BREEDING AND SEED PRODUCTION OF AGRICULTURAL CROPS

Barkovskaya T. A., Gladysheva O. V., Zuev E. V., Kokoreva V. G. Study of new spring common wheat samples from the world collection in the conditions of the Ryazan region	5
Deynes N. V., Chebatarev A. P. New pea variety 'Antey'	14
Blokhin V. I., Nikiforova I. Yu., Ganieva I. S., Lanochkina M. A., Malafeeva Yu. V., Dyurbin D. S. Physical and mechanical properties of grain of spring barley varieties in the conditions of Tatarstan	19
Kovtunova N. A., Kovtunov V. V., Romanyukin A. E., Shishova E. A. Use of hybridization to develop new sorghum varieties and hybrids	26
Kravchenko N. S., Kostylenko O. A., Ignatieva N. G., Ivanisova A. S. Comparison of phenotypic variability of winter durum wheat varieties and lines according to the color characteristics of grain, cereals and pasta	33
Likhacheva L. I., Moskalev A. V., Likhacheva N. V., Matolinets N. N. A new pea variety 'Krasnoufimsky 20'	41
Zasypkina I. M., Dontsova A. A. Study results of the parameters of winter barley adaptability according to forecrops	48
Kuznetsova G. N., Polyakova R. S. Comparative estimation of spring rape varieties and hybrids in Western Siberia	55
Kostylev P. I., Cherpakova E. Yu., Yanovskaya N. V. Vascular system of rice leaves depending on ploidy level	61

GENERAL AGRICULTURE AND PLANT BREEDING

Levakova O. V. Varietal characteristics of the new barley variety 'Lyuboyar' when cultivated with different sowing density	70
Zanozina O. D. Improving the elements of cultivating technology for Sarepta mustard (<i>Brassica juncea</i> L.) on leached blackearth of Western Ciscaucasia	77
Lozhkin A. G., Dmitriev V. L., Malchikov P. N. The effect of seed sowing rates on spring durum wheat productivity	83
Fedorova D. G., Galaktionova L. V. Analysis of the variability of morphometric and physiological parameters of grain crops when using biofertilizers	89
Metlina G. V., Vasilchenko S. A., Ashiev A. R., Kravchenko N. S. The effect of sowing dates and sowing rates of wintering pea varieties on protein percentage and yield of nutrients	97
Asyakina L. K., Isachkova O. A., Kolpakova D. E., Borodina E. E., Boger V. Yu., Prosekov A. Yu. The effect of a microbial consortium on spring barley growth and development in the Kemerovo region, Kuzbass	104

СЕЛЕКЦИЯ И СЕМЕНОВОДСТВО СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ РАСТЕНИЙ

УДК 633.111.1:631.526.32:631.523:631.527(470.313)

DOI: 10.31367/2079-8725-2024-90-1-5-11

ИЗУЧЕНИЕ НОВЫХ ОБРАЗЦОВ ЯРОВОЙ МЯГКОЙ ПШЕНИЦЫ ИЗ МИРОВОЙ КОЛЛЕКЦИИ В УСЛОВИЯХ РЯЗАНСКОЙ ОБЛАСТИ

Т. А. Барковская¹, старший научный сотрудник отдела селекции и семеноводства, barkovskaya-1960@mail.ru, ORCID ID: 0000-0002-4453-0367;

О. В. Гладышева¹, кандидат сельскохозяйственных наук, директор, podvyaze@bk.ru, ORCID ID: 0000-0001-9030-0055;

Е. В. Зуев², кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий сотрудник отдела генетических ресурсов пшеницы ВИР, e-zuev@vir.nw.ru, ORCID ID: 0000-0001-9259-4384;

В. Г. Кокорева¹, младший научный сотрудник отдела селекции и семеноводства, Kokoreva.valeria@yandex.ru, ORCID ID: 0000-0001-6584-4747

¹Институт семеноводства и агротехнологий – филиал
Федерального бюджетного научного учреждения «Федеральный научный агроинженерный
центр ВИМ»,

390502, Рязанская обл., с. Подвязье, ул. Парковая, д. 1; e-mail: podvyaze@bk.ru

²ФГБНУ «Федеральный исследовательский центр

Всероссийский институт генетических ресурсов растений им. Н. И. Вавилова»,

190000, г. Санкт-Петербург, ул. Большая Морская, д. 42-44; e-mail: secretary@vir.nw.ru

В условиях Рязанской области изучены 64 сорта яровой мягкой пшеницы из коллекции ФИЦ ВИГРР им. Вавилова с целью выявления ценных признаков для использования в селекции. Полевые исследования проводили в коллекционном питомнике в 2018–2022 гг. на темно-серой лесной тяжелосуглинистой почве с использованием методических указаний ФИЦ ВИГРР им. Вавилова. Установлено, что наибольшую урожайность (более 5,0 т/га) формировали сорта Арсея, Маэстро (Рязанская обл.), KWS Akvilon, Ethos (Германия), KWS Torridon (Великобритания), Odeta (Чехия), Calispero (Франция), что было на 29,9–49,9 % больше среднесортной урожайности в опыте. Стабильность урожайности с наименьшей вариацией (Cv) отмечена у сортов из Центрального региона – РИМА, Арсея (Рязанская обл.), Злата (Московская обл.) и сорта из Западно-Сибирского региона Омская 36 – 3,1–9,6 %. Изучаемый ассортимент по высоте растений был распределен на группы: карлики (< 60 см) – 4,7 %, полукарлики – 12,5 %, среднерослые – 75,0 %, высокорослые – 7,8 %. Выявлено 8 раннеспелых сортов, в частности Челябинка 2 (Челябинская обл.), Odeta (Чехия), Злата (Московская обл.), Новосибирская 29, Новосибирская 15, Полюшка (Новосибирская обл.), М-83-1531 (США), Бурлак (Ульяновская обл.). Сорта Воевода, Фаворит (Саратовская обл.) проявили высокую устойчивость к различным патогенам. Выявлена сильная зависимость урожайности от густоты продуктивного стеблестоя – $r = 0,753 \pm 0,084 \dots 0,808 \pm 0,075$, средняя сопряженность с числом зерен в колосе – $r = 0,427 \pm 0,115 \dots 0,716 \pm 0,089$ и массой зерна с колоса – $r = 0,374 \pm 0,118 \dots 0,689 \pm 0,092$. Масса зерна с колоса в значительной степени определялась количеством зерен в колосе – $r = 0,621 \pm 0,099 \dots 0,824 \pm 0,072$.

Ключевые слова: яровая мягкая пшеница, сорт, урожайность, ценные признаки, варибельность, корреляция.

Для цитирования: Барковская Т. А., Гладышева О. В., Зуев Е. В., Кокорева В. Г. Изучение новых образцов яровой мягкой пшеницы из мировой коллекции в условиях Рязанской области // Зерновое хозяйство России. 2024. Т. 16, № 1. С. 5–13. DOI: 10.31367/2079-8725-2024-90-1-5-13.



STUDY OF NEW SPRING COMMON WHEAT SAMPLES FROM THE WORLD COLLECTION IN THE CONDITIONS OF THE RYAZAN REGION

T. A. Barkovskaya¹, senior researcher of the department of breeding and seed production, podvyaze@bk.ru, ORCID ID: 0000-0002-4453-0367;

O. V. Gladysheva¹, Candidate of Agricultural Sciences, head of the Institute, podvyaze@bk.ru, ORCID ID: 0000-0001-9030-0055;

E. V. Zuev², Candidate of Agricultural Sciences, leading researcher department of wheat genetic resources VIR, e-zuev@vir.nw.ru, ORCID ID: 0000-0001-9259-4384

V. G. Kokoreva¹, junior researcher of the department of breeding and seed production, Kokoreva.valeria@yandex.ru, ORCID ID: 0000-0001-6584-4747

¹Institute of Seed production and Agrotechnologies, Branch of the Federal Budgetary Scientific Institution “Federal Research Agro-Engineering Center VIM”,

390502, Ryazan Region, Ryazan district, v. of Podvyaze, Parkovaya Str., 1; e-mail: podvyaze@bk.ru;

²FSBSI “Federal Research Center

All-Russian Institute of genetic resources of plants named after N.I. Vavilov”,

190031, Saint-Petersburg, Bolshaya Morskaya Str., 42/44; e-mail: secretary@vir.nw.ru

In the conditions of the Ryazan region there have been studied 64 spring common wheat varieties from the collection of the Federal Research Center VIGRR named after Vavilov in order to identify valuable traits for use in breeding. Field trials were carried out in the collection nursery on dark gray forest heavy loamy soil in 2018–2022, using the methodological recommendations of the Federal Research Center VIGRR named after Vavilov. There has been established that the highest yields (more than 5.0 t/ha) were formed by the varieties 'Arseya', 'Maestro' (Ryazan region), 'KWS Akvilon', 'Ethos' (Germany), 'KWS Torridon' (Great Britain), 'Odeta' (Czech Republic), 'Calispero' (France), which was on 29.9–49.9 % higher than the mean variety productivity in the trial. Yield stability with the least variation (Cv) was established for the varieties from the Central region – RIMA, 'Arseya' (Ryazan region), 'Zlata' (Moscow region) and 'Omskaya 36' (West Siberian region) with 3.1–9.6 %. The studied assortment of plant heights was divided into groups, such as dwarfs (< 60 cm) – 4.7 %, semi-dwarfs – 12.5 %, medium-sized – 75.0 %, tall – 7.8 %. There were identified 8 early ripening varieties 'Chelyaba 2' (Chelyabinsk region), 'Odeta' (Czech Republic), 'Zlata' (Moscow region), 'Novosibirskaya 29', 'Novosibirskaya 15', 'Polyushka' (Novosibirsk region), 'M-83-1531' (USA), 'Burlak' (Ulyanovsk region). The varieties 'Voevoda' and 'Favorit' (Saratov region) showed high resistance to various pathogens. There has been found a strong correlation between productivity and the density of productive stems with $r = 0.753 \pm 0.084 \dots 0.808 \pm 0.075$, an average correlation with a number of grains per head with $r = 0.427 \pm 0.115 \dots 0.716 \pm 0.089$ and grain weight per head with $r = 0.374 \pm 0.118 \dots 0.689 \pm 0.092$. Grain weight per head was largely determined by a number of grains per head with $r = 0.621 \pm 0.099 \dots 0.824 \pm 0.072$.

Keywords: spring common wheat, variety, productivity, valuable traits, variability, correlation.

Введение. В генетическом улучшении сельскохозяйственных растений первостепенную роль играет значительный ассортимент сортов из различных агроклиматических условий, который может предоставить полезные источники генов для увеличения продуктивности, улучшения качества зерна, широкой адаптации и устойчивости к основным стрессорам (Tadesse et al., 2016; Lopes and El-Basyoni, 2015; Singh and Kumar, 2016; Хлесткина и Чухина, 2020).

Степень изученности генофонда определяет уровень эффективности его использования (Иванова, 2020; Пискарев и др., 2018; Белан и др., 2021). Изначально исходный материал адаптирован к конкретным условиям среды, и важно определить реакцию его наиболее значимых признаков на метеоусловия той агроклиматической зоны, в которой его предполагают использовать. Поэтому изучение сортов из Всероссийского института генетических ресурсов растений им. Н. И. Вавилова позволяет выявлять их потенциальные возможности и определять селекционную значимость отобранного исходного материала (включая источники и доноры селекционно ценных признаков), что в решающей степени влияет на параметры, свойства и генетическое разнообразие создаваемых новых генетических систем (Демина, 2020; Амунова и др., 2021).

Урожайность – является совокупным показателем и характеризует продуктивность растений в конкретных условиях. Повышение урожайности сорта – одно из сложных направлений селекции, поскольку этот многокомпонентный признак зависит от многих факторов (Vellegas et al., 2016; Иванова и Ильина, 2020; Барковская и др., 2022). По этой причине одно из приоритетных направлений селекционной работы – выявление степени изменчивости отдельных признаков, связанных с продуктивностью у исходного материала (Новохатин и др., 2019).

В связи с вышеизложенным в условиях ИСА – филиал ФГБНУ ФНАЦ ВИМ, который расположен в западной части центральной зоны Рязанской области, активно изучаются сорта яровой мягкой пшеницы из ФИЦ ВИГРР с целью

выявления ценных признаков для использования в селекции.

Материалы и методы исследований.

Полевые исследования проводили в течение пяти лет (2018–2022 гг.). Объектами исследований являлись 64 сорта яровой мягкой пшеницы различного географического происхождения, полученные из Всероссийского института генетических ресурсов растений им. Н.И. Вавилова. Посев проводили в одном повторении сеялкой ССФК 7М на глубину 3–4 см, учетная площадь делянки – 3 м², норма высева – 6,0 млн всхожих семян/га. Сев проводили в оптимальные сроки по предшественнику чистый пар. Сорт Агата, районированный в Центральной зоне, являлся стандартом, который высевали через 9 образцов. Коллекционный материал убирала комбайном SAMPO-130. Наблюдения, оценки по устойчивости к основным листовым болезням и учеты проводили по методическим указаниям ФИЦ ВИГРР им. Вавилова (1999). Математическая обработка данных выполнена методом дисперсионного анализа по Б.А. Доспехову (2014). Статистическими характеристиками являлись средняя арифметическая ($\bar{x}$), дисперсия (S), стандартное отклонение (S²), ошибка средней арифметической (Sx), коэффициент вариации (Cv).

Почвенный покров участка – темно-серый лесной тяжелосуглинистый, с содержанием органического вещества 5,60 %, pH_{сол} – 4,88 ед., подвижного фосфора – 378 мг/кг почвы, подвижного калия – 275,0 мг/кг почвы.

Гидротермические условия за период исследований (2018–2022 гг.) резко различались по влагообеспеченности и сумме среднесуточных температур за вегетацию. Гидротермический коэффициент (ГТК) рассчитывали по Г.Т. Селянинову. Очень засушливые условия отмечались в 2018–2019 гг. (ГТК 0,58–0,59); оптимальные – в 2021–2022 гг. (ГТК 0,96–1,12); с избыточным увлажнением был вегетационный период 2020 г. (1,31).

Результаты и их обсуждение. Комплексные исследования образцов яровой мягкой пшеницы в 2018–2022 гг. выявили неоднородность материала по продуктивности и ценным признакам.

Урожайность за годы исследований в сортовом составе варьировала в сильной степени – от 17,0 ц/га в 2019 г. у образца М-83-1531 (США) до 70,6 ц/га в 2020 г. у сорта KWS Akvilon (Германия). В среднем за 5 лет изучаемые сорта по продуктивности можно разделить на группы: очень низкопродуктивные (менее 3,0 т/га), низкопродуктивные (3,0–3,8 т/га), среднепродуктивные (3,9–4,9 т/га), высокопродуктивные (более 5,0 т/га), которые составляли 14,1; 42,2 %; 32,8 % и 10,9 % соответственно.

Среднесортная урожайность изучаемых сортов в опыте за 2018–2022 гг. составила 39,1 ц/га. Из 64 сортов 43,8 % имели некоторое превышение данного показателя или были на уровне среднесортной урожайности. Они представлены в таблице 1, однако достоверная прибавка урожайности отмечена только у 7 сортов: Арсея, Маэстро (Рязанская обл.), KWS Akvilon, Ethos (Германия), KWS Torridon (Великобритания), Odeta (Чехия), Calispero (Франция), что больше среднесортной урожайности в опыте на 29,9–49,9 %.

Таблица 1. Урожайность сортов яровой мягкой пшеницы (2018–2022 гг.)
Table 1. Productivity of spring common wheat varieties (2018–2022)

Название	Происхождение	Урожайность, т/га			Коэффициент вариации, CV, %
		min	max	$\bar{x} \pm S\bar{x}$	
Высокопродуктивные (более 5,0 т/га)					
KWS Akvilon	Германия	4,83	7,06	5,86±0,40	15,1
Calispero	Франция	4,63	7,00	5,76±0,41	16,0
Маэстро	Россия	5,10	6,60	5,73±0,34	12,2
KWS Torridon	Германия	4,80	6,90	5,59±0,40	16,2
Odeta	Чехия	4,50	6,73	5,55±0,40	16,2
Ethos	Германия	3,70	6,66	5,16±0,59	25,9
Арсея	Россия	4,90	5,25	5,08±0,07	3,1
Среднепродуктивные (3,9–4,9 т/га)					
Бурлак	Россия	4,13	5,93	4,80±0,40	16,4
Агата, st	Россия	3,85	6,08	4,77±0,38	17,6
CH Rubli	Германия	3,80	5,66	4,68±0,30	14,2
Sabli	Канада	3,96	5,57	4,67±0,33	15,6
РИМА	Россия	4,43	5,20	4,65±0,14	6,8
Алтайская 100	Россия	3,73	5,43	4,48±0,32	15,8
Етюд	Украина	3,20	5,26	4,45±0,37	18,6
Геракл	Россия	3,63	5,17	4,45±0,27	13,4
Симбирцит	Россия	3,22	5,83	4,30±0,45	23,5
Маргарита	Россия	2,56	5,83	4,23±0,60	31,6
Омская 36	Россия	3,73	4,67	4,21±0,16	8,2
Злата	Россия	3,57	4,53	4,17±,18	9,6
Кинельская Нива	Россия	2,50	5,12	4,16±0,51	27,2
Радуга	Россия	3,42	4,83	4,16±0,26	13,7
Экада 70	Россия	3,13	4,93	4,12±0,35	18,8
Уралосибирская	Россия	3,60	4,83	4,09±0,21	11,6
Кагее	ЮАР	3,13	5,83	4,02±0,22	12,5
Сибирский альянс	Россия	3,23	5,36	4,00±0,38	21,2
Meri	Эстония	2,73	5,47	3,99±0,50	28,2
Кинельская отрада	Россия	3,00	4,67	3,93±0,31	17,5
Amidon	США	3,43	4,99	3,93±0,29	16,3
Среднее по опыту		–	–	3,91	–
НСР ₀₅ 0,96					

В исследованиях был выявлен слабый коэффициент вариации урожайности по годам – 3,1–9,6 % у сортов из Центрального региона: РИМА, Арсея (Рязанская обл.), Злата (Московская обл.) и сорта из Западно-Сибирского региона – Омская 36.

Вегетационный период у коллекционных образцов в зависимости от генотипа и условий

вегетации растений колебался в широком диапазоне значений 59–113 дней, у стандартного сорта Агата – 72–95 дней. При оценке продолжительности периода «всходы – восковая спелость» выделили группу скороспелых сортов-образцов, что составляло 26,6 % (табл. 2).

Таблица 2. Распределение сортов яровой пшеницы на группы спелости
Table 2. Distribution of spring wheat varieties into maturity groups

Группа спелости	Период вегетации, дни	Количество сортов	
		шт.	%
Скороспелые	59–76	17	26,6
Среднеспелые	77–95	45	70,3
Позднеспелые	Более 95	2	3,1

В среднем за 5 лет выявлены сорта с наиболее коротким вегетационным периодом (62–72 дня) – Челябинка 2 (Челябинская обл.), Odeta (Чехия), Злата (Московская обл.), Новосибирская 29, Новосибирская 15, Полюшка (Новосибирская обл.), М-83-1531 (США), Бурлак (Ульяновская обл.).

За время наблюдений в среднем по изучаемым образцам самый короткий период вегетации отмечен в 2019 и 2021 гг. – 73 дня, самый длинный в 2020 г. – 91 день. При этом у скороспе-

лых сортов Odeta (Чехия), Новосибирская 15, Новосибирская 29, Полюшка (Новосибирская обл.), Челябинка 2 (Челябинская обл.), Варяг (Самарская обл.) он увеличивался по мере повышения влагообеспеченности условий развития (рис. 1). У позднеспелых образцов DL 803-2 (Индия), Karee (ЮАР) отмечено уменьшение вегетационного периода в оптимальном по увлажнению 2021 г. по сравнению с 2019 и 2020 годами.

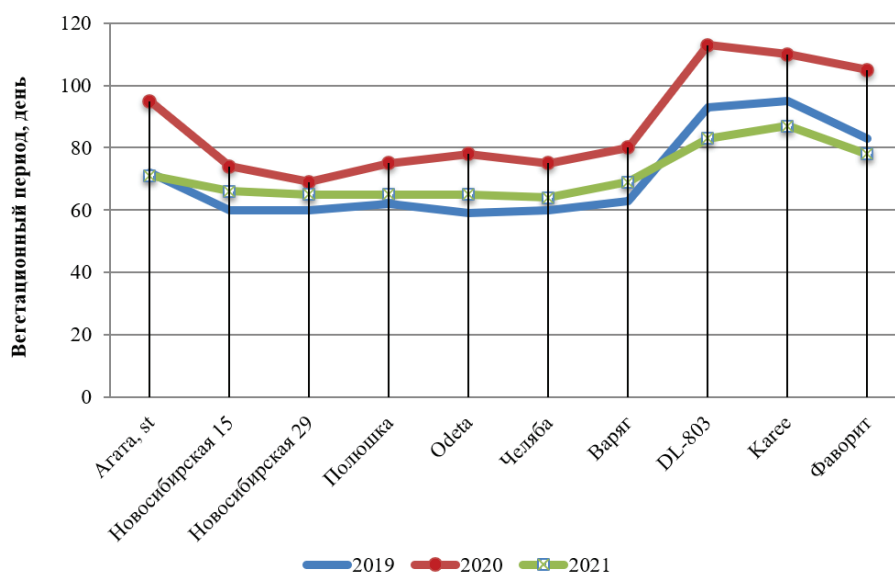


Рис. 1. Вегетационный период у сортообразцов яровой пшеницы
Fig. 1. Vegetation period of spring wheat variety samples

Степень изменчивости указанного выше признака (C_v) у образцов яровой пшеницы находилась в пределах 3,9–15,9 %. Незначительная вариабельность выявлена у сортов Meri (Эстония), Сибирский альянс, Злата (Московская обл.) (C_v 3,9–8,1 %).

Высота растений яровой пшеницы изменялась от 47 см у сорта Avtur Nich (Испания) в 2018 г. до 133 см у сорта РИМА (Рязанская обл.) в 2020 году.

Изучаемый ассортимент включал в себя 75,0 % (рис. 2) среднерослых образцов (74–103 см). Из них сорта М81-152 (США), NIL Thatcher 38 (Канада), Long Fu 13 (Китай), Полюшка, Новосибирская 29 (Новосибирская обл.), СКЭНТ 3 (Тюменская обл.), Мариинка (Кемеровская обл.), Тулайковская золотистая, Варяг, Кинельская отрада (Самарская обл.), Челябинка 2 (Челябинская обл.) обладали наименьшим значением – 87–91 см.

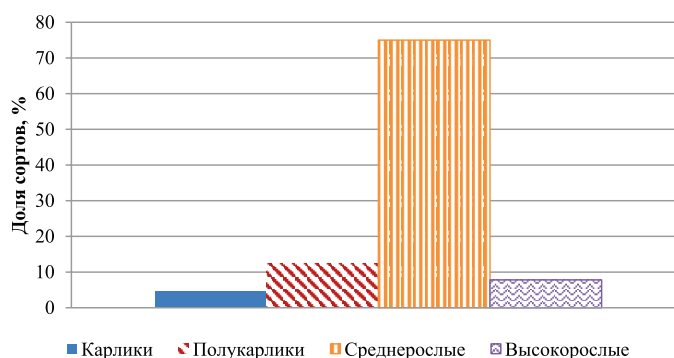


Рис. 2. Распределение сортов яровой пшеницы по высоте растений
Fig. 2. Distribution of spring wheat varieties according to plant height

Выявлены образцы, относящиеся к группе карликов (< 60 см): Elestavet (Греция), Avtur Nich, Mane Nich (Испания), что составляет 4,7 %.

К полукарликам (60–73 см) относятся 12,5 % сортов, в частности, сорта Бурлак (Ульяновская обл.), Етюд (Украина), Ethos, CH Rubli (Германия),

KWS Torridon (Великобритания), Odeta (Чехия), высокорослых (104–133 см) формировали Sabli (Канада), Meri (Эстония) (табл. 3). Группу 7,8 % сортов.

Таблица 3. Высота растения, число продуктивных стеблей и масса 1000 зерен у сортов яровой мягкой пшеницы (2018–2022 гг.)

Table 3. Plant height, number of productive stems and 1000-grain weight of spring common wheat varieties (2018–2022)

Название	Происхождение	Высота, см		Продуктивный стеблестой, шт./м²		Масса 1000 зерен, г	
		$\bar{x} \pm S\bar{x}$	$C_v, \%$	$\bar{x} \pm S\bar{x}$	$C_v, \%$	$\bar{x} \pm S\bar{x}$	$C_v, \%$
Высокопродуктивные (более 5,0 т/га)							
KWS Akvilon	Германия	78±4,91	14,0	523±36,90	14,8	39,8±1,23	6,9
Calispero	Франция	81±3,42	9,5	493±38,25	17,4	37,5±1,46	8,7
Маэстро	Россия	94±3,84	9,2	559±11,52	4,1	38,4±0,64	2,9
KWS Torridon	Германия	70±3,56	11,4	492±33,68	15,3	38,9±1,32	7,7
Odeta	Чехия	71±2,62	8,3	410±31,74	17,0	39,8±1,10	6,2
Ethos	Германия	66±5,18	17,6	386±28,63	21,3	38,2±1,89	11,1
Арсея	Россия	99±4,15	9,4	492±13,81	6,3	39,6±0,58	3,3
Среднепродуктивные (3,9–4,9 т/га)							
Бурлак	Россия	70±2,71	8,68	422±37,45	18,4	43,8±3,08	12,2
Агата, st	Россия	94±6,34	15,1	530±37,82	16,6	39,8±1,09	6,1
CH Rubli	Германия	69±1,93	6,27	482±14,88	6,9	35,4±0,44	2,7
Sabli	Канада	70±3,67	11,7	364±23,99	14,7	36,6±1,09	6,7
РИМА	Россия	107±7,01	14,7	407±22,54	12,4	40,3±0,72	4,0
Алтайская 100	Россия	104±6,52	15,0	434±28,83	14,9	36,2±1,75	10,9
Етюд	Украина	63±2,76	9,8	382±36,39	16,6	35,5±1,14	7,2
Геракл	Россия	102±6,74	14,8	389±17,21	9,9	38,6±2,52	14,6
Симбирцит	Россия	104±8,75	18,7	398±23,38	13,2	40,3±4,39	16,4
Маргарита	Россия	95±5,54	13,0	372±52,28	31,5	39,9±2,48	14,0
Омская 36	Россия	99±6,79	15,3	411±8,25	4,55	38,6±1,46	8,5
Злата	Россия	96±5,53	12,9	422±17,58	9,3	40,0±1,38	7,7
Кинельская нива	Россия	91±8,93	21,9	410±63,31	34,6	37,5±0,67	4,0
Радуга	Россия	95±5,09	12,0	346±16,35	10,6	41,8±1,69	9,1
Экада 70	Россия	98±5,89	13,4	399±30,30	17,0	38,1±3,30	19,4
Уралосибирская	Россия	102±5,71	12,6	369±9,04	5,48	39,1±2,21	12,6
Карея	ЮАР	98±7,14	16,3	309±42,10	30,5	35,9±1,12	7,0
Сибирский альянс	Россия	103±6,74	14,7	399±44,0	24,7	40,1±1,46	8,2
Meri	Эстония	73±3,12	9,6	294±35,26	26,9	35,4±2,68	17,0
Кинельская отрада	Россия	90±6,34	15,7	358±37,57	23,5	34,7±0,92	5,9
Amidon	США	84±4,21	11,2	367±6,26	3,82	37,8±0,43	2,5
Среднее по опыту		89,7	–	368	–	37,1	–
НСР ₀₅		15,8	–	77,9	–	5,06	–

В засушливых условиях 2018 г. отмечен наименьший среднесортной показатель – 78 см, что ниже на 25,7 % данных 2020 года. У таких сортов, как Алтайская 70 (Алтайский край),

РИМА (Рязанская обл.), СКЭНТ 3 (Тюменская обл.), DL 803-2 (Индия) отмечено снижение высоты растений в 1,5 раза (рис. 3).

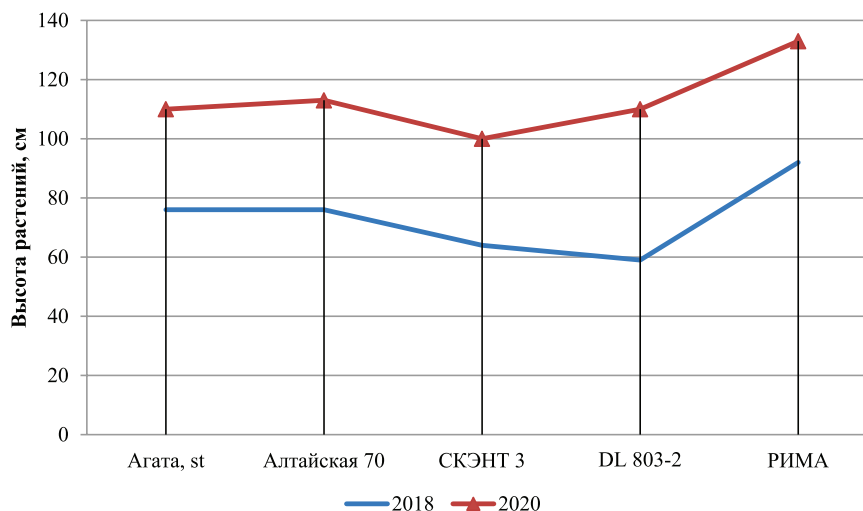


Рис. 3. Высота растений у сортов яровой пшеницы
Fig. 3. Plant height of spring wheat varieties

Наименьшее варьирование данного признака (C_v 8,7–9,8 %) отмечено у сортов Баганская 95 (Новосибирская обл.), Мариинка (Кемеровская обл.), Odeta (Чехия), Етюд (Украина), Meri (Эстония). В сильной степени оно отмечено у сортов Кинельская нива (Саратовская обл.), DL 803-2 (Индия), Алтайская 110 (Алтайский край), Горноуральская (Свердловская обл.), Фаворит (Саратовская обл.) – 21,9–25,0 %.

В среднем в опыте густота продуктивного стеблестоя составляла 368 шт./м². Корреляционный анализ показал сильную зависимость между урожайностью и данным показателем ($r = 0,753 \pm 0,084 \dots 0,808 \pm 0,075$ при $p < 0,001$). Наибольшую величину этого показателя сформировали: Агата (стандарт), Злата (Московская обл.), Маэстро, Арсея (Рязанская обл.), Бурлак (Ульяновская обл.), Алтайская 100 (Алтайский край), Омская 36 (Омская обл.), Calispero (Франция), KWC Akvilon, CN Rubli (Германия), KWC Torridon (Великобритания) – 422–559 шт./м². Минимальное значение зафиксировано у сортов Long Fu 13, Long Fu 7 (Китай), Artur Nick (Испания), Полюшка (Новосибирская обл.) – 250–281 шт./м².

Масса 1000 зерен по годам изменялась от 24,8 до 48,2 г ($C_v = 2,5–26,6$ %). Выверенное и достаточно крупное зерно формировали

сорта Сибирский альянс (Алтайский край), Злата (Московская обл.), РИМА (Рязанская обл.), Радуга (Курская обл.), Бурлак, Симбирцит (Ульяновская обл.) – 40,0–43,8 г. Высокий коэффициент вариации данного признака имели сорта Тулайковская золотистая (Самарская обл.) и Баганская 95 (Новосибирская обл.) – 23,7 и 26,6 % соответственно.

Длина колоса варьировала от 5,9 см у сорта KWC Akvilon (Германия) в 2019 г. до 11,4 см у сорта Бурлак (Ульяновская обл.) в 2020 году. В среднем длина колоса у стандартного сорта Агата была 7,4 см. Наибольшее среднее значение длины (9,1–10,5 см) выявлено у образцов Маргарита (Ульяновская обл.), Росинка, Дарница (Кемеровская обл.), Боганская 95 (Новосибирская обл.), Геракл, Уралосибирская (Омская обл.), Радуга (Курская обл.), что на 23,0 – 41,9 % длиннее значений стандартного сорта Агата. У этой группы образцов выявлено наибольшее число колосков в колосе – более 17,0 шт. Наименьшая длина отмечена у KWC Akvilon (Германия), KWC Torridon (Великобритания), Artur Nick (Испания) – 7,2 см.

Стабильность признака проявилась у образцов Odeta (Чехия), РИМА (Рязанская обл.), Кинельская нива, Кинельская отрада (Самарская обл.), Омская 36 (Омская обл.) – 2,8–5,8 % (табл. 4).

Таблица 4. Показатели продуктивности главного колоса у сортов яровой мягкой пшеницы (2018–2022 гг.)
Table 4. Main head productivity indicators of spring common wheat varieties (2018–2022)

Название	Происхождение	Длина, см		Число зерен, шт.		Масса зерна с колоса, г	
		$\bar{x} \pm S\bar{x}$	$C_v, \%$	$\bar{x} \pm S\bar{x}$	$C_v, \%$	$\bar{x} \pm S\bar{x}$	$C_v, \%$
Высокопродуктивные (более 5,0 т/га)							
KWS Akvilon	Германия	7,2±0,46	14,3	39,1±1,03	5,9	1,53±0,07	9,9
Calispero	Франция	7,4±0,25	7,6	41,5±2,89	15,6	1,64±0,04	5,4
Маэстро	Россия	8,7±0,46	9,1	36,9±1,91	11,6	1,45±0,03	3,6
KWS Torridon	Германия	7,2±0,63	19,5	41,1±1,69	9,2	1,72±0,16	20,5
Odeta	Чехия	7,6±0,09	2,8	42,0±1,39	7,4	1,69±0,07	9,6
Ethos	Германия	7,5±0,93	27,9	43,1±2,08	10,8	1,74±0,16	20,3
Арсея	Россия	8,7±0,41	10,4	35,5±1,42	9,0	1,37±0,10	16,0
Среднепродуктивные (3,9–4,9 т/га)							
Бурлак	Россия	8,7±1,10	21,9	36,0±1,46	9,1	1,31±0,10	13,4
Агата, st	Россия	7,4±0,28	8,5	35,3±1,64	10,4	1,36±0,15	24,3
CN Rubli	Германия	7,5±0,41	12,2	35,1±2,18	13,9	1,14±0,14	27,3
Sabli	Канада	7,6±0,26	7,6	38,4±1,54	8,9	1,39±0,12	18,9
РИМА	Россия	8,1±0,12	3,4	35,2±0,80	5,1	1,40±0,04	6,9
Алтайская 100	Россия	8,2±0,56	15,3	38,1±1,97	11,6	1,29±0,05	8,3
Етюд	Украина	8,1±0,42	11,6	41,1±2,09	11,4	1,50±0,04	6,3
Геракл	Россия	10,1±0,38	8,6	47,9±2,42	11,3	1,77±0,11	17,3
Симбирцит	Россия	9,0±0,26	6,4	37,2±0,66	4,0	1,57±0,15	20,6
Маргарита	Россия	9,1±0,34	8,4	38,8±2,19	12,6	1,67±0,13	17,3
Омская 36	Россия	8,6±0,22	5,8	33,4±1,24	8,4	1,43±0,10	15,5
Злата	Россия	8,4±0,26	6,9	34,4±3,25	21,2	1,21±0,18	33,6
Кинельская нива	Россия	8,9±0,17	4,2	38,8±1,53	8,8	1,45±0,15	23,5
Радуга	Россия	10,5±0,50	12,2	46,5±2,58	12,4	1,93±0,11	13,1
Экада 70	Россия	8,3±0,34	9,2	39,7±2,04	11,5	1,49±0,18	27,0
Уралосибирская	Россия	9,2±0,35	8,4	44,8±1,78	8,9	1,59±0,17	23,7
Kagee	ЮАР	8,5±0,43	11,5	31,5±4,72	33,6	1,49±0,09	13,2
Сибирский альянс	Россия	8.1±0.25	6.8	35.9±1.28	8.0	1.43±0.05	8.1

Продолжение табл. 4

Название	Происхождение	Длина, см		Число зерен, шт.		Масса зерна с колоса, г	
		$\bar{x} \pm S\bar{x}$	$C_v, \%$	$\bar{x} \pm S\bar{x}$	$C_v, \%$	$\bar{x} \pm S\bar{x}$	$C_v, \%$
Meri	Эстония	8,9±0,63	15,8	38,1±3,32	19,6	1,56±0,24	34,0
Кинельская отрада	Россия	8,4±0,20	5,4	41,5±2,79	15,1	1,49±0,17	24,8
Amidon	США	8,0±0,41	11,5	33,9±2,47	16,3	1,05±0,15	32,3
Среднее по опыту		8,0	—	37,3	—	1,38	—
НСР ₀₅		1,24	—	7,1	—	1,07	—

В среднем число зерен с колоса у стандартного сорта Агата (Московская обл.) составляло 35,3 шт., при этом у 31,3 % сортов значения были ниже стандарта. Наибольший средний показатель (41,7–47,9 шт.) характерен для сортов Odeta (Чехия), Ethos (Германия), Дарница (Кемеровская обл.), Радуга (Курская обл.), Геракл, Уралосибирская (Омская обл.), Баганская 95 (Новосибирская обл.), что в 1,2 раза больше значений стандарта.

Сорта сильно различались по массе зерна с колоса – она находилась в большом интервале: от 0,68 г у образца М-83-1531 (США) в 2019 г. до 2,30 г у сорта Meri (Эстония) в 2020 г. при значении у стандарта от 1,00 до 1,68 г. Установлено, что в среднем в опыте высокими значениями (более 1,64 г) обладали 17,2 % сортов. Образцы KWS Torridon (Великобритания), Ethos (Германия), Дарница (Кемеровская обл.), Радуга (Курская обл.), Геракл (Омская обл.) имели массу зерна с колоса 1,72–1,93 г. Масса зерна с колоса менее 1 г наблюдалась у сортов Artur Nick, Mane Nick (Испания), Long Fu 13, Long Fu 7 (Китай), NIL Thatcher Lr 45 (Канада), М-83-1531 (США), что ниже стандарта на 27,9–39,7 % или средних значений в опыте на 28,9–40,6 %. Сопряженность урожайности с числом зерен в колосе составляла $0,427 \pm 0,115 \dots 0,716 \pm 0,089$ и массой зерна с колоса – $0,374 \pm 0,118 \dots 0,689 \pm 0,092$. Выявлена сильная прямая связь между массой зерна с колоса и количеством зерен в колосе $r = 0,621 \pm 0,099 \dots 0,824 \pm 0,072$ ($p < 0,001$).

Оценку устойчивости сортов к бурой ржавчине проводили по 9-балльной шкале, которая за годы исследований варьировала от 1 до 9 баллов, в 2018 г. бурая ржавчина отмечена лишь на единичных образцах. В среднем высокую степень устойчивости (9 баллов) показали 54,7 % образцов. Высокоустойчивые сорта Odeta (Чехия), Amidon (США), Тулайковская 100, Кинельская отрада (Самарская обл.), Фаворит, Воевода (Саратовская обл.), Экада 70, Симбирцит (Ульяновская обл.) имели единичные подушечки гриба на листьях и междоузлиях нижнего яруса или признаки отсутствовали.

Установлено, что высокую устойчивость (7–9 баллов) к мучнистой росе проявили

17,2 % образцов, из них высокоустойчивые сорта KWS Akvilon (Германия), KWS Torridon (Великобритания), Бурлак (Ульяновская обл.), Фаворит, Воевода (Саратовская обл.), признаки поражения у которых отсутствовали или имелись единичные мелкие пустулы.

Устойчивость к септориозу листьев проявили 29,7 % сортов, с наименьшим поражением выявлены образцы DL 803-2 (Индия), Karee (ЮАР), Воевода (Саратовская обл.), Кинельская нива (Самарская обл.).

В условиях 2020 г. значительное развитие получила стеблевая ржавчина, при этом только у 27,7 % сортов отмечалось слабое поражение. Высокоустойчивыми к стеблевой ржавчине были сорта Amidon (США), Sabli, NIL Thatcher Lr 45 (Канада), Elissavet (Греция), Artur Nick, Mane Nick (Испания), Омская 36, Боевчанка, Геракл (Омская обл.).

Выводы. Таким образом, сравнительное изучение коллекционного материала яровой мягкой пшеницы, различного по происхождению, в условиях Рязанской области позволило выделить сорта с комплексом хозяйственно ценных признаков: Odeta (Чехия), KWS Torridon (Великобритания), Calispero (Франция), Ethos, KWS Akvilon (Германия), обладающих высокой урожайностью (более 5,0 т/га), с высотой растений 66–81 см, массой 1000 зерен 38–40 г, формирующих высокую озерненность колоса (39–43 шт.) и массу зерна с колоса (1,53–1,74 г).

Полученные данные в исследованиях можно использовать в практических целях при создании новых сортов яровой мягкой пшеницы.

Финансирование. Работа выполнена при поддержке Минобрнауки РФ в рамках Государственного задания ФГБНУ «Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ» (тема № FGUN2022-0013) и согласно тематическому плану ВИР по проекту FGEM-2022-0009 «Структурирование и раскрытие потенциала наследственной изменчивости мировой коллекции зерновых и крупяных культур ВИР для развития оптимизированного генбанка и рационального использования в селекции и растениеводстве».

Библиографические ссылки

1. Амунова О.С., Волкова Л.В., Зуев Е.В., Харина А.В. Исходный материал для селекции мягкой яровой пшеницы в условиях Кировской области // Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2021. № 22(5). С. 661–675. DOI: 10.30766/2072-9081.2021.22.5.661-675
2. Барковская Т.А., Гладышева О.В., Кокорева В.Г. Высокопродуктивный сорт яровой мягкой пшеницы Маэстро для Центрального Нечерноземья // Вестник российской сельскохозяйственной науки. 2022. № 2. С. 21–24. DOI: 10.30850/vrsn/2022/2/21-24

3. Белан И.А., Россеева Л.П., Блохина Н.П., Григорьев Ю.П., Мухина Я.В., Трубачеева Н.В., Першина Л.А. Ресурсный потенциал сортов пшеницы мягкой яровой для условий Западной Сибири и Омской области (аналитический обзор) // *Аграрная наука Евро-Северо-Востока*. 2021. № 22(4). С. 449–465. DOI: 10.30766/2072-9081.2021.22.4.449-465
4. Демина И.Ф. Результаты изучения коллекционных образцов пшеницы мягкой яровой в условиях Среднего Поволжья // *Аграрная наука Евро-Северо-Востока*. 2020. № 21(6). С. 653–659. DOI: 10.30766/2072-9081.2020.21.6.653-659
5. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). 5-е изд., перераб. и доп., стереотип. изд. М.: Альянс, 2014. 351 с.
6. Иванова И.Ю. Сортоизучение мягкой пшеницы в условиях южной части Волго-Вятского региона // *Аграрная наука Евро-Северо-Востока*. 2020. № 21(4). С. 379–386. DOI: 10.30766/2072-9081.2020.21.4.379-386
7. Иванова И.Ю., Ильина С.В. Вариабельность хозяйственно ценных признаков яровой мягкой пшеницы // *Международный сельскохозяйственный журнал*. 2020. № 2(374). С. 53–55. DOI: 10.24411/2587-6740-2020-12030
8. Мережко А.Ф., Удачин Р.А., Зуев В.Е., Филатенко А.А., Сербин А.А., Ляпунова О.А., Косов В.Ю., Куркиев У.К., Охотникова Т.В., Наврузбеков Н.А., Богуславский Р.Л., Абдулаева А.К., Чикида Н.Н., Митрофанова О.П., Потоккина С.А. Пополнение, сохранение в живом виде и изучение мировой коллекции пшеницы, эгилопса и тритикале. Методические указания. СПб.: Изд-во ФГБНУ «ФИЦ ВПР им. Н.И. Вавилова», 1999. 82 с.
9. Новохатин В.В., Драгавцев В.А., Леонова Т.А., Шеломенцева Т.В. Создание сорта мягкой яровой пшеницы Гренада с помощью инновационных технологий селекции на основе теории эколого-генетической организации количественных признаков // *Сельскохозяйственная биология*. 2019. № 5. С. 905–919. DOI: 10.15389/agrobiology.2019.5.905rus
10. Пискарев В. В., Зуев Е. В., Брыкова А. Н. Исходный материал для селекции яровой мягкой пшеницы в условиях Новосибирской области // *Вавиловский журнал генетики и селекции*. 2018. № 22(7). С. 784–794. DOI: 10.18699/VJ18.422
11. Хлесткина Е.К., Чухина И.Г. Генетические ресурсы растений: стратегия сохранения и использования // *Вестник Российской академии наук*. 2020. № 6. С. 522–527. DOI: 10.31857/S0869587320060043
12. Lopes S.M., El-Basyoni I. Exploiting genetic diversity from landraces in wheat breeding for adaptation to climate change // *Journal of Experimental Botany*. 2015. Vol. 66(12), P. 3477–3486. DOI: 10.1093/jxb/erv122
13. Singh M., Kumar S. Broadening the Genetic Base of Grain Cereals // Springer, India. 2016. P. 1–8. DOI: 10.1007/978-81-322-3613-9
14. Tadesse W., Amri A., Ogbonnaya F.C. Wheat // In book: *Genetic and Genomic Resources for Grain Cereals Improvement*. Elsevier Inc.: Academic Press. 2016. P. 81–124. DOI: 10.1016/B978-0-12-802000-5.00002-2
15. Villegas D., Alfaro C., Amar K., Catedra M.M., Crossa I., Garcia del Moral, Royo C. Daylength, Temperature and Solar Radiation Effects on the Phenology and Yield Formation of Spring Durum Wheat // *Journal of Agronomy and Crop Science*. 2015. Vol. 202 (3), P. 203–2016. DOI: 10.1111/jac.12146

References

1. Amunova O.S., Volkova L.V., Zuev E.V., Kharina A.V. Iskhodnyi material dlya selektsii myagkoi yarovoi pshenitsy v usloviyakh Kirovskoi oblasti [Initial material for spring common wheat breeding in the Kirov region] // *Agrarnaya nauka Evro-Severo-Vostoka*. 2021. № 22(5). S. 661–675. DOI: 10.30766/2072-9081.2021.22.5.661-675
2. Barkovskaya T.A., Gladysheva O.V., Kokoreva V.G. Vysokoproduktivnyi sort yarovoi myagkoi pshenitsy Maestro dlya Tsentral'nogo Nechernozem'ya [Highly productive spring common wheat variety 'Maestro' for the Central Non-Blackearth Region] // *Vestnik Rossiiskoi sel'skokhozyaistvennoi nauki*. 2022. № 2. S. 21–24. DOI: 10.30850/vrsn/2022/2/21-24
3. Belan I.A., Rosseeva L.P., Blokhina N.P., Grigor'ev Yu.P., Mukhina Ya.V., Trubacheeva N.V., Pershina L.A. Resursnyi potentsial sortov pshenitsy myagkoi yarovoi dlya uslovii Zapadnoi Sibiri i Omskoi oblasti (analiticheskii obzor) [Resource potential of spring common wheat varieties for the conditions of Western Siberia and the Omsk region (analytical review)] // *Agrarnaya nauka Evro-Severo-Vostoka*. 2021. № 22(4). S. 449–465. DOI: 10.30766/2072-9081.2021.22.4.449-465
4. Demina I.F. Rezul'taty izucheniya kollektсионnykh obraztsov pshenitsy myagkoi yarovoi v usloviyakh Srednego Povolzh'ya [Study results of collection samples of spring common wheat in the conditions of the Middle Volga region] // *Agrarnaya nauka Evro-Severo-Vostoka*. 2020. № 21(6). S. 653–659. DOI: 10.30766/2072-9081.2020.21.6.653-659
5. Dospekhov B.A. Metodika polevogo opyta (s osnovami statisticheskoi obrabotki rezul'tatov issledovaniy) [Methodology of a field trial (with the basics of statistical processing of the study results)]. 5-e izdanie, pererab. i dop., stereotip. izd. M.: Al'yans, 2014. 351 s.
6. Ivanova I.Yu. Sortoizuchenie myagkoi pshenitsy v usloviyakh yuzhnoi chasti Volgo-Vyatskogo regiona [Varietal study of common wheat in the southern part of the Volga-Vyatka region] // *Agrarnaya nauka Evro-Severo-Vostoka*. 2020. № 21(4). S. 379–386. DOI: 10.30766/2072-9081.2020.21.4.379-386
7. Ivanova I.Yu., Il'ina S.V. Variabel'nost' khozyaistvenno tsennykh priznakov yarovoi myagkoi pshenitsy [Variability of economically valuable traits of spring common wheat] // *Mezhdunarodnyi sel'skokhozyaistvennyi zhurnal*. 2020. № 2(374). S. 53–55. DOI: 10.24411/2587-6740-2020-12030
8. Merezko A.F., Udachin R.A., Zuev V.E., Filatenko A.A., Serbin A.A., Lyapunova O.A., Kosov V.Yu., Kurkiev U.K., Okhotnikova T.V., Navruzbekov N.A., Boguslavskii R.L., Abdulaeva A.K., Chikida N.N., Mitrofanova O.P., Potokina S.A. Popolnenie, sokhranenie v zhivom vide i izuchenie mirovoi

kollektzii pshenitsy, egilopsa i triticales [Replenishment, preservation in living form and study of the world collection of wheat, aegilops and triticales]. Metodicheskie ukazaniya. SPb.: Izd-vo FGBNU «FITS VIR im. N.I. Vavilova», 1999. 82 s.

9. Novokhatin V.V., Dragavtsev V.A., Leonova T.A., Shelomentseva T.V. Sozdanie sorta myagkoi yarovoi pshenitsy Grenada s pomoshch'yu innovatsionnykh tekhnologii selektsii na osnove teorii ekologo-geneticheskoi organizatsii kolichestvennykh priznakov [Development of the spring common wheat variety 'Grenada' using innovative breeding technologies based on the theory of ecological-genetic organization of quantitative traits] // Sel'skokhozyaistvennaya biologiya. 2019. № 5. S. 905–919. DOI: 10.15389/agrobiologiya.2019.5.905rus

10. Piskarev V.V., Zuev E.V., Brykova A.N. Iskhodnyi material dlya selektsii yarovoi myagkoi pshenitsy v usloviyakh Novosibirskoi oblasti [Initial material for the spring common wheat breeding in the conditions of the Novosibirsk region and selection] // Vavilovskii zhurnal genetiki i selektsii. 2018. № 22(7). S. 784–794. DOI: 10.18699/VJ18.422

11. Khlestkina E.K., Chukhina I.G. Geneticheskie resursy rastenii: strategiya sokhraneniya i ispol'zovaniya [Plant genetic resources: strategy for conservation and use] // Vestnik Rossiiskoi Akademii Nauk. 2020. № 6. S. 522–527. DOI: 10.31857/S0869587320060043

12. Lopes S.M., El-Basyoni I. Exploiting genetic diversity from landraces in wheat breeding for adaptation to climate change // Journal of Experimental Botany. 2015. Vol. 66 (12). P. 3477–3486. DOI: 10.1093/jxb/erv122

13. Singh M., Kumar S. Broadening the Genetic Base of Grain Cereals // Springer, India. 2016. P. 1–8. DOI: 10.1007/978-81-322-3613-9

14. Tadesse W., Amri A., Ogonnaya F.C. Wheat // In book: Genetic and Genomic Resources for Grain Cereals Improvement. Elsevier Inc.: Academic Press. 2016. P. 81–124. DOI: 10.1016/B978-0-12-802000-5.00002-2

15. Villegas D., Alfaro C., Amar K., Catedra M.M., Crossa I., Garcia del Moral, Royo C. Daylength, Temperature and Solar Radiation Effects on the Phenology and Yield Formation of Spring Durum Wheat // Journal of Agronomy and Crop Science. 2015. Vol. 202(3), P. 203–2016. DOI: 10.1111/jac.12146

Поступила: 27.07.23; доработана после рецензирования: 11.10.23; принята к публикации: 12.10.23.

Критерии авторства. Авторы статьи подтверждают, что имеют на статью равные права и несут равную ответственность за плагиат.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Авторский вклад. Гладышева О.В. – концептуализация исследований, анализ данных и их интерпретация; Барковская Т.А. – непосредственное участие в закладке полевых опытов, подготовка рукописи, математическая обработка данных; Кокорева В.Г. – выполнение полевых / лабораторных опытов и сбор данных; Зюев Е.В. – подготовка рукописи.

Все авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.

НОВЫЙ СОРТ ГОРОХА ПОСЕВНОГО АНТЕЙ

Н. В. Дейнес, научный сотрудник лаборатории селекции зернобобовых и кормовых культур, deynes_nikolay@mail.ru., ORCID ID: 0009-0003-4508-5618;

А. П. Чебатареv, агроном лаборатории селекции зернобобовых и кормовых культур, admiral160697@mail.ru, ORCID ID: 0009-0009-3380-8616

ФГБНУ «Федеральный Алтайский научный центр агробиотехнологий»
отдел «Алтайский научно-исследовательский институт сельского хозяйства»,
656910, г. Барнаул, пос. Научный городок, д. 35; e-mail: aniish@mail.ru

В статье представлена характеристика нового сорта гороха алтайской селекции Антей по важнейшим хозяйственно ценным и морфологическим признакам. Селекционная работа по созданию сорта в ФГБНУ «Федеральный Алтайский научный центр агробиотехнологий» начата в 2003 г. с момента скрещивания исходных родительских форм. Сорт Антей создан методом индивидуального отбора из гибридной комбинации (Варяг х Новосибирец) х Батрак. Разновидность сорта – *ecaducum*. В среднем за годы испытания (2020–2022 гг.) сорт Антей достоверно отличился от стандартного сорта Батрак по комплексу селекционно ценных признаков. У данного сорта выделены важнейшие хозяйственно-биологические показатели – высокая продуктивность (2,75 т/га), устойчивость к полеганию (5 баллов), слабая восприимчивость к болезням (4,5 балла), высокое содержание белка (23,5 %). На основе фенологических наблюдений за посевами гороха выделены некоторые морфологические особенности этого сорта. Антей является среднеспелым сортом. Период вегетации длится 70–75 дней. Сорт детерминантный, высота растений – 65 см. Усатый тип листа и сжатые междоузлия нового сорта гороха повышают устойчивость побегов к полеганию. На растениях располагаются белые цветки средней величины. Бобы лущильные, прямые. Количество семян в бобе 4–7. Наши исследования показали, что в течение трех лет в конкурсном сортоиспытании по ряду вышеуказанных признаков сорт Антей значительно превосходит показатели стандартного сорта Батрак, что позволило передать этот сорт гороха на государственное сортоиспытание в 2022 году. Испытание сорта Антей планируется провести в 10-м (Западно-Сибирском) регионе.

Ключевые слова: горох, сорт, Антей, урожайность, устойчивость, натура.

Для цитирования: Дейнес Н. В., Чебатареv А. П. Новый сорт гороха посевного Антей // Зерновое хозяйство России. 2024. Т. 16, № 1. С. 14–18. DOI: 10.31367/2079-8725-2024-90-1-14-18.



NEW PEA VARIETY 'ANTEY'

N. V. Deynes, researcher of the laboratory for breeding of leguminous and forage crops, deynes_nikolay@mail.ru., ORCID ID: 0009-0003-4508-5618;

A. P. Chebatarev, agronomist of the laboratory for breeding of leguminous and forage crops, admiral160697@mail.ru, ORCID ID: 0009-0009-3380-8616

FSBSI "Federal Altai Research Center of Agrobiotechnologies",
656910, Barnaul, Nauchny Gorodok Str., 35; e-mail: aniish@mail.ru

The current paper has presented the characteristics of the new pea variety 'Antey' of Altai breeding according to the most important economically valuable and morphological characteristics. Breeding work to develop a variety at the FSBSI "Federal Altai Research Center of Agrobiotechnologies" began in 2003 from the moment of hybridization of the original parental forms. The variety 'Antey' was developed by individual selection from a hybrid combination (Varyag x Novosibirets) x Batrak. The species of the variety was *ecaducum*. On average, over the years of testing (2020–2022), the variety 'Antey' reliably differed from the standard variety 'Batrak' in terms of a set of breeding valuable traits. This variety has the most important economic and biological indicators, such as high productivity (2.75 t/ha), resistance to lodging (5 points), low susceptibility to diseases (4.5 points), high protein percentage (23.5 %). Based on phenological observations of pea crops, there have been identified some morphological features of this variety. The variety 'Antey' is a middle maturing one. The vegetation period lasts 70...75 days. The variety is determinate, plant height is 65 cm. The leafless type and compressed internodes of the new pea variety increase the resistance of shoots to lodging. The plants bear white flowers of medium size. Beans are shelled, straight. The number of seeds in a bean is 4–7. Our research has shown that over the course of three years in the Competitive Variety Testing, according to the above-mentioned traits, the variety 'Antey' significantly exceeds those of the standard variety 'Batrak', which made it possible to send this pea variety to the State Variety Testing in 2022. The variety 'Antey' is going to be tested in region 10 (West Siberian).

Keywords: peas, variety, Antey, productivity, stability, grain nature weight.

Введение. Горох является главной зернобобовой культурой на Алтае. Это ценный пищевой, кормовой и агротехнический продукт. Зерно гороха содержит большое количество белка, крахмала, незаменимых аминокислот, ферментов и витаминов. В кормовых целях используются зеленая масса, сено и травяная мука этой культуры (Щукис и Щукис, 2017;

Ауиров et al., 2019). Обогащая почву важнейшими микроэлементами (азот, калий, кальций, фосфор), горох является лучшим предшественником для большинства сельскохозяйственных культур и ценным зеленым удобрением. В ФГБНУ ФАНЦА селекционные работы по гороху активно ведут начиная с 1986 г. и по сей день. За это время был создан разнообразный

исходный и селекционный материал. На данный момент в селекцентре используют морфотипы разных направлений, отличающиеся между собой по длине вегетационного периода, морфологии побега, крупности зерна и т.д. Каждая форма имеет свои достоинства и недостатки, которые необходимо хорошо знать для того, чтобы успешно преодолевать корреляции между биолого-хозяйственными признаками (Сухенко, 2013; Чураков и Валиулина, 2014). Созданные алтайскими селекционерами сорта гороха (Варяг, Аванс, Новосибирец, Алтайский усатый, Алтайский универсальный), оцениваемые в целом положительно, не лишены отдельных недостатков. Согласно опросу сельхозпроизводителей десяти основных областей РФ в число наиболее популярного отечественного сорта включен Алтайский усатый (Рынок основных зернобобовых культур Украины и России, 2013). Сейчас в производстве внедряются преимущественно сорта гороха усатого морфотипа, у которых усы прочно сцепляют стебли между собой, повышая устойчивость к полеганию. Однако учитывая широкий размах климатических условий в нашей стране, целесообразно иметь в производстве как сорта листочкового морфотипа, так и безлисточковые сорта (Ашиев и др., 2019; Шукис и Шукис, 2019; Хабибуллин и др., 2020; Shakirzyanova and Shagaev, 2021; Пислегина и Четвертных, 2022). Поэтому создание адапти-

рованных высокопродуктивных сортов гороха различных морфотипов в настоящее время является актуальной задачей (Фадеева и др., 2013; Коробова и др., 2016).

Цель исследований – создание сорта безлисточкового гороха зернового направления, хорошо адаптированного к условиям Западной Сибири.

Материалы и методы исследований.

Отвечая современным требованиям, предъявляемым сорту, силами лаборатории селекции зернобобовых и кормовых культур ФГБНУ ФАНЦА в 2022 г. был создан технологичный безлисточковый сорт гороха детерминантного типа, получивший название Антей.

Одним из методов создания исходного материала является метод межсортовой гибридизации с последующим индивидуальным отбором. Сорт Антей был выведен из гибридной комбинации (Варяг х Новосибирец) х Батрак. История создания сорта началась в 2003 г. с момента скрещивания исходных родительских форм. В 2007 г. был проведен отбор элитных растений из гибридной популяции. С 2015 г. линия проходила испытания в контрольном питомнике, а затем – под селекционным номером Л-20/07 – на завершающем этапе селекционного процесса в питомнике конкурсного сортоиспытания. Сорт Антей сравнивался со стандартом Батрак и последним районированным сортом Алтайский усатый (рис. 1, 2).



Рис. 1. Сорт Антей
Fig. 1. The variety 'Antey'



Рис. 2. Семена, бобы и растение сорта Антей
Fig. 2. Seeds, beans, and plant of the variety 'Antey'

Метеорологические условия вегетационного периода 2020–2022 гг. различались (табл. 1). В целом сумма активных температур была оптимальной для роста и развития растений, за исключением мая, где из года в год отмечалось превышение температуры в сред-

нем на 4 °С в сравнении со среднемноголетними данными. За 3 года менее благоприятной для гороха оказалась середина лета с максимально избыточным количеством выпавших осадков: июнь – 75 °С (при норме 47 °С), июль – 50 °С (при норме 64 °С).

Таблица 1. Метеорологические условия вегетационного периода (2020–2022 гг.)
Table 1. Meteorological conditions of the vegetation period (2020–2022)

Период	Год			Среднемноголетние данные
	2020	2021	2022	
Среднемесячная температура воздуха, °С				
Май	16,8	15,6	17,2	12,9
Июнь	17,5	16,9	18,2	18,2
Июль	20,0	20,1	18,8	19,9
Август	18,8	18,3	16,8	17,6

Продолжение табл. 1

Период	Год			Среднемноголетние данные
	2020	2021	2022	
Осадки, мм				
Май	31,4	18,6	4,6	42,0
Июнь	25,2	87,1	111,2	47,0
Июль	67,7	25,0	56,0	64,0
Август	53,3	28,0	16,1	49,0

Почвенный покров опытного участка представлен выщелоченными черноземами. Содержание гумуса в пахотном слое почвы повышенное и составляет 6,3 %, подвижного фосфора – низкое и составляет 25 мг, обменного калия – повышенное и составляет 90 мг/кг почвы. Почвы имеют слабокислую реакцию почвенной среды (рН – 4,75) (Ледяева, 2021).

В период с 2020–2022 гг. питомники КСИ закладывались по Методике государственного сортоиспытания (Басаргина, 2021). Статистическую обработку опытных данных проводили методами дисперсионного анализа (Доспехов, 2014) с использованием MS Excel.

Результаты и их обсуждение. Высокая урожайность является одним из основных показателей хозяйственной ценности сорта. В питомнике конкурсного испытания урожайность зерна перспективной линии в среднем за 2020–2022 гг. составила 2,75 т/га, что на 0,32 т/га (11,5 %) выше, чем у стандарта (табл. 2). Стабильно каждый год Антей имеет превышение над стандартом. Новый сорт обладает большим потенциалом продуктивности. Так, в 2022 г. при сложившихся благоприятных погодных условиях урожайность зерна достигала 3,78 т/га при высокой устойчивости к полеганию.

Таблица 2. Хозяйственно-биологическая характеристика сорта Антей
Table 2. Economic and biological characteristics of the variety 'Antey'

Название	Урожайность, т/га				Отклонение от стандарта	Высота растений, см	Вегетационный период, дни	Устойчивость к полеганию, балл
	2020 г.	2021 г.	2022 г.	среднее				
Батрак*, st	1,82	2,06	3,42	2,43	–	70	73	5,0
Антей	2,02	2,45	3,78	2,75	+3,2	65	74	5,0
Алтайский усатый	1,90	2,23	4,07	2,73	+3,0	70	72	5,0
НСР _{0,5}	0,19	0,21	0,17	–	–	–	–	–

Примечание. * – на момент передачи сорта на ГСИ стандартом являлся Батрак, но с 2023 г. в качестве стандарта стал использоваться сорт Алтайский усатый.

Разновидность сорта – есадикус. Сорт детерминантного типа, высота растений 60–75 см. Прилистники хорошо развитые. Листочки заменены сильно разветвленными усиками. Общее число междоузлий 16–20, до первого цветка – 12–15. Цветки белые, средней величины. Бобы лущильные прямые. Число семян в бобе 4–7. Семена средней крупности, масса 1000 семян 200–230 г. Содержание белка в зерне 23–24 %.

Сорт относится к среднеспелому типу. Вегетационный период 70–75 дней, созревает

одновременно с сортами Варяг, Алтайский усатый. Высота стеблестоя 65 см. Антей более низкорослый, чем стандарт Батрак и рас пространенный районированный ранее сорт Алтайский усатый. Основное достоинство, наряду с высокой продуктивностью, – устойчивость к полеганию, что позволяет убирать сорт напрямую. В то же время неосыпающиеся семена позволяют существенно сократить потери при уборке (табл. 3).

Таблица 3. Показатели качества гороха сорта Антей (2020–2022 гг.)
Table 3. Quality indicators of the pea variety 'Antey' (2020–2022)

Показатели	Сорт								
	Антей				Батрак, st				Отклонение от стандарта
	2020	2021	2022	ср	2020	2021	2022	ср	
Натура, г/л	885	890	915	896	820	840	796	840	+56
Масса 1000 семян, г	202	218	216	212	205	221	208	211	+1
Содержание белка, %	22,6	23,5	24,4	23,5	22,4	24,1	24,6	23,6	-0,1

Устойчивость нового сорта к болезням находится на уровне стандарта. Поражение ржав-

чиной – не более 5 %, аскохитозом – не более 2,2 % (табл. 4).

Таблица 4. Устойчивость сорта Антей к болезням, % (2020–2022 гг.)
Table 4. Disease resistance of the variety 'Antey', % (2020–2022)

Поражаемость болезнями	Сорт							
	Антей				Батрак, st			
	2020	2021	2022	среднее	2020	2021	2022	среднее
Ржавчина	4,5	5,0	5,0	4,7	4,5	5,0	5,0	4,7
Аскохитоз (вегет. масса)	2,2	0,3	1,5	1,3	2,7	0,4	1,6	1,6
Аскохитоз (бобы)	1,0	1,0	0,0	0,7	1,3	1,0	0,0	0,8

Выводы. Таким образом, перечисленные выше достоинства позволили передать новый сорт гороха Антей на государственное сорто-

испытание в 2022 году. Испытание на зерновую продуктивность предлагается провести в 10-м (Западно-Сибирском) регионе.

Библиографические ссылки

1. Ашиев А.Р., Хабибуллин К.Н., Скулова М.В. Элементы структуры урожая у листовых и усатых образцов гороха: изменчивость, взаимосвязи и перспективы их использования в селекционном процессе // Зерновое хозяйство России. 2019. № 3. С. 40–43. DOI: 10.31367/2079-8725-2019-63-3-40-43
2. Басаргина О.М. Продуктивность и качество корма сенокосных угодий в зависимости от совместного внесения аммофоса и аммиачной селитры // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. 2021. № 8(202). С. 35–39. DOI: 10.53083/1996-4277-2021-202-08-35-39
3. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). 5-е изд., перераб. и доп., стереотип. изд. М.: Альянс, 2014. 351 с.
4. Коробова Н.А., Титаренко А.В., Коробов А.П. Новый сорт зернового гороха Альянс // Зерновое хозяйство России. 2016. № 4. С. 27–30.
5. Ледяева Н.В. Экологическое испытание сортов многолетних трав селекции Северо-Кавказского ФНАЦ в условиях Республики Алтай // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. 2021. № 9(203). С. 20–25.
6. Пислегина С.С., Четвертных С.А. Результаты изучения перспективных линий гороха в почвенно-климатических условиях Кировской области // Зерновое хозяйство России. 2022. № 1. С. 52–57. DOI: 10.31367/2079-8725-2022-79-1-52-57
7. Рынок основных зернобобовых культур Украины и России. «АПК-Информ», 2013. 49 с.
8. Сухенко Н.Н. Сравнительная характеристика линий гороха листовых и усатых морфотипов // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. 2013. № 91. С. 1227–1237.
9. Фадеева А.Н., Шурхаева К.Д., Фадеев Е.А., Абросимова Т.Н. Новый сорт гороха Кабан // Вестник Российской академии сельскохозяйственных наук. 2013. № 3. С. 15–17.
10. Хабибуллин К.Н., Ашиев А.Р., Скулова М.В. Оценка адаптивности продуктивности растений коллекции гороха посевного // Зерновое хозяйство России. 2020. № 1. С. 33–36. DOI: 10.31367/2079-8725-2020-67-1-33-36
11. Чураков А.А., Валиулина Л.И. Результаты и перспективы селекции гороха усатого морфотипа в Красноярском крае // Достижения науки и техники АПК. 2014. № 6. С. 24–26.
12. Шукис С.К., Шукис Е.Р. Оценка коллекции гороха посевного в условиях Алтайского края // Зерновое хозяйство России. 2019. № 3. С. 48–52. DOI: 10.31367/2079-8725-2019-63-3-48-52
13. Шукис С.К., Шукис Е.Р. Новый сорт гороха посевного Алтайский универсальный // Зерновое хозяйство России. 2017. № 4(52). С. 7–10.
14. Ayupov D.S., Davletov F.A., Asylbaev I.G., Kuznetsov I.Y., Akhmadullina I.I., Dmitriev A.M., Irgalina R.S. Selection of high-yielding, high-tech varieties of field pea (*Pisum sativum* L.) // Legume Research-An International Journal. 2019. Vol. 42, № 5. С. 615–619.
15. Shakirzyanova M.S., Shagaev N.A. New Varieties of Seed Peas for a Wide Area of Cultivation // Institute of Scientific Communications Conference. Cham: Springer International Publishing. 2021. С. 77–85. DOI: 10.1007/978-3-030-93155-1_10

References

1. Ashiev A.R., Khabibullin K.N., Skulova M.V. Elementy struktury urozhaya u listochkovykh i usatykh obraztsov gorokha: izmenchivost', vzaimosvyazi i perspektivy ikh ispol'zovaniya v selektsionnom protsesse [Yield structure elements of leafy and leafless pea samples: variability, correlation, and prospects for their use in the breeding process] // Zernovoe khozyaistvo Rossii. 2019. № 3. S. 40–43. DOI: 10.31367/2079-8725-2019-63-3-40-43
2. Basargina, O.M. Produktivnost' i kachestvo korma senokosnykh ugodii v zavisimosti ot sovmestnogo vneseniya ammofofa i ammiachnoi selitry [Productivity and quality of forage of hayfields depending on the combined application of ammophos and ammonium nitrate] // Vestnik Altaiskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2021. № 8 (202). S. 35–39. DOI: 10.53083/1996-4277-2021-202-08-35-39
3. Dospikhov, B.A. Metodika polevogo opyta (s osnovami statisticheskoi obrabotki rezul'tatov issledovaniy) [Methodology of a field trial (with the basics of statistical processing of the study results)]. 5-e izdanie, pererab. i dop., stereotip. izd. M.: Al'yans, 2014. 351 s.
4. Korobova N.A., Titarenko A.V., Korobov A.P. Novyi sort zernovogo gorokha Al'yans [New variety of grain peas 'Alliyans'] // Zernovoe khozyaistvo Rossii. 2016. №. 4. S. 27–30.
5. Ledyeva, N.V. Ekologicheskoe ispytanie sortov mnogoletnikh trav selektsii Severo-Kavkazskogo FNATs v usloviyakh Respubliki Altai [Ecological testing of perennial grass varieties developed by the North

Caucasus Federal National Center in the conditions of the Altai Republic] // Vestnik Altaiskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2021. № 9 (203). S. 20–25.

6. Pislegina, S.S., Chetvertnykh S.A. Rezul'taty izucheniya perspektivnykh linii gorokha v pochvenno-klimaticheskikh usloviyakh Kirovskoi oblasti [Study results of promising pea lines in the soil and climatic conditions of the Kirov region] // Zernovoe khozyaistvo Rossii. 2022. № 1. S. 52–57. DOI: 10.31367/2079-8725-2022-79-1-52-57

7. Rynok osnovnykh zernobobovykh kul'tur Ukrainy i Rossii [Market of main leguminous crops in Ukraine and Russia]. «APK-Inform», 2013. 49 s.

8. Sukhenko, N.N. Sravnitel'naya kharakteristika linii gorokha listochkovykh i usatykh morfotipov [Comparative characteristics of pea lines of leafy and leafless morphotypes] // Politematicheskii setevoi elektronnyi nauchnyi zhurnal Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2013. № 91. S. 1227–1237.

9. Fadeeva A.N., Shurkhaeva K.D., Fadeev E.A., Abrosimova T.N. Novyi sort gorokha Kaban [New pea variety 'Kaban'] // Vestnik Rossiiskoi akademii sel'skokhozyaistvennykh nauk. 2013. № 3. S. 15–17.

10. Khabibullin K.N., Ashiev A.R., Skulova M.V. Otsenka adaptivnosti produktivnosti rastenii kolleksii gorokha posevnogo [Estimation of adaptability of plant productivity of the pea collection] // Zernovoe khozyaistvo Rossii. 2020. № 1. S. 33–36. DOI: 10.31367/2079-8725-2020-67-1-33-36

11. Churakov A.A., Valiulina L.I. Rezul'taty i perspektivy seleksii gorokha usatogo morfotipa v Krasnoyarskom krae [Results and prospects for breeding peas of the leafless morphotype in the Krasnoyarsk Krai] // Dostizheniya nauki i tekhniki APK. 2014. № 6. S. 24–26.

12. Shukis S.K., Shukis E.R. Otsenka kolleksii gorokha posevnogo v usloviyakh Altaiskogo kraia [Estimation of the pea collection in the conditions of the Altai Territory] // Zernovoe khozyaistvo Rossii. 2019. № 3. S. 48–52. DOI: 10.31367/2079-8725-2019-63-3-48-52.

13. Shukis S.K., Shukis E.R. Novyi sort gorokha posevnogo Altaiskii universal'nyi [New pea variety 'Altai Universalny'] // Zernovoe khozyaistvo Rossii. 2017. № 4(52). S. 7–10.

14. Ayupov D.S., Davletov F.A., Asylbaev I.G., Kuznetsov I.Y., Akhmadullina I.I., Dmitriev A.M., Irgalina R.S. Selection of high-yielding, high-tech varieties of field pea (*Pisum sativum* L.) // Legume Research-An International Journal. 2019. Vol. 42, № 5. C. 615–619.

15. Shakirzyanova M.S., Shagaev N.A. New Varieties of Seed Peas for a Wide Area of Cultivation // Institute of Scientific Communications Conference. Cham: Springer International Publishing. 2021. C. 77–85. DOI: 10.1007/978-3-030-93155-1_10

Поступила: 12.09.23; доработана после рецензирования: 23.10.23; принята к публикации: 24.10.23.

Критерии авторства. Авторы статьи подтверждают, что имеют на статью равные права и несут равную ответственность за плагиат.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Авторский вклад. Дейнес Н.В. – разработка концепции, сбор и обработка экспериментальных данных, написание рукописи; Чебатареv А.П. – разработка концепции, сбор и обработка экспериментальных данных, написание рукописи.

Все авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.

ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ЗЕРНА СОРТОВ ЯРОВОГО ЯЧМЕНЯ В УСЛОВИЯХ ТАТАРСТАНА

В. И. Блохин, кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник лаборатории селекции ярового ячменя, bvikazan@bk.ru ORCID ID: 0000-0002-5604-0154;
И. Ю. Никифорова, кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник лаборатории селекции ярового ячменя, irina220169@mail.ru, ORCID ID: 0000-003-4313-240;
И. С. Ганиева, кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник лаборатории селекции ярового ячменя, irinaganieva1984@mail.ru, ORCID ID: 0000-0002-9925-0178;
М. А. Ланочкина, научный сотрудник лаборатории селекции ярового ячменя, Imar2701@mail.ru, ORCID ID: 0000-0001-5609-5529;
Ю. В. Малафеева, научный сотрудник лаборатории селекции ярового ячменя, malxp@mail.ru, ORCID ID: 0000-0001-7461-381X;
Д. С. Дюрбин, младший научный сотрудник лаборатории селекции ярового ячменя, 19dyurbik83@mail.ru, ORCID ID: 0000-0002-7298-0699
Татарский научно-исследовательский институт сельского хозяйства – обособленное структурное подразделение Федерального исследовательского центра «Казанский научный центр Российской академии наук», 420059, Республика Татарстан, г. Казань, Оренбургский тракт, д. 48; e-mail: tatniva@mail.ru

Цель работы – анализ физико-механических свойств зерна сортов ярового ячменя, возделываемых в условиях Предкамской зоны Республики Татарстан. Исследования проводили в ТатНИИСХ ФИЦ КазНЦ РАН в 2015–2022 гг. В условиях Предкамской зоны, в среднем за годы исследований позднеспелый сорт Эндан характеризовался достоверно высокими значениями массы 1000 зерен (48,5 г), раннеспелый сорт Камашевский – достоверно высокими значениями натурной массы зерна (686,3 г/л), схода с сита 2,8 х 20 мм (33,9 %) и крупности (70,02 %), среднеспелый сорт Раушан – более высокой вариабельностью по массе 1000 зерен (18,6 %), сходу с сит 2,8 и 2,5 х 20 мм (55,6 и 29,7 % соответственно) крупности (39,5 %). Установлена достоверная на 1 % уровне значимости прямая зависимость массы 1000 зерен, схода с сита 2,8 х 20 мм и крупности от суммы осадков ($r = 0,41/0,58/0,56$ соответственно), ГТК ($r = 0,40/0,58/0,55$ соответственно) и обратная зависимость данных физико-механических свойств от средней суточной температуры воздуха ($r = -0,51/-0,62/-0,63$ соответственно) межфазного периода «колошение-полная спелость». Судя по величине коэффициента детерминации (r^2) наиболее тесно признаки «масса 1000 зерен», «сход с сита 2,8 х 20 мм» и «крупность» связаны со средней суточной температурой воздуха. Анализом путевых коэффициентов выявлены высокий прямой положительный вклад (0,87) схода с сита 2,8 х 20 мм и средний прямой положительный вклад (0,43) схода с сита 2,5 х 20 мм в урожайность зерна. В условиях Предкамской зоны преобладающий вклад в общую дисперсию признаков «сход с сита 2,8 х 20 мм», «крупность», «масса 1000 зерен», «натурная масса зерна», «сход с сита 2,5 х 20 мм» вносил фактор «год», на долю которого приходилось (в порядке убывания) 81,7...80,3...76,6...76,2...68,7 % соответственно.

Ключевые слова: яровой ячмень, физико-механические свойства зерна, урожайность, гидротермические показатели, путевые коэффициенты, дисперсия.

Для цитирования: Блохин В. И., Никифорова И. Ю., Ганиева И. С., Ланочкина М. А., Малафеева Ю. В., Дюрбин Д. С. Физико-механические свойства зерна сортов ярового ячменя в условиях Татарстана // Зерновое хозяйство России. 2024. Т. 16, № 1. С. 19–25. DOI: 10.31367/2079-8725-2024-90-1-19-25.



PHYSICAL AND MECHANICAL PROPERTIES OF GRAIN OF SPRING BARLEY VARIETIES IN THE CONDITIONS OF TATARSTAN

V. I. Blokhin, Candidate of Agricultural Sciences, leading researcher of the laboratory for spring barley breeding, bvikazan@bk.ru ORCID ID: 0000-0002-5604-0154;
I. Yu. Nikiforova, Candidate of Agricultural Sciences, senior researcher of the laboratory for spring barley breeding, irina220169@mail.ru, ORCID ID: 0000-003-4313-240;
I. S. Ganieva, Candidate of Agricultural Sciences, старший научный сотрудник лаборатории селекции ярового ячменя, irinaganieva1984@mail.ru, ORCID ID: 0000-0002-9925-0178;
M. A. Lanochkina, researcher of the laboratory for spring barley breeding, Imar2701@mail.ru, ORCID ID: 0000-0001-5609-5529;
Yu. V. Malafeeva, researcher of the laboratory for spring barley breeding, malxp@mail.ru, ORCID ID: 0000-0001-7461-381X;
D. S. Dyurbina, junior researcher of the laboratory for spring barley breeding, 19dyurbik83@mail.ru, ORCID ID: 0000-0002-7298-0699
Tatarsky Research Institute of Agriculture FRC of Kazan Research Center RAS 420059, Republic of Tatarstan, Kazan, Orenburgsky trakt, 48; e-mail: tatniva@mail.ru

The aim of the work is to analyze the physical and mechanical properties of grain of spring barley varieties cultivated in the conditions of the Predkamsk zone of the Republic of Tatarstan. The research was conducted in Tatarsky Research Institute of Agriculture FRC of Kazan Research Center RAS in 2015–2022. In the conditions of

the Predkamsk zone, on average over the years of research, the late maturing variety Endan was characterized by reliably high values of 1000 grain weight (48.5 g), the early maturing variety Kamashevsky – reliably high values of natural grain weight (686, 3 g/l), convergence from 2.8 x 20 mm sieve (33.9 %) and coarseness (70.02 %), medium maturing variety Raushan – higher variability in 1000 grain weight (18.6 %), convergence from 2.8 and 2.5 x 20 mm sieves (55.6 and 29.7 %, respectively) and coarseness (39.5 %). The direct dependence of the mass of 1000 grains, runoff from the sieve 2.8 x 20 mm and coarseness on the sum of precipitation ($r = 0.41/0.58/0.56$, respectively), GTC ($r = 0.40/0.58/0.55$, respectively) and inverse dependence of these physical and mechanical properties on the average daily air temperature ($r = -0.51/-0.62/-0.63$, respectively) of the interphase period "earring-full ripeness" were established at 1% significance level. Judging by the value of the coefficient of determination (r^2), the most closely related to the average daily air temperature are the signs "mass of 1000 grains", "drift from the sieve 2.8 x 20 mm" and "coarseness". The analysis of path coefficients revealed a high direct positive contribution (0.87) of 2.8 x 20 mm sieve runoff and an average direct positive contribution (0.43) of 2.5 x 20 mm sieve runoff to grain yield. Under the conditions of the Predkamsk zone, the prevailing contribution to the total variance of the traits "drift from the sieve 2.8 x 20 mm", "coarseness", "weight of 1000 grains", "bulk grain weight", "drift from the sieve 2.5 x 20 mm" was made by the factor "year", which accounted for (in descending order) 81.7...80.3...76.6...76.2...68.7 %, respectively.

Keywords: spring barley, physical and mechanical properties of grain, yield, productivity, hydrothermal indicators, path coefficients, dispersion.

Введение. Анализ литературных источников свидетельствует о влиянии физико-механических свойств зерна ярового ячменя на технологические, биологические показатели и урожайность. Ерошенко с соавт. (2019) установили, что крупнозерные сорта характеризовались высоким выходом ячневой крупы. В условиях Среднего Поволжья за период 2019–2021 гг. выявлена достоверная, на 1 % и 5 % уровнях значимости, отрицательная связь между натурой и пленчатостью зерна ($r = -0,94...-0,64...-0,84$) (Шеболкина и др., 2023).

В Алтайском НИИСХ по 3-летним данным Мусалитиным и Борадуллиной (2015) установлена положительная корреляция урожайности зерна и числа зародышевых корешков с крупностью семян. В зоне Северного Зауралья в условиях достаточного обеспечения влагой периода формирования и налива зерна ярового ячменя Фоминой (2019) выявлена достоверная, на 5 % уровне значимости, связь урожайности зерна с показателем «масса 1000 зерен» ($r = 0,83-0,95$).

Наиболее тесно физико-механические свойства зерна ярового ячменя связаны с гидротермическими условиями межфазного периода «колошение – полная спелость» (Морозов и др., 2022; Пасынков и Пасынкова, 2020; Li et al., 2020; Shirdelmoghanloo et al., 2022).

Анализ литературных источников свидетельствует о преобладающем вкладе фактора «год» (82,2 %) в изменчивость признака «масса 1000 зерен» (Юсова и др., 2020). Киян и Жаркова (2019) приводят данные о высоком вкладе фактора «год» (54,9 %) в изменчивость признака «натура зерна».

Цель работы – анализ физико-механических свойств зерна сортов ярового ячменя, возделываемых в условиях Предкамской зоны Республики Татарстан. Задачи исследования: 1 – охарактеризовать сорта ярового ячменя по физико-механическим свойствам зерна; 2 – установить зависимость физико-механических свойств от гидротермических показателей межфазного периода «колошение – полная спелость»; 3 – выявить зависимость урожайности зерна от физико-механических свойств;

4 – выявить преобладающее влияние факторов дисперсии («сорт», «год» и взаимодействие «сорт x год») на изменчивость физико-механических свойств зерна.

Материалы и методы исследований.

Исследования проводили в 2015–2022 гг. на опытных полях Татарского НИИСХ – обособленное структурное подразделение Федерального исследовательского центра «Казанский научный центр Российской академии наук», расположенных в Предкамской зоне Республики Татарстан. Материалом для исследования послужили 7 двурядных пленчатых сортов ярового ячменя, внесенные в Государственный реестр селекционных достижений РФ по Средневолжскому региону в различные годы. Из них 2 раннеспелых сорта (Орлан, Камашевский); 3 среднеспелых сорта (Раушан, Нур, Белгородский 100); 2 позднеспелых сорта (Тимерхан, Эндан). Посев сплошной, рядовой. Норма высева – 5,5 млн всхожих семян на га. Посев проводили семенами (сход зерна с сит с продолговатыми отверстиями размерами 2,8 x 20 мм, 2,5 x 20 мм). Учетная площадь делянок 10 м². Повторность 4-кратная. Предшественник – озимая рожь. Почва опытных участков серая лесная среднесуглинистая. В период вегетации отмечали календарные даты фенологических фаз развития растений ярового ячменя: «колошение» и «полная спелость». Метеорологические данные предоставлены метеостанцией ТатНИИСХ, расположенной в с. Большие Кабаны Лаишевского муниципального района. Для характеристики межфазного периода «колошение – полная спелость» использовали следующие показатели: средняя суточная температура воздуха, сумма осадков. Индексы гидротермического коэффициента (ГТК) рассчитывали по формуле: $(\sum r : \sum t) \times 10$, где $\sum r$ – сумма осадков за период, $\sum t$ – сумма температур выше 10 °C за тот же период (Селянинов, 1937). Для классификации типов увлажнения межфазного периода использовали разработанную шкалу для условий Республики Татарстан (Шайтанов и Тагиров, 2018). Годы исследований характеризовались контрастностью гидротермических условий межфазного периода

«колошение – полная спелость», что позволило всесторонне оценить физико-механические свойства зерна сортов ярового ячменя. Межфазный период «колошение – полная спелость» в 2015 г. характеризовался как влажный (ГТК = 1,50); 2016 г. – сухой (ГТК = 0,21); в 2017 г. – засушливый (ГТК = 0,88); в 2018 г. – сухой (ГТК = 0,45); в 2019 г. – избыточно влажный (ГТК = 2,27); в 2020 г. – сильно засушливый (ГТК = 0,57); в 2021 г. – сухой (ГТК = 0,28); в 2022 г. – сильно засушливый (ГТК = 0,68). Массу 1000 зерен определяли ГОСТ 10842-89, натуральную массу зерна – ГОСТ 10840-2017. Крупность зерна ячменя (для пивоварения) определяли ГОСТ 30483-97 (сход зерна, оставшегося на сите с продолговатыми отверстиями 2,5 x 20 мм). Для более полной характеристики зерна по крупности использовали дополнительное сито с продолговатыми отверстиями 2,8 x 20 мм. Сход зерна с сита 2,8 x 20 мм, сход

зерна с сита 2,5 x 20 мм и крупность, выраженные в %, преобразовывали в «угол-арксинус $\sqrt{\text{процент}}$ ». Анализ путевых коэффициентов, позволяющий вычленивать прямые и косвенные вклады физико-механических свойств зерна в формирование урожайности, осуществляли в изложении пр Седловскому с соавторами (1982). Статистическая обработка результатов исследований выполнена с использованием пакета программ статистического и биометрико-генетического анализа в растениеводстве и селекции AGROS (версия 2.08, РАСХН, 1999).

Результаты и их обсуждение. В среднем за годы исследований достоверно высокую массу 1000 зерен сформировал позднеспелый сорт Эндан (48,5 г), достоверно низкую – среднеспелый сорт Раушан (39,7 г), данный сорт характеризовался и наиболее высокой вариабельностью по данному свойству (18,6 %) (табл. 1).

Таблица 1. Физико-механические свойства зерна сортов ярового ячменя (2015–2022 гг.)
Table 1. Physical and mechanical properties of grain of spring barley varieties (2015–2022)

Сорт	Год									V, %	HCP _{0,05}	F _{факт.}
	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2015–2022			
Масса 1000 зерен, г												
Камашевский	42,2	47,8	44,9	47,1	53,9	37,7	33,3	52,0	44,9	15,5	2,87	4,95
Орлан	42,59	45,9	44,2	43,5	54,5	37,1	35,9	53,1	44,6	14,8		
Раушан	41,8	38,5	37,9	44,0	49,2	29,5	29,1	47,3	39,7	18,6		
Нур	40,2	47,8	44,9	46,3	52,7	43,2	28,9	51,2	44,4	16,8		
Белгородский 100	39,4	45,4	42,3	40,5	50,7	46,8	31,9	49,3	43,3	14,0		
Тимерхан	42,6	48,4	38,6	39,9	51,6	43,3	32,1	52,5	43,6	15,9		
Эндан	48,4	50,4	47,8	50,9	57,3	42,6	34,8	55,7	48,5	14,8		
Натурная масса зерна, г/л												
Камашевский	668,4	708,0	664,4	708,7	695,4	674,3	657,8	713,9	686,3	3,3	6,01	7,49
Орлан	663,8	682,5	670,6	690,6	703,9	679,5	662,7	716,6	683,8	2,8		
Раушан	665,6	668,4	668,3	704,7	691,1	655,5	638,8	691,3	672,9	3,2		
Нур	655,2	702,5	670,9	690,1	678,4	651,0	610,7	702,4	670,4	4,6		
Белгородский 100	646,9	675,9	663,8	689,7	690,5	679,7	635,6	712,2	674,2	3,7		
Тимерхан	657,5	675,8	687,2	692,3	684,9	655,2	632,2	690,0	673,9	3,0		
Эндан	669,2	677,3	660,1	699,4	680,7	669,4	633,3	716,2	675,7	3,7		
Сход зерна с сита 2,8 x 20 мм, %												
Камашевский	23,61	41,16	30,94	34,91	63,67	10,35	3,15	63,42	33,90	43,8	2,63	17,54
Орлан	26,68	30,47	25,45	22,36	73,78	11,47	3,49	53,11	30,90	46,3		
Раушан	20,62	11,74	15,85	24,91	54,58	2,86	1,09	43,49	21,90	55,6		
Нур	18,41	5,46	13,78	17,22	55,76	17,11	0,46	43,13	21,42	55,5		
Белгородский 100	14,83	29,22	26,16	14,65	76,95	37,18	5,87	28,49	29,17	44,4		
Тимерхан	15,04	26,88	25,49	8,95	66,06	15,94	5,59	51,75	26,96	46,8		
Эндан	34,34	24,16	30,41	25,43	62,89	8,00	3,82	57,65	30,84	44,1		
Сход зерна с сита 2,5 x 20 мм, %												
Камашевский	46,43	39,16	46,40	49,84	30,50	28,14	21,38	26,90	36,12	17,7	1,56	3,07
Орлан	45,36	35,75	45,35	55,90	20,15	36,20	27,51	34,78	37,62	17,9		
Раушан	51,24	36,73	45,87	50,22	38,37	11,91	10,29	35,85	35,06	29,7		
Нур	39,63	39,36	51,99	57,60	35,61	45,74	4,18	38,71	39,10	30,1		
Белгородский 100	40,10	42,51	46,58	44,81	18,73	44,98	24,06	50,47	39,03	18,3		
Тимерхан	48,24	43,12	52,62	45,01	27,62	36,13	18,28	33,41	38,05	18,5		
Эндан	47,22	38,54	41,98	52,82	29,22	31,58	19,56	27,97	36,11	18,2		
Крупность зерна, %												
Камашевский	68,97	80,32	77,34	84,75	94,17	38,49	24,53	90,32	70,02	27,9	2,32	16,25
Орлан	72,04	66,22	70,81	78,26	93,93	47,67	31,00	87,89	68,52	23,7		
Раушан	71,86	48,46	61,72	75,14	92,90	14,77	11,39	79,34	56,95	39,5		
Нур	58,04	44,82	65,78	74,82	91,37	62,84	4,64	81,84	60,52	35,8		
Белгородский 100	54,93	71,73	72,74	59,46	95,68	82,16	29,93	78,96	68,20	23,6		
Тимерхан	63,28	70,00	78,12	53,96	93,68	52,07	23,87	85,16	65,01	26,2		
Эндан	81,57	62,70	72,40	78,25	92,11	39,58	23,38	85,62	66,95	27,1		

Примечание. V, % – вариабельность; здесь и далее F_{факт.} и F_{ст} – фактический и статистический критерий Фишера для 5% уровня значимости.

Сорта ярового ячменя в любой год испытания характеризовались высокой натурной массой зерна (выше 630 г/л), что соответствовало требованию ГОСТ 28672-2019. «Ячмень. Технические условия» для заготовляемого ячменя 1 класса. Исключение составил среднеспелый сорт Нур в 2021 г. (610 г/л). В среднем за годы исследований достоверно высокую натурную массу зерна сформировали раннеспелые сорта Камашевский и Орлан (686,3 и 683,8 г/л соответственно).

В среднем за годы исследований достоверно высоким сходом зерна с сита 2,8 x 20 мм характеризовался раннеспелый сорт Камашевский (33,90 %), достоверно низким – среднеспелые сорта Раушан и Нур (21,90 и 21,42 % соответственно). Эти сорта обладали и наиболее высокой вариабельностью по данному свойству (55,6 и 55,5 % соответственно). В среднем за 2015–2022 гг. среднеспелые сорта Раушан и Нур характеризовались высокой вариабельностью схода зерна с сита 2,5 x 20 мм (29,7 и 30,1 % соответственно).

В 2019 г. сорта ярового ячменя сформировали крупность зерна более 85 %, что соответствовало требованию ГОСТ 5060-2021. «Ячмень пивоваренный. Технические условия» для ячменя 1 класса, предназначенного для солодоращения. Высокой крупностью зерна характе-

ризовались раннеспелые сорта Камашевский, Орлан и среднеспелый сорт Белгородский 100 (70,02/68,52 и 68,2 % соответственно), достоверно низкой – среднеспелые сорта Раушан и Нур (56,95 и 60,52 % соответственно). Эти сорта характеризовались и наиболее высокой вариабельностью по данному свойству (39,5 и 35,8 % соответственно).

Корреляционным анализом экспериментальных данных нами установлена достоверная, на 1% уровне значимости, прямая зависимость массы 1000 зерен, схода зерна с сита 2,8 x 20 мм и крупности от суммы осадков ($r = 0,41/0,58/0,56$ соответственно), ГТК ($r = 0,40/0,58/0,55$ соответственно) и обратная зависимость данных физико-механических свойств от средней суточной температуры воздуха ($r = -0,51/-0,62/-0,63$ соответственно) межфазного периода «колошение – полная спелость». Судя по величине коэффициента детерминации (r^2), наиболее тесно «масса 1000 зерен», «сход зерна с сита 2,8 x 20 мм» и «крупность» связаны со средней суточной температурой воздуха. Так, 26,0 % колебаний массы 1000 зерен, 38,4 % колебаний схода зерна с сита 2,8 x 20 мм и 39,7 % колебаний крупности зерна вызываются колебаниями данного гидротермического показателя (табл. 2).

Таблица 2. Коэффициенты корреляции и детерминации физико-механических свойств зерна и гидротермических показателей межфазного периода «колошение – полная спелость»
Table 2. Correlation and determination coefficients of physical and mechanical properties of grain and hydrothermal indicators of the interphase period 'heading phase-full maturity'

Гидротермические показатели	Масса 1000 зерен, г		Натурная масса зерна, г/л	Сход с сита 2,8 x 20 мм, %		Сход с сита 2,5 x 20 мм, %		Крупность, %	
	r	r ²		r	r ²	r	r ²	r	r ²
Средняя суточная температура, °C	-0,51**	0,260	-0,22	-0,62**	0,384	-0,20		-0,63**	0,397
Сумма осадков, мм	0,41**	0,168	0,05	0,58**	0,336	0,08		0,56**	0,314
ГТК	0,40**	0,160	0,04	0,58**	0,336	0,05		0,55**	0,303

Примечание. Здесь и далее r – коэффициент корреляции; r² – коэффициент детерминации; символ «*» – коэффициент корреляции существен при уровне значимости 5%; символ «**» – коэффициент корреляции существен при уровне значимости 1 %.

В 2019/2021 гг. достоверно высокие/низкие средне сортовые значения физико-механических свойств зерна обусловлены благоприятными/неблагоприятными гидротермическими показателями межфазного периода «колошение – полная спелость». В 2019 г. средняя суточная температура воздуха составила по группам спелости 16,9–18,3 °C; сумма осадков 113,4–192,2 мм; ГТК 0,23–0,44. В 2021 г. аналогичные показатели составили 23,9–24,2 °C; 18,5–34,0 мм и 0,23–0,44 соответственно. 2019 г. характеризовался не только достоверно высокими средне сортовыми показателями массы 1000 зерен (52,8 г), схода зерна с сита 2,8 x 20 мм (64,81 %) и крупности (93,41 %), но и достовер-

но высокой средне сортовой урожайностью зерна 4,28 т/га (табл. 3).

Корреляционным анализом экспериментальных данных за 2015–2022 гг. установлена достоверная, на 1% и 5% уровнях значимости, прямая зависимость урожайности зерна от массы 1000 зерен ($r = 0,55$); натурной массы зерна ($r = 0,32$); схода зерна с сита 2,8 x 20 мм ($r = 0,59$); схода зерна с сита 2,5 x 20 мм ($r = 0,37$) и крупности ($r = 0,64$). Для детального изучения влияния физико-механических свойств на урожайность зерна мы применили метод путевых коэффициентов, позволяющий вычленить прямой вклад одного признака и косвенные вклады других (табл. 4).

Таблица 3. Средне сортовые значения урожайности и физико-механических свойств зерна (2015–2022 гг.)
Table 3. Mean varietal values of productivity and physical and mechanical properties of grain (2015–2022)

Признак	Годы									НСР _{0,05}	F _{факт.}
	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2015–2022		
Урожайность зерна, т/га	2,94	3,10	4,51	2,71	4,28	3,41	1,19	2,74	3,11	0,41	50,32
Масса 1000 зерен, г	42,4	46,3	42,9	39,5	52,8	40,5	32,3	51,6	44,1	7,12	7,18
Натурная масса зерна, г/л	660,9	684,4	669,3	696,5	689,3	668,8	641,9	706,1	676,4	12,53	24,36
Сход зерна с сита 2,8 x 20 мм, %	21,93	24,16	24,01	21,20	64,81	14,70	3,35	48,72	27,65	6,80	31,31
Сход зерна с сита 2,5 x 20 мм, %	45,46	39,31	47,26	50,88	28,60	33,53	17,89	35,44	37,09	4,95	15,66
Крупность зерна, %	67,39	63,47	71,27	72,08	93,41	48,23	21,24	84,16	64,74	7,62	29,75

Таблица 4. Прямые и косвенные вклады физико-механических свойств зерна в урожайность (2015–2022 гг.)
Table 4. Direct and indirect contributions of physical and mechanical properties of grain to productivity (2015–2022)

Физико-механические свойства зерна	Масса 1000 зерен, г	Натурная масса зерна, г/л	Сход с сита 2,8 x 20 мм, %	Сход с сита 2,5 x 20 мм, %	Крупность, %	г
Масса 1000 зерен, г	-0,00	-0,21	0,77	0,15	-0,14	0,55**
Натурная масса зерна, г/л	-0,00	-0,29	0,56	0,16	-0,11	0,32*
Сход с сита 2,8 x 20 мм, %	-0,00	-0,19	0,87	0,06	-0,15	0,59**
Сход с сита 2,5 x 20 мм, %	-0,00	-0,11	0,13	0,43	-0,07	0,37**
Крупность, %	-0,00	-0,21	0,81	0,21	-0,16	0,64**
Остаточное P ₀ = 0,725						

Примечание. Жирным шрифтом выделены прямые коэффициенты, характеризующие прямые эффекты, курсивом выделены косвенные коэффициенты, характеризующие косвенные эффекты.

Данные таблицы свидетельствуют о низких прямых вкладах массы 1000 зерен (-0,00) и крупности (-0,16) в урожайность зерна; о высоком прямом положительном вкладе (0,87) схода с сита 2,8 x 20 мм в урожайность зерна; о среднем прямом положительном вкладе (0,43) схода с сита 2,5 x 20 мм в урожайность зерна. Достоверная зависимость урожайности зерна от массы 1000 зерен ($r = 0,55$), натурной массы зерна ($r = 0,32$) и крупности ($r = 0,64$) обу-

словлена высокими косвенными вкладами схода с сита 2,8 x 20 мм (0,77/0,56/0,8 соответственно).

Методом двухфакторного дисперсионного анализа экспериментальных данных установлены на 5% уровне значимости достоверные вклады «сорт», «год» и их взаимодействия в общую дисперсию изучаемых физико-механических свойств зерна (табл. 5).

Таблица 5. Результаты двухфакторного дисперсионного анализа экспериментальных данных за 2015–2022 гг.
Table 5. Results of two-factor analysis of variance of experimental data in 2015–2022

Физико-механические свойства зерна	Фактор дисперсии	SS	mS	F _{факт.}	F _{ст}	Доля фактора, %
Масса 1000 зерен, г	год	4169,74	595,68	7712,46	2,17	76,6
	сорт	652,87	108,81	1408,82	2,25	12,0
	взаимодействие	615,37	14,65	189,70	1,59	11,3
Натурная масса, г/л	год	42453,86	6064,84	3569,48	2,17	76,2
	сорт	3234,25	539,04	317,26	2,25	5,8
	взаимодействие	9904,99	235,83	138,80	1,59	17,8
Сход с сита 2,8 x 20 мм, %	год	17817,49	2545,36	7099,96	2,17	81,7
	сорт	1113,75	185,62	517,78	2,25	5,1
	взаимодействие	2843,79	67,71	188,87	1,59	13,0
Сход с сита 2,5 x 20 мм, %	год	4784,95	683,56	1212,72	2,17	68,7
	сорт	97,64	16,27	28,87	2,25	1,4
	взаимодействие	2046,48	48,73	86,45	1,59	29,4
Крупность, %	год	21630,88	3090,13	1073,65	2,17	80,3
	сорт	964,25	160,71	55,84	2,25	3,6
	взаимодействие	4193,26	99,84	34,69	1,59	15,6

Примечание. SS – сумма квадратов, mS – средний квадрат.

В условиях Предкамской зоны преобладающий вклад в общую дисперсию признаков «сход зерна с сита 2,8 x 20 мм», «крупность», «масса 1000 зерен», «натурная масса зерна», «сход с сита 2,5 x 20 мм» вносил фактор «год», на долю которого приходилось (в порядке убывания) 81,7; 80,3; 76,6; 76,2 и 68,7 % соответственно.

Выводы. 1. Выделены сорта ярового ячменя с высокими физико-механическими свойствами зерна: Эндан характеризовался достоверно высокой массой 1000 зерен (48,5 г), Камашевский – достоверно высокой натурной массой зерна (686,3 г/л), сходом зерна с сита 2,8 x 20 мм (33,90 %) и крупностью зерна (70,02 %).

2. Судя по величине коэффициента детерминации (r^2), наиболее тесно признаки «масса 1000 зерен», «сход зерна с сита 2,8 x 20 мм» и «крупность» связаны со средней суточной температурой воздуха межфазного периода «колошение – полная спелость». Так, 26,0% колебаний массы 1000 зерен, 38,4% колебаний схода зерна с решета 2,8 x 20 мм и 39,7% коле-

баний крупности зерна вызываются колебаниями данного гидротермического показателя.

3. Анализом путевых коэффициентов выявлены высокий прямой положительный вклад (0,87) схода зерна с сита 2,8 x 20 мм и средний прямой положительный вклад (0,43) схода зерна с сита 2,5 x 20 мм в урожайность зерна.

4. Преобладающий вклад в общую дисперсию признаков «сход зерна с сита 2,8 x 20 мм», «крупность», «масса 1000 зерен», «натурная масса», «сход с сита 2,5 x 20 мм» вносил фактор «год», на долю которого приходилось (в порядке убывания) 81,7; 80,3; 76,6; 76,2 и 68,7 % соответственно.

Финансирование. Работа выполнена по государственному заданию «Эколого-генетические подходы к созданию и сохранению ресурсов растений и животных, расширению их адаптивного потенциала и биоразнообразия, разработка сберегающих агротехнологий с целью повышения устойчивости производства высококачественной продукции, достижения безопасности для здоровья человека и окружающей среды», № регистрации 122011800138-7.

Библиографические ссылки

1. Ерошенко Л.М., Ромахин М.М., Ерошенко А.Н., Левакова О.В., Ерошенко Н.А., Дедушев И.А., Ромахин В.В. Оценка качественных показателей зерна сортов и линий ярового ячменя // Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2019. Т. 20, № 2. С. 126–133. DOI: 10.30766/2072-9081.2019.20.2.126-133
2. Киян Н.Г., Жаркова С.В. Изменчивость показателей признаков ячменя ярового в зависимости от сорта и условий выращивания // Международный журнал гуманитарных и естественных наук. 2019. № 8-1. С. 152–154. DOI: 10.24411/2500-1000-2019-11477
3. Морозов Н.А., Самсонов И.В., Панкратова Н.А. Оценка адаптивности ярового ячменя по признаку «масса 1000 зерен» к засушливым условиям Ставропольского края // Зерновое хозяйство России. 2022. Т. 14, № 4. С. 16–21. DOI: 10.31367/2079-8725-2022-82-4-16-21
4. Мусалитин Г.М., Борадуллина В.А. Влияние крупности посевного материала на урожайность ячменя // Зерновое хозяйство России. 2015. № 5. С. 21–24.
5. Пасынков А.В., Пасынкова Е.Н. Зависимость показателей качества зерна пивоваренного ячменя от уровня минерального питания и гидротермических условий в период вегетации // Агрохимический вестник. 2020. № 3. С. 33–41. DOI: 10.24411/1029-2551-2020-10036
6. Фомина, М.Н. Особенности формирования зерновой продуктивности перспективных сортов ячменя в зоне Северного Зауралья // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 2019. № 2(249). С. 28–34.
7. Шеболкина Е.Н., Шевченко С.Н., Анисимкина Н.В. Оценка биохимических и технологических показателей зерна сортов пленчатого и голозерного ячменя в условиях Среднего Поволжья // Зерновое хозяйство России. 2023. Т. 15, № 1. С. 23–28. DOI: 10.31367/2079-8725-2023-84-1-23-28
8. Юсова О.А., Николаев П.Н., Анисков Н.И., Сафонова И.В. Адаптивность сортов ячменя по признаку «масса 1000 зерен» в условиях лесостепи Омской области // Достижения науки и техники АПК. 2020. Т. 34, № 2. С. 24–28. DOI: 10.24411/0235-2451-2020-10205
9. L. Fali, X. Chen, X. Yu, M. Chen, W. Lu, Y. Wu, F. Xiong. Novel insights into the effect of drought stress on the development of root and caryopsis in barley // Peer J. 2020. Article number: e8469. DOI:10.7717/peerj.8469
10. Sh. Hamid, K. Chen, B.H. Paynter, T.T. Angessa, Sh. Westcott, H.A. Khan, C.B. Hill, Ch. Li. Grain-filling rate improves physical grain quality in barley under heat stress conditions during the grain-filling period // Frontiers in Plant Science. 2022. Vol. 13, Article number: 858652. DOI: 10.3389/fpls.2022.858652

References

1. Eroshenko L.M., Romakhin M.M., Eroshenko A.N., Levakova O.V., Eroshenko N.A., Dedushev I.A., Romakhin V.V. Otsenka kachestvennykh pokazatelei zerna sortov i linii yarovogo yachmenya [Estimation of grain quality indicators of spring barley varieties and lines] // Agrarnaya nauka Evro-Severo-Vostoka. 2019. T. 20, № 2. S. 126–133. DOI: 10.30766/2072-9081.2019.20.2.126-133
2. Kiyani N.G., Zharkova S.V. Izmenchivost' pokazatelei priznakov yachmenya yarovogo v zavisimosti ot sorta i uslovii vyrashchivaniya [Variability of spring barley trait indicators depending on the variety and growing conditions] // Mezhdunarodnyi zhurnal gumanitarnykh i estestvennykh nauk. 2019. № 8–1. S. 152–154. DOI: 10.24411/2500-1000-2019-11477
3. Morozov N.A., Samsonov I.V., Pankratova N.A. Otsenka adaptivnosti yarovogo yachmenya po priznaku «massa 1000 zeren» k zasushlivym usloviyam Stavropol'skogo kraia [Estimation of the spring barley adaptability based on '1000 grain weight' to the arid conditions of the Stavropol Territory] // Zernovoe khozyaistvo Rossii. 2022. T. 14, № 4. S. 16–21. DOI: 10.31367/2079-8725-2022-82-4-16-21

4. Musalitin G.M., Boradullina V.A. Vliyanie krupnosti posevnogo materiala na urozhainost' yachmenya [The effect of seed size on barley productivity] // *Zernovoe khozyaistvo Rossii*. 2015. № 5. S. 21–24.
5. Pasyнков A.V., Pasynkova E.N. Zavisimost' pokazatelei kachestva zerna pivovarenного yachmenya ot urovnya mineral'nogo pitaniya i gidrotermicheskikh uslovii v period vegetatsii [Dependence of malting barley grain quality indicators on the level of mineral nutrition and hydrothermal conditions during the vegetation period] // *Agrokhimicheskii vestnik*. 2020. № 3. S. 33–41. DOI: 10.24411/1029-2551-2020-10036
6. Fomina, M.N. Osobennosti formirovaniya zernovoi produktivnosti perspektivnykh sortov yachmenya v zone Severnogo Zaural'ya [Features of the formation of grain productivity of promising barley varieties in the Northern Trans-Urals area] // *Sibirskii vestnik sel'skokhozyaistvennoi nauki*. 2019. № 2(249). S. 28–34.
7. Shebolkina E.N., Shevchenko S.N., Anisimkina N.V. Otsenka biokhimicheskikh i tekhnologicheskikh pokazatelei zerna sortov plenchatogo i golozernogo yachmenya v usloviyakh Srednego Povolzh'ya [Estimation of biochemical and technological parameters of grain of varieties of hulled and hulls barley in the conditions of the Middle Volga region] // *Zernovoe khozyaistvo Rossii*. 2023. Т. 15, № 1. S. 23–28. DOI: 10.31367/2079-8725-2023-84-1-23-28
8. Yusova O.A., Nikolaev P.N., Anis'kov N.I., Safonova I.V. Adaptivnost' sortov yachmenya po priznaku «massa 1000 zeren v usloviyakh Lesostepi Omskoi oblasti [Adaptability of barley varieties based on the trait '1000 grain weight' in the forest-steppe conditions of the Omsk region] // *Dostizheniya nauki i tekhniki APK*. 2020. Т. 34, № 2. S. 24–28. DOI: 10.24411/0235-2451-2020-10205
9. L. Fali, X. Chen, X. Yu, M. Chen, W. Lu, Y. Wu, F. Xiong. Novel insights into the effect of drought stress on the development of root and caryopsis in barley // *Peer J*. 2020. Article number: e8469. DOI: 10.7717/peerj.8469
10. Sh. Hamid, K. Chen, B. H. Paynter, T. T. Angessa, Sh. Westcott, H. A. Khan, C. B. Hill, Ch. Li. Grain-filling rate improves physical grain quality in barley under heat stress conditions during the grain-filling period // *Frontiers in Plant Science*. 2022. Vol. 13, Article number: 858652. DOI: 10.3389/fpls.2022.858652

Поступила: 26.09.23; доработана после рецензирования: 21.10.23; принята к публикации: 30.10.23.

Критерии авторства. Авторы статьи подтверждают, что имеют на статью равные права и несут равную ответственность за плагиат.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Авторский вклад. Блохина В.И. – общее научное руководство, концептуализация исследований, финальная доработка текста; Никифорова И.Ю. – анализ данных и их интерпретация, критический анализ текста; Ганиева И.С. – сбор данных и доказательств, подготовка рукописи; Ланочкина М.А., Малафеева Ю.В., Дюрбин Д.С. – выполнение полевых и лабораторных опытов и сбор данных.

Все авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ГИБРИДИЗАЦИИ ДЛЯ СОЗДАНИЯ НОВЫХ СОРТОВ И ГИБРИДОВ СОРГО

Н. А. Ковтунова, кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник лаборатории селекции и семеноводства сорго кормового, n-beseda@mail.ru, ORCID ID: 0000-0003-0409-5855;
В. В. Ковтунов, кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник лаборатории селекции и семеноводства сорго зернового, kowtunow85@mail.ru, ORCID ID: 0000-0002-7510-7705;
А. Е. Романюкин, кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник лаборатории селекции и семеноводства сорго кормового, sorgo.vniizk@mail.ru, ORCID ID: 0000-0003-4349-8489;
Е. А. Шишова, младший научный сотрудник лаборатории селекции и семеноводства сорго кормового, ORCID ID: 0000-0002-7406-6622
ФГБНУ «Аграрный научный центр «Донской»,
347740, Ростовская обл., г. Зерноград, ул. Научный городок, д. 3; e-mail: vniizk30@mail.ru

Гибридикация – это главный метод для создания нового селекционного материала, получения генетической изменчивости, объединения желаемых признаков. Цель данной работы – дать характеристику новым перспективным сортам и гибридам сорго сахарного и травянистого селекции «АНЦ «Донской», созданным в результате гибридикации на стерильной и фертильной основе. Исследования проводили в 2021–2023 гг. на селекционном поле ФГБНУ «АНЦ «Донской» в г. Зернограде Ростовской области. Зона характеризуется обыкновенным карбонатным черноземом (содержание гумуса – 3,2 %, фосфора – 10–40 мг/кг, азота – 70–110 мг/кг, калия – 300–500 мг/кг почвы). Метеоусловия в годы исследований были контрастными: в 2022 г. ГТК = 0,52, что указывает на среднюю засушливость; ГТК = 0,81–0,82 в 2021 и 2023 гг. соответственно – на недостаточное увлажнение. Объектом исследований послужили сорта и гибриды суданской травы и сорго сахарного селекции ФГБНУ «АНЦ «Донской». В результате гибридикации на стерильной основе создан ряд сорго-суданковых гибридов (Джетта х Кудесница, АПВ-1115 х Тополина, АПВ-1115 х ФП, Добрыня, Гордей) и гибридов сорго сахарного (АПВ-115 х Южное, Джетта х Северная вишня, Дуэт), позволяющих получать урожайность зеленой массы 51–63 и 47–49 т/га соответственно, что выше стандарта на 5–17 т/га (10,8–37,0 %) и 5–7 т/га (11,9–16,7 %) соответственно. С использованием межсортной гибридикации созданы практически все сорта селекции ФГБНУ «АНЦ «Донской». Среди них сорта суданской травы Алиса, Грация, Анастасия, Кудесница, ФП и сорта сорго сахарного Южное, Феникс, Орфей, СК-20/334, Северная вишня с урожайностью зеленой массы 40–48 и 34–38 т/га, что выше стандартных сортов на 3–11 т/га (8,1–29,7 %) и на 7–11 т/га (25,9–40,7 %) соответственно. Таким образом, гибридикация – главный метод для создания нового селекционного материала и объединения желаемых признаков в новых образцах.

Ключевые слова: сорго сахарное, суданская трава, гибрид, урожайность, цитоплазматическая мужская стерильность, сорт.

Для цитирования: Ковтунова Н. А., Ковтунов В. В., Романюкин А. Е., Шишова Е. А. Использование гибридикации для создания новых сортов и гибридов сорго // Зерновое хозяйство России. 2024. Т. 16, № 1. С. 26–32. DOI: 10.31367/2079-8725-2024-90-1-26-32.



USE OF HYBRIDIZATION TO DEVELOP NEW SORGHUM VARIETIES AND HYBRIDS

N. A. Kovtunova, Candidate of Agricultural Sciences, leading researcher of the laboratory for feed sorghum breeding and seed production, n-beseda@mail.ru, ORCID ID: 0000-0003-0409-5855
V. V. Kovtunov, Candidate of Agricultural Sciences, leading researcher of the laboratory for grain sorghum breeding and seed production, kowtunow85@mail.ru, ORCID ID: 0000-0002-7510-7705
A. E. Romanyukin, Candidate of Agricultural Sciences, senior researcher of the laboratory for feed sorghum breeding and seed production, sorgo.vniizk@mail.ru, ORCID ID: 0000-0003-4349-8489
E. A. Shishova, junior researcher of the laboratory for feed sorghum breeding and seed production, ORCID ID: 0000-0002-7406-6622
FSBSI Agricultural Research Center “Donskoy”,
347740, Rostov region, Zernograd, Nauchny Gorodok, 3; e-mail: vniizk30@mail.ru

Hybridization is the main method for developing new breeding material, obtaining genetic variability, and combining desired traits. The purpose of the current work is to characterize new promising varieties and hybrids of sweet and grass sorghum developed by the “ARC “Donskoy” because of hybridization on a sterile and fertile basis. The study was conducted on the breeding field of the FSBSI “ARC “Donskoy”, Zernograd, Rostov region in 2021–2023. The zone is characterized by ordinary carbonate chernozem (3.2 % of humus, 10–40 mg/kg of phosphorus, 70–110 mg/kg of nitrogen, 300–500 mg per kg of soil of potassium). Meteorological conditions during the years of study (2021–2023) were contrasting: in 2022, HTC = 0.52 indicated average aridity and insufficient moisture with 0.81–0.82 in 2021 and 2023. The objects of the study were the varieties and hybrids of Sudan grass and sugar sorghum developed by the FSBSI “ARC “Donskoy”. As a result of hybridization on a sterile basis, there was developed a number of sorghum-Sudan hybrids (‘Jetta x Kudesnitsa’, ‘APV-1115 x Topolina’, ‘APV-1115 x FP’, ‘Dobrynya’, ‘Gordey’) and sweet sorghum hybrids (‘APV-115 x Yuzhnoye’, ‘Jetta x Severanay Vishnya’, ‘Duet’), allowing to obtain green mass yields of 51–63 and

47–49 t/ha, which was higher than the standard by 5–17 t/ha (10.8–37.0 %) and 5–7 t/ha (11.9–16.7 %) respectively. Using intervarietal hybridization, almost all varieties developed by the FSBSI “ARC “Donskoy” have been created. Among them there are the Sudan grass varieties ‘Alisa’, ‘Gratsiya’, ‘Anastasiya’, ‘Kudesnitsa’, ‘FP’ and the sweet sorghum varieties ‘Yuzhnoe’, ‘Feniks’, ‘Orfey’, ‘SK-20/334’, ‘Severanay Vishnya’ with a green mass yield of 40–48 and 34–38 t/ha, which is higher than that of standard varieties by 3–11 t/ha (8.1–29.7 %) and 7–11 t/ha (25.9–40.7 %), respectively. Thus, hybridization is the main method for developing new breeding material and combining the desired traits in new samples.

Keywords: sweet sorghum, Sudan grass, hybrid, productivity, cytoplasmic male sterility, variety.

Введение. Создание сортов и гибридов – главная цель селекционера любой сельскохозяйственной культуры. К сортам и гибридам сорговых культур предъявляется ряд требований: высокая урожайность и качество, раннеспелость, приспособленность к механизированной уборке, устойчивость к болезням и вредителям, полеганию, стресс-факторам (Беседа и др., 2010; Филенко и др., 2019; Bazitov and Enchev, 2021). Поэтому в задачи при создании сорта входят:

- усиление генетического контроля урожайности в стрессовых и обычных условиях, то есть слабое варьирование по годам;
- повышение фотосинтетической активности;
- реализация потенциальных возможностей сорта;
- фенотипическая выравненность и др. (Abreha et al., 2021; Asadi and Eshghizadeh, 2020).

При селекции сорго травянистого необходимо создание раннеспелого сорта или гибрида, характеризующегося холодостойкостью, высокой облиственностью, сочностебельностью, высокой урожайностью и качеством зеленой массы, устойчивого к полеганию, пыльной головне, бурой ржавчине, бактериозу.

При селекции сорго сахарного стремятся создать среднеспелый, в лучшем случае раннеспелый сорт, сочетающий высокую урожайность и качество зеленой массы на силос, хорошо облиственный, устойчивый к полеганию, болезням, вредителям (тля), с высоким (более 15 % при создании сорта на пищевые цели, получения спирта) и средним (8–12 % – на кормовые цели) содержанием сахаров (Ермолина и др., 2017; Kapustin et al., 2022).

Данные задачи выполняются с помощью различных методов селекции. В этом случае гибридизация – главный метод для создания нового селекционного материала, получения генетической изменчивости, объединения желаемых признаков. В результате гибридизации на стерильной основе (межвидовая гибридизация) получают сорго-суданковые гибриды и гибриды сорго сахарного. Этот способ получения высокогетерозисного потомства стал возможен после открытия в 1950 г. Дж. Стефенсом цитоплазматической мужской стерильности (ЦМС). Привлечение ЦМС-линий в гибридизацию позволяет создавать новые комбинации ядерных и цитоплазматических генов, в результате гетерозиса гибриды, полученные этим способом, значительно превосходят своих родителей по урожайности зеленой массы (Kapustin et al., 2022; Zeru and Chang, 2020; Vozhzhova et al., 2021).

В результате гибридизации на фертильной основе (межсортная) получают линии и сорта. Но до момента выделения элитного растения у сорго проходит не менее 5 лет после скрещивания. Только в результате самоопыления и отборов в течение этого времени можно получить чистую выравненную линию. Методы межсортной гибридизации у суданской травы были разработаны Н.Ф. Соколенко, А.М. Фаворовым и С.И. Венгреневским (Ермолина и др., 2017).

При планировании плана гибридизации необходимо учитывать наследование признаков. Так, установлено, что высота растений носит доминантный характер. В связи с этим родительские формы лучше подбирать невысокие, так как уборка семенников будет значительно усложнена. По содержанию протеина доминируют средние значения признака, поэтому хотя бы один из родителей должен иметь высокое значение (Ковтунова, 2023).

С помощью гибридизации возможно совмещение хозяйственно ценных признаков. Однако это достаточно сложная задача из-за корреляционных зависимостей признаков. Например, установлено, что повысить урожайность гораздо легче за счет удлинения вегетационного периода, чем за счет других факторов (Беседа и др., 2010; Bazitov and Enchev, 2021; Юдин и др., 2022). Кроме того, скороспелость неблагоприятно влияет на качество и выход корма. Высокая кустистость суданской травы наблюдается в основном у низкоурожайных скороспелых образцов, содержание протеина снижается при высокой урожайности и др. Для решения данной проблемы необходим богатый генетический материал.

Цель данной работы: дать характеристику новым перспективным сортам и гибридам сорго сахарного и травянистого селекции «АНЦ «Донской», созданным в результате гибридизации на стерильной и фертильной основе.

Материалы и методы исследований. Исследования проведены в 2021–2023 гг. на селекционном поле ФГБНУ «АНЦ «Донской» в г. Зернограде Ростовской области. Зона характеризуется обыкновенным карбонатным черноземом (содержание гумуса – 3,2 %, фосфора – 10–40 мг/кг, азота – 70–110 мг/кг, калия – 300–500 мг/кг почвы). Метеоусловия в годы исследований (2021–2023 гг.) были контрастными: в 2022 г. ГТК = 0,52 указывает на среднюю засушливость и 0,81–0,82 в 2021 и 2023 гг. – на недостаточное увлажнение.

Объектом исследований послужили сорта и гибриды суданской травы и сорго сахарного селекции ФГБНУ «АНЦ «Донской».

Закладку опытов проводили в соответствии с Методикой государственной комиссии по сортоиспытанию сельскохозяйственных культур (1989). Посев осуществляли в оптимальные сроки (первая–вторая декада мая) широкорядным способом (норма высева сорго травянистого – 350 тыс. шт./га, сорго сахарного – 200 тыс. шт./га). Уборку зеленой массы проводили в фазу выметывания (суданская трава и сорго-суданковые гибриды) и в фазу молочно-восковой спелости (сорго сахарное).

Содержание сухого вещества и сырого протеина определяли согласно общепринятым методикам (ГОСТ 31640-2012, ГОСТ 10846-91).

Для создания гибридов сорго на стерильной основе в ФГБНУ «АНЦ «Донской» привлекают ЦМС-линии сорго зернового Деметра и Джетта и сорго сахарного АПВ-1115. В качестве опылителей используют перспективные высокоурожайные сорта. Сложности при этом типе гибридизации состоят в необходимости идеальной стерильности линии, выравненной по созреванию, подбор родительских форм, совпадающих по срокам цветения. Растения ЦМС-линий не опыляются, если зацветают раньше опылителя. Если опылитель зацветет раньше, чем линия, то линия может опылиться пылью подгонов, если они имеются. Но в этом случае завязываемость семян низкая (Кибальник, 2019, Шишова и др., 2020). Кроме того, опылитель должен иметь высокую комбинационную способность.

Процесс закладки участка гибридизации требует значительной площади посева, так как сорго – перекрестноопыляемая культура, и между участками должна быть пространственная изоляция не менее 500 м. Наиболее благоприятные условия для опыления ЦМС-линий достигаются при закладке участка по схеме 1:4:1, где опылители находятся по краям.

Гибридизация на фертильной основе у сорго может проводиться различными способами.

1. С использованием полиэтиленового пакета, когда пыльца под воздействием жары, испарения становится стерильной под пакетом и опыление проводят пылью с другого сорта, линии. Недостаток способа: при низких температурах, пасмурной погоде пыльца может остаться фертильной, и произойдет опыление своей пылью. Кроме того, необходимо заранее изучить пыльцу этого образца на стерильность.

2. Метод кастрации применяют на всех культурах. Недостаток: трудоемкий процесс, высокий риск травмирования, слабая завязываемость семян при высоких температурах.

3. Метод, основанный на естественном переопылении, согласно которому родительские формы помещают под один изолятор и в результате получают около 30 % гибридных семян.

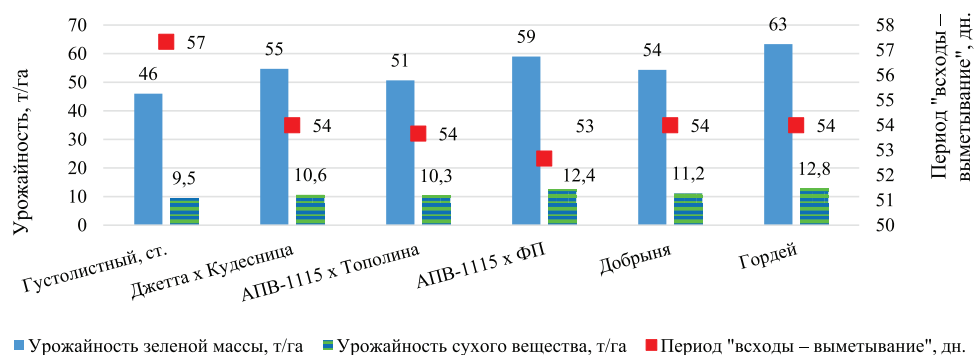
После получения гибридных зерен необходимо сохранять чистоту, для чего ежегодно проводят изоляцию метелок, а после выделения элитного растения размножение семян проводят с использованием пространственной изоляции. Самоопыление у перекрестников способствует эффективному формообразованию (Юдин и др., 2022; Kushkhov et al., 2021). Следует учитывать, что инцихт в жаркую погоду, искусственная изоляция дают череззерницу. Кроме того, при высоких температурах цветение метелки значительно ускоряется.

Математическую обработку проводили по методике Б. А. Доспехова (2014).

Результаты и их обсуждение.

Гибридизация на стерильной основе.

По сорго травянистому получены среднеспелые гибриды с урожайностью зеленой массы 51–63 т/га, урожайностью сухого вещества 10,3–12,8 т/га, с высокой площадью листовой поверхности (155–236 см²), хорошо облиственные (10–12 листьев на растении) (рис. 1).



Примечание. Урожайность зеленой массы $HCP_{05} = 9,3$ т/га, урожайность сухого вещества $HCP_{05} = 2,0$ т/га, период «всходы – выметывание» $HCP_{05} = 3$ дн.

Рис. 1. Характеристика перспективных сорго-суданковых гибридов (2021–2023 гг.)
Fig. 1. Characteristics of promising sorghum-Sudan hybrids (2021–2023)

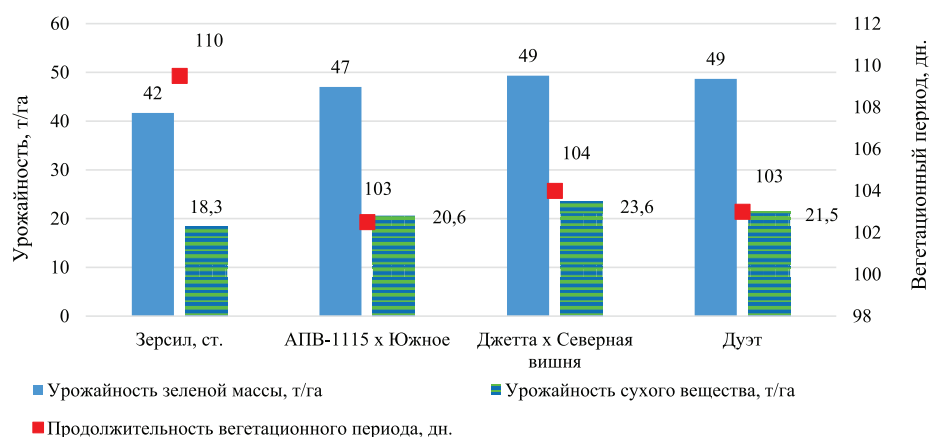
В Государственный реестр селекционных достижений РФ внесены два сорго-суданковых гибрида селекции ФГБНУ «АНЦ «Донской»:

Густолистный (2001 г.) и Добрыня (2023 г.). Гибрид Гордей проходит Государственное сортоиспытание с 2023 года. Они рекоменду-

ются для возделывания на зеленый корм, сено, сенаж по Северо-Кавказскому, Нижневолжскому и Центрально-Черноземному регионам РФ.

Гибриды сорго сахарного селекции ФГБНУ «АНЦ «Донской», приведенные на рисунке 2, характеризуются урожайностью зеленой массы на силос 47–49 т/га, сухого вещества – 20,6–23,6 т/га, относятся к среднеспелой

группе созревания, продолжительность периода «всходы – полная спелость» составляет 103–104 дня. Растения высокорослые (213–265 см), имеют хорошую облиственность (10–14 листьев на растении), высокую площадь листовой поверхности (332–389 см²). Содержание сахаров в соке стеблей данных образцов составило 6,0–12,0 %.



Примечание. Урожайность зеленой массы $HCP_{05} = 4,4$ т/га, урожайность сухого вещества $HCP_{05} = 2,7$ т/га, вегетационный период $HCP_{05} = 3$ дн.

Рис. 2. Характеристика перспективных гибридов сорго сахарного (2021–2023 гг.)
Fig. 2. Characteristics of promising sweet sorghum hybrids (2021–2023)

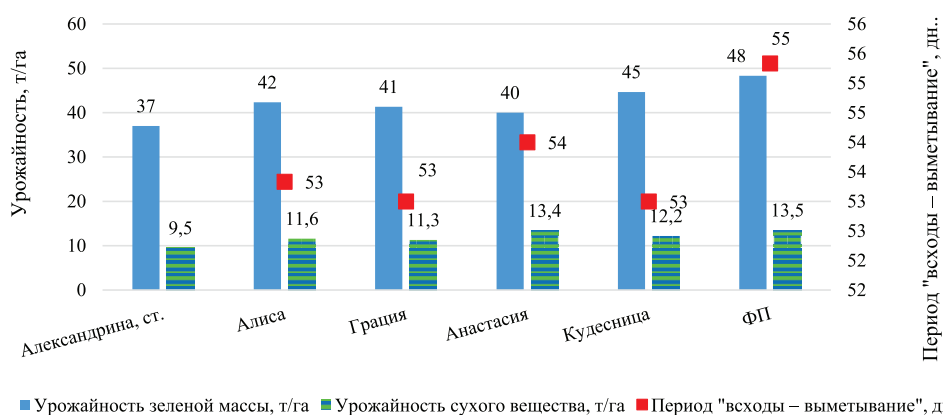
Гибрид Дуэт (АПВ-1115 х Орфей) передан на государственное сортоиспытание с 2024 года. Рекомендуются для использования на зеленый корм и силос в Центрально-Черноземном, Северо-Кавказском и Нижневолжском регионах России.

Гибридизация на фертильной основе.

1. Для ускорения селекционного процесса при подборе родительских пар в коллекционном питомнике на основе многолетних исследований выделены источники и доноры

ценных признаков. Так, выделены источники раннеспелости, высокой облиственности, сочностебельности, холодостойкости, тонкостебельности, высокого содержания сахаров, протеина, сухого вещества и т.д. (Романюкин и др., 2021).

С использованием гибридизации созданы практически все сорта селекции ФГБНУ «АНЦ «Донской». Среди них выделены лучшие, приведенные на рис. 3 и 4.



Примечание. Урожайность зеленой массы $HCP_{05} = 3,3$ т/га, урожайность сухого вещества $HCP_{05} = 1,7$ т/га, период «всходы–выметывание» $HCP_{05} = 2$ дн. На рис. всходы-выметывание заменить на «всходы – выметывание»

Рис. 3. Характеристика перспективных сортов суданской травы (2021–2023 гг.)
Fig. 3. Characteristics of promising Sudan grass varieties (2021–2023)

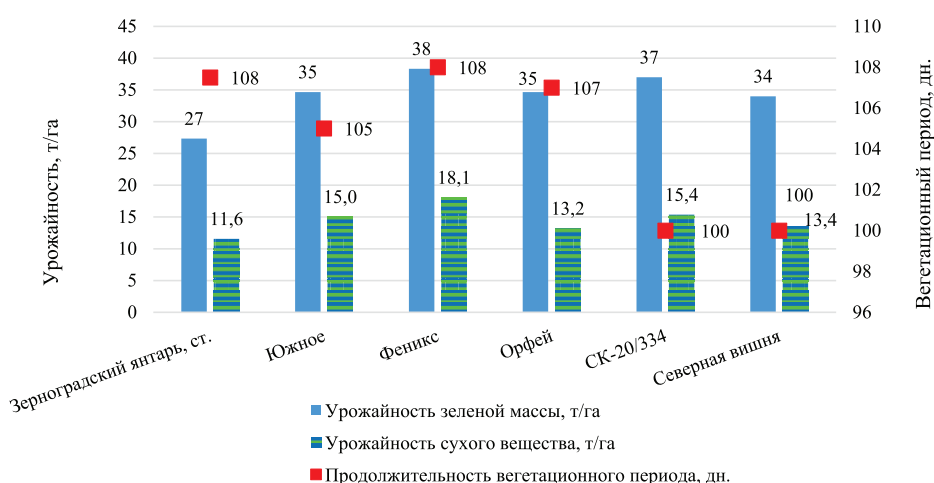
Выделенные сорта суданской травы с урожайностью зеленой массы в сумме за 2 укоса

40–48 т/га, сухого вещества 11,3–13,4 т/га относятся к среднеранней группе созревания.

Продолжительность периода «всходы–выметывание» 53–55 дней, «1–2 укос» – 53–57 дней, «всходы–полная спелость» – 96–99 дней. Высота растений ко времени уборки зеленой массы составляла у них 240–270 см, площадь листа – 81–99 см².

В Государственный реестр селекционных достижений РФ внесены 4 сорта селекции ФГБНУ «АНЦ «Донской»: Александрина (2007 г.), Анастасия (2010 г.), Алиса (2019 г.) и Грация (2020 г.). Сорт Кудесница проходит Государственное сортоиспытание с 2023 года. Они рекомендуются для возделывания на зеленый корм, сено, сенаж.

Новые сорта сорго сахарного позволяют получать зеленую массу на силос с конца августа и сохраняются зелеными до наступления морозов. Урожайностью зеленой массы на силос у них составляла 34–38 т/га, сухого вещества 13,2–18,1 т/га. Продолжительность вегетационного периода у выделенных сортов варьировала в пределах 100–108 дней (средне-спелая группа созревания), площадь листовой поверхности – 253–362 см², содержание сахаров в соке стеблей – 7,5–14,5 %. Данные сорта являются хорошо облиственными (10–12 шт.), со средней кустистостью (2–3 стебля на растении) (рис. 4).



Примечание. Урожайность зеленой массы $HCP_{05} = 3,4$ т/га, урожайность сухого вещества $HCP_{05} = 3,3$ т/га, вегетационный период $HCP_{05} = 3$ дн.

Рис. 4. Характеристика перспективных сортов сорго сахарного (2021–2023 гг.)

Fig. 4. Characteristics of promising sweet sorghum varieties (2021–2023)

Среди них следует выделить сорта Южное, Феникс, допущенные к использованию с 2021 года. Сорт Орфей передан на государственное сортоиспытание с 2024 года. Сорта рекомендуются для использования на зеленый корм и силос в Центрально-Черноземном, Северо-Кавказском и Нижневолжском регионах России.

Выводы.

1. В результате гибридизации на стерильной основе создан ряд сорго-суданковых гибридов (Джетта х Кудесница, АПВ-1115 х Тополина, АПВ-1115 х ФП, Добрыня, Гордей) и гибридов сорго сахарного (АПВ-115 х Южное, Джетта х Северная вишня, Дуэт), позволяющих

получать урожайность зеленой массы 51–63 и 47–49 т/га, что выше стандарта на 5–17 т/га (10,8–37,0 %) и 5–7 т/га (11,9–16,7 %) соответственно.

2. С использованием межсортовой гибридизации созданы практически все сорта селекции ФГБНУ «АНЦ «Донской». Среди них сорта суданской травы Алиса, Грация, Анастасия, Кудесница, ФП и сорта сорго сахарного Южное, Феникс, Орфей, СК-20/334, Северная вишня с урожайностью зеленой массы 40–48 и 34–38 т/га, что выше стандартных сортов на 3–11 т/га (8,1–29,7 %) и на 7–11 т/га (25,9–40,7 %) соответственно.

Библиографические ссылки

- Беседа Н.А., Лушпина О.А., Ковтунов В.В., Горпиниченко С.И. Проблемы и результаты по селекции сорго зернового // Зерновое хозяйство России. 2010. № 6. С. 49–51.
- Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). 5-е изд., перераб. и доп. М.: Альянс, 2014. 351 с.
- Ермолина Г.М., Ковтунова Н.А., Романюкин А.Е., Шишова Е.А. Региональные особенности селекции суданской травы // Аграрный вестник Урала. 2017. № 4. С. 16–20.
- Кибальник, О.П. Использование эффекта гетерозиса в селекции сорго // Вестник НГАУ. 2019. № 2(51). С. 15–24. DOI: 10.31677/2072-6724-2019-51-2-15-24
- Ковтунова Н.А. Эффект гетерозиса у гибридов сорго на основе цитоплазматической мужской стерильности // Достижения науки и техники АПК. 2023. Т. 37, № 7. С. 39–44. DOI: 10.53859/02352451_2023_37_7_39

6. Романюкин А.Е., Ковтунов В.В., Ковтунова Н.А., Шишова Е.А. Исходный материал для создания сортов и гибридов сорго сахарного // Зерновое хозяйство России. 2021. № 2(74). С. 3–10. DOI: 10.31367/2079-8725-2021-74-2-3-10
7. Филенко Г.А., Марченко Д.М., Скворцова Ю.Г., Кравченко Н.С., Фирсова Е.В. Урожайные, сортовые и посевные качества семян озимой пшеницы в зависимости от репродукции // Зерновое хозяйство России. 2019. № 1(61). С. 10–13. DOI: 10.31367/2079-8725-2019-61-1-10-13
8. Шишова Е.А., Ковтунов В.В., Ковтунова Н.А. Подбор родительских пар и изучение новых сорго-суданковых гибридов // Зерновое хозяйство России. 2020. № 4(70). С. 65–68. DOI: 10.31367/2079-8725-2020-70-4-65-68
9. Юдин В.Н., Болдырева Л.Л., Бритвин В.В. Исследование самоопыленных форм сорго сахарного как исходного материала для создания гибридов в условиях Крыма // Труды Кубанского государственного аграрного университета. 2022. № 97. С. 150–154. DOI: 10.21515/1999-1703-97-150-154
10. Abreha K.B., Enyew M., Carlsson A.S., Vetukuri R.R., Feyissa T., Motthaodi T., Geleta M. Sorghum in dryland: morphological, physiological, and molecular responses of sorghum under drought stress // Planta. 2021. Vol. 255, DOI: 10.1007/s00425-021-03799-7
11. Asadi M., Eshghizadeh H.R. Comparison of Growth Responses in Sorghum Genotypes and Corn Grown in Arid Regions Under Different Levels of Water and Nitrogen Supplies // Acta Agrobotanica. 2020. Vol. 73, Iss. 4. P. 272–278. DOI: 10.5586/aa.7342
12. Bazitov R., Enchev S. Productivity and chemical composition of green biomass from Sudan grass, grown as a second crop, with optimal and insufficient water supply // Agricultural Sciences. 2021. Vol. 13, P. 81–86. DOI: 10.22620/agric.2021.31.012
13. Kapustin S. I., Volodin A. B., Kapustin A. S., Samokish N. V. Evaluation of the quality of sweet sorghum fodder // Iraqi Journal of Agricultural Sciences. 2022. Vol. 53, № 5. P. 1184–1189. DOI: 10.36103/ijas.v53i5.1632
14. Vozhzhova N.N., Ionova E.V., Popov A.S., Kovtunov V.V. Identification of Fertility Gene Rf1 in Collection Samples of Sorghum bicolor (L.) Moench in Southern Russia // Biology and Life Sciences Forum. 2021. Vol. 4, № 1. Article number: 81. DOI: 10.3390/IECPS2020-08710
15. Zeru Y., Chang J. Genetic Diversity and Estimation of Heterosis of Sorghum (Sorghum Bicolor L. Moench) Varieties and their Hybrids for Grain Yield and other Traits at, Baoding, Hebei Province, China // International Journal of Agriculture Innovations and Research. 2020. № 8. P. 2319–1473.
16. Kushkhov A., Berbekova N., Zhurtov A. Productivity of sudan grass and sorghum-sudangrass hybrids depending on seeding rates and planting methods in the steppe dryland zone of the Kabardino-Balkarian Republic // E3S Web of Conferences. 2021. Vol. 262, Article number: 01012. DOI: 10.1051/e3sconf/202126201012

References

1. Beseda N.A., Lushpina O.A., Kovtunov V.V., Gorpichenko S.I. Problemy i rezul'taty po selektsii sorgo zernovogo [Problems and results in grain sorghum breeding] // Zernovoe khozyaistvo Rossii. 2010. № 6. S. 49–51.
2. Dospekhov B.A. Metodika polevogo opyta (s osnovami statisticheskoi obrabotki rezul'tatov issledovaniy) [Methodology of a field trial (with the basics of statistical processing of the study results)]. 5-e izd., pererab. i dop. M.: Al'yans, 2014. 351 s.
3. Ermolina G.M., Kovtunova N.A., Romanyukin A.E., Shishova E.A. Regional'nye osobennosti selektsii sudanskoi travy [Regional features of Sudan grass breeding] // Agrarnyi vestnik Urala. 2017. № 4. S. 16–20
4. Kibal'nik O.P. Ispol'zovanie efekta geterozisa v selektsii sorgo [Use of the heterosis effect in sorghum breeding] // Vestnik NGAU. 2019. № 2 (51). S. 15–24. DOI: 10.31677/2072-6724-2019-51-2-15-24
5. Kovtunova N.A. Effekt geterozisa u gibridov sorgo na osnove tsitoplazmaticheskoi muzhskoi steril'nosti [The heterosis effect in sorghum hybrids based on cytoplasmic male sterility] // Dostizheniya nauki i tekhniki APK. 2023. T. 37, № 7. S. 39–44. DOI: 10.53859/02352451_2023_37_7_39
6. Romanyukin A.E., Kovtunov V.V., Kovtunova N.A., Shishova E.A. Iskhodnyi material dlya sozdaniya sortov i gibridov sorgo sakharnogo [Initial material for developing sweet sorghum varieties and hybrids] // Zernovoe khozyaistvo Rossii. 2021. № 2(74). S. 3–10. DOI: 10.31367/2079-8725-2021-74-2-3-10
7. Filenko G.A., Marchenko D.M., Skvortsova Yu.G., Kravchenko N.S., Firsova E.V. Urozhainye, sortovye i posevnye kachestva semyan ozimoi pshenitsy v zavisimosti ot reproduksii [Productive, varietal, and sowing qualities of winter wheat seeds depending on reproduction] // Zernovoe khozyaistvo Rossii. 2019. № 1(61). S. 10–13. DOI: 10.31367/2079-8725-2019-61-1-10-13
8. Shishova E.A., Kovtunov V.V., Kovtunova N.A. Podbor roditel'skikh par i izuchenie novykh sorgo-sudankovykh gibridov [Selection of parent pairs and study of new sorghum-Sudan hybrids] // Zernovoe khozyaistvo Rossii. 2020. № 4(70). S. 65–68. DOI: 10.31367/2079-8725-2020-70-4-65-68
9. Yudin V.N., Boldyreva L.L., Britvin V.V. Issledovanie samoopylenykh form sorgo sakharnogo kak iskhodnogo materiala dlya sozdaniya gibridov v usloviyakh Kryma [Study of self-pollinated forms of sweet sorghum as an initial material for developing hybrids in the Crimea] // Trudy Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2022. № 97. S. 150–154. DOI: 10.21515/1999-1703-97-150-154
10. Abreha K.B., Enyew M., Carlsson A.S., Vetukuri R.R., Feyissa T., Motthaodi T., Geleta M. Sorghum in dryland: morphological, physiological, and molecular responses of sorghum under drought stress // Planta. 2021. Vol. 255, DOI: 10.1007/s00425-021-03799-7
11. Asadi M., Eshghizadeh H.R. Comparison of Growth Responses in Sorghum Genotypes and Corn Grown in Arid Regions Under Different Levels of Water and Nitrogen Supplies // Acta Agrobotanica. 2020. Vol. 73, Iss. 4. P. 272–278. DOI: 10.5586/aa.7342

12. Bazitov R., Enchev S. Productivity and chemical composition of green biomass from Sudan grass, grown as a second crop, with optimal and insufficient water supply // *Agricultural Sciences*. 2021. Vol. 13, P. 81–86. DOI: 10.22620/agrisci.2021.31.012
13. Kapustin S.I., Volodin A.B., Kapustin A.S., Samokish N.V. Evaluation of the quality of sweet sorghum fodder // *Iraqi Journal of Agricultural Sciences*. 2022. Vol. 53, № 5. P. 1184–1189. DOI: 10.36103/ijas.v53i5.1632
14. Vozhzhova N.N., Ionova E.V., Popov A.S., Kovtunov V.V. Identification of Fertility Gene Rf1 in Collection Samples of Sorghum bicolor (L.) Moench in Southern Russia // *Biology and Life Sciences Forum*. 2021. Vol. 4, № 1. Article number: 81. DOI: 10.3390/IECPS2020-08710
15. Zeru Y., Chang J. Genetic Diversity and Estimation of Heterosis of Sorghum (*Sorghum Bicolor* L. Moench) Varieties and their Hybrids for Grain Yield and other Traits at, Baoding, Hebei Province, China // *International Journal of Agriculture Innovations and Research*. 2020. № 8. P. 2319–1473
16. Kushkhov A., Berbekova N., Zhurtov A. Productivity of sudan grass and sorghum-sudangrass hybrids depending on seeding rates and planting methods in the steppe dryland zone of the Kabardino-Balkarian Republic // *E3S Web of Conferences*. 2021. Vol. 262, Article number: 01012. DOI: 10.1051/e3sconf/202126201012

Поступила: 17.01.24; доработана после рецензирования: 05.02.24; принята к публикации: 05.02.24.

Критерии авторства. Авторы подтверждают, что имеют на статью равные права и несут равную ответственность за плагиат.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Авторский вклад. Ковтунова Н.А. – концептуализация исследований, подготовка рукописи, закладка и выполнение полевых опытов по сорго кормовому; Ковтунов В.В. – концептуализация исследований, подготовка рукописи; Романюкин А.Е. – анализ данных, подготовка данных; Шишова Е.А. – составление и анализ табличного материала, подготовка рукописи.

Все авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.

СРАВНЕНИЕ ФЕНОТИПИЧЕСКОЙ ИЗМЕНЧИВОСТИ СОРТОВ И ЛИНИЙ ОЗИМОЙ ТВЕРДОЙ ПШЕНИЦЫ ПО ЦВЕТОВЫМ ХАРАКТЕРИСТИКАМ ЗЕРНА, КРУПЫ И МАКАРОННЫХ ИЗДЕЛИЙ

Н. С. Кравченко, кандидат биологических наук, ведущий научный сотрудник лаборатории биохимической, технологической и агрохимической оценки, ninakravchenko78@mail.ru, ORCID ID: 0000-0003-3388-1548;

О. А. Костыленко, агроном лаборатории биохимической, технологической и агрохимической оценки, ORCID ID: 0000-0002-5060-0034;

Н. Г. Игнатьева, техник-исследователь лаборатории биохимической, технологической и агрохимической оценки, ORCID ID: 0000-0002-8506-8711;

А. С. Иванисова, младший научный сотрудник лаборатории селекции и семеноводства пшеницы твердой озимой; ORCID ID: 0000-0003-1466-250x

ФГБНУ «Аграрный научный центр «Донской»,

347740, Ростовская обл., г. Зерноград, ул. Научный городок, д. 3; e-mail: vniizk30@mail.ru

Приведены результаты изучения цветковых характеристик зерна сортов и линий озимой твердой пшеницы (*Triticum durum* Desf.). Изучено влияние факторов («сорт», «год» и их взаимодействие) на выраженность основных селекционно значимых признаков, которые влияют на качество конечного продукта. Цель настоящего исследования заключалась в определении изменчивости фенотипических признаков зерна, связанных с количеством желтых пигментов в зерне, цветом манной крупы и готовых макаронных изделий, в исследовании взаимосвязей между показателями с помощью корреляционного анализа и выделения наиболее перспективных для дальнейшей работы. Полевые опыты проводили в научном севообороте лаборатории селекции и семеноводства озимой твердой пшеницы ФГБНУ «АНЦ «Донской». Лабораторные и аналитические исследования выполнены в лаборатории биохимической, технологической и агрохимической оценки в соответствии с общепринятыми методами и ГОСТ. В результате проведенных исследований установлено, что основное влияние на такие признаки качества зерна озимой твердой пшеницы, как «общая стекловидность», «массовая доля белка в зерне» и «индекс цвета зерна б», оказывал фактор «год исследований» – на 67,0, 48,2 и 65,4 % соответственно. На «индекс цвета крупки б», «индекс цвета сухих макарон б» и визуальную оценку сухих макаронных изделий основное влияние оказывал фактор «генотип» – на 62,3, 82,5 и 48,3 % соответственно. Выраженность признака «содержание каротиноидных пигментов» зависело от всех факторов. Сорта и линии озимой твердой пшеницы селекции ФГБНУ «АНЦ «Донской» за годы исследований по цветовым характеристикам соответствовали международным требованиям, предъявляемым к зерну твердой пшеницы. В результате проведенных исследований сорта Графит и Каротинка выделились по нескольким изучаемым признакам, в связи с чем рекомендуем расширить производственные посевы этих сортов. Перспективные линии 1147/19 и 971/19 и сорт Солнцедар рекомендуем использовать в селекционном процессе в качестве источников с высокими цветовыми характеристиками зерна и макаронных изделий.

Ключевые слова: твердая пшеница (*Triticum durum* Desf.), каротиноиды, крупка, общая стекловидность зерна, индекс желтизны.

Для цитирования: Кравченко Н. С., Костыленко О. А., Игнатьева Н. Г., Иванисова А. С. Сравнение фенотипической изменчивости сортов и линий озимой твердой пшеницы по цветовым характеристикам зерна, крупы и макаронных изделий // Зерновое хозяйство России. 2024. Т. 16, № 1. С. 33–40. DOI: 10.31367/2079-8725-2024-90-1-33-40.



COMPARISON OF PHENOTYPIC VARIABILITY OF WINTER DURUM WHEAT VARIETIES AND LINES ACCORDING TO THE COLOR CHARACTERISTICS OF GRAIN, CEREALS AND PASTA

N. S. Kravchenko, Candidate of Biological Sciences, leading researcher of the laboratory for biochemical, technological and agrochemical estimation, ninakravchenko78@mail.ru, ORCID ID: 0000-0003-3388-1548;

O. A. Kostylenko, agronomist of the laboratory for biochemical, technological and agrochemical estimation, ORCID ID: 0000-0002-5060-0034;

N. G. Ignatieva, research technician of the laboratory for biochemical, technological and agrochemical estimation, ORCID ID: 0000-0002-8506-8711;

A. S. Ivanisova, junior researcher of the laboratory for winter durum wheat breeding and seed production, ORCID ID: 0000-0003-1466-250x

FSBSI Agricultural Research Center "Donskoy",

347740, Rostov region, Zernograd, Nauchny Gorodok Str., 3; e-mail: vniizk30@mail.ru

There have been given the study results of grain color characteristics of winter durum wheat varieties and lines (*Triticum durum* Desf.). There has been studied the effect of factors ('variety', 'year' and their correlation) on the expression of the main breeding-valuable traits that affect the quality of the final product. The purpose of the current study

was to determine the variability of phenotypic characteristics of grain associated with the number of yellow pigments in grain, the color of semolina and finished pasta, to study the correlation between indicators and to identify the most promising ones for further work. Field trials were carried out in the scientific crop rotation laboratory of breeding and seed production of winter durum wheat of the FSBSI "ARC "Donskoy". Laboratory and analytical study was carried out in the laboratory of biochemical, technological and agrochemical estimation in accordance with generally accepted methods and GOST. As a result of the study, there has been established that the main effect on such characteristics of grain quality of winter durum wheat as 'general hardness', 'mass fraction of protein in grain' and 'grain color index b' was produced by the factor 'year of study' by 67.0 %, 48.2 % and 65.4 % respectively. The 'cereal color index b', 'dry pasta color index b' and visual estimation of dry pasta were mainly influenced by the factor 'genotype' by 62.3 %, 82.5 % and 48.3 %, respectively. The severity of the trait 'content of carotenoid pigments' depended on all factors. Over the years of the study, the winter durum wheat varieties and lines developed by the FSBSI "ARC "Donskoy" according to color characteristics met the international requirements for durum wheat grain. As a result, the varieties 'Grafit' and 'Karotinka' stood out according to several studied characteristics in connection with which we recommend expanding the production crops of these varieties. There can be recommended to use promising lines 1147/19 and 971/19 and the variety 'Solntsedar' in the breeding process as sources with high color characteristics of grain and pasta.

Keywords: durum wheat (*Triticum durum* Desf.), carotenoids, semolina, general grain hardness, yellowness index.

Введение. Твердая пшеница (*Triticum durum* Desf.) – важная продовольственная культура, мировое производство которой составляет около 40 млн т, а площадь – более 15 млн га (Boussakouran at al., 2023; Tabbita at al., 2023).

В Российской Федерации суммарное производство зерна твердой пшеницы оценивается на уровне 650–700 тыс. т, при этом годовая потребность, по оценкам специалистов, составляет около 2 млн т зерна. В Ростовской области, как и в РФ, нет статистических данных по учету посевных площадей, производству и урожайности по культуре твердой пшеницы. По ориентировочным данным, озимая и яровая твердая пшеница занимают около 15–20 тыс. га (Кравченко и др., 2020).

Зерно твердой пшеницы является ценным сырьем для изготовления высококачественных макаронных изделий. Также производимое зерно должно иметь достаточное качество, чтобы оно могло быть принято перерабатывающей промышленностью, что в случае твердых сортов связано с высоким содержанием белка, клейковины и ярко-желтым цветом манной крупы.

Качество озимой твердой пшеницы складывается из целого ряда признаков, которые можно подразделить на физико-химические свойства зерна, реологические свойства крупки (теста) и потребительские свойства макарон (Самофалова и др., 2022).

Многие иностранные (Boussakouran at al., 2023; Fu at al., 2018; Magallanes-López at al., 2017) и отечественные (Мальчиков и др., 2021; Васенев и др., 2019) исследователи отмечают, что наиболее важными из них для твердой пшеницы являются содержание белка и каротиноидных пигментов, а также стекловидный эндосперм, которые в значительной степени определяются выраженностью признаков и зависят от сорта пшеницы, окружающей среды и взаимодействия генотипа и условий выращивания (Schulthess at al., 2013; Ficco at al., 2014).

В странах ЕС, США, Турции и многих других желтизна по данным Lab является наиболее часто используемым параметром для выведения сортов с ярко выраженным желтым цветом в программах селекции твердой пшеницы (Kaplan, 2022). В Германии мукомольные

предприятия предъявляют требования к зерну твердых сортов по содержанию белка в зерне (> 14 %), коэффициенту «b» (> 22) и стекловидности (> 75 %). Следовательно, широко выращиваются только сорта, отвечающие этим требованиям, и селекционерам приходится постоянно проводить отбор по этим признакам (Sieber at all, 2015).

В нашей стране один из наиболее важных параметров для производства пасты «Индекс цвета b», или «Индекс желтизны b» (Минолта), не регулируется российским законодательством и почти не принимается во внимание при регистрации нового сорта. Поэтому большинство производителей твердой пшеницы в России практически не знакомы с этими параметрами, что отрицательно влияет на интерес к российской твердой пшенице на мировом рынке (Digesu at al., 2009).

Несмотря на то что урожайность остается главной целью селекционных программ, существует растущий спрос на специализированные цели по улучшению качества, чтобы удовлетворить требования к четким и разнообразным качественным характеристикам различных видов продуктов на основе твердой пшеницы.

Цель настоящего исследования – определение изменчивости фенотипических признаков зерна, связанных с количеством желтых пигментов в зерне, цветом манной крупы и готовых макаронных изделий, исследование взаимосвязей между показателями с помощью корреляционного анализа и выделение наиболее перспективных для дальнейшей работы.

Материалы и методы исследований. Исследования были проведены в 2020–2022 гг. в научном севообороте лаборатории селекции и семеноводства озимой твердой пшеницы ФГБНУ «АНЦ «Донской», расположенного в южной зоне Ростовской области.

Материалом для исследований послужили сорта и линии озимой твердой пшеницы собственной селекции (n = 29), изучаемые в конкурсных испытаниях.

Полевые опыты размещали по предшественнику сидеральный пар. Учетная площадь делянки – 10 м², норма высева – 5 млн всхожих семян на 1 га. Учеты, наблюдения и оценки в период вегетации проводили по Методике госу-

дарственного сортоиспытания (2019). В качестве стандарта использовали сорт Кристелла.

Почва опытного поля – чернозем обыкновенный карбонатный тяжелосуглинистый. Содержание в пахотном слое почвы: гумуса – 3,2 %; pH – 7,0; P_2O_5 – 18,5–20,0; K_2O – 342–360 мг/кг почвы.

Климат зоны характеризуется полусухим жарким летом и умеренно мягкой зимой. Сумма положительных температур за период вегетации в среднем составляет 3450 °С, среднегодовая температура 9,7 °С, среднегодовое количество осадков – 588,8 мм, в том числе за вегетацию озимой пшеницы 480,5 мм (Сухарев и Овсянникова, 2020).

Период формирования качества зерна в 2020 г. характеризовался большим количеством осадков в мае (155,7 % к норме) и оптимальной температурой (15,4 °С), которые были благоприятными для роста и развития озимой твердой пшеницы до уборки, несмотря на недобор осадков (54,4 % к норме) и повышенный температурный режим (на 2,6 °С) в июне.

Весна и лето 2021 г. отличались обилием осадков. Весной выпало 243,9 мм (185,1 %), летом 179,6 мм (103,1 %). Сложившиеся погодные условия были неблагоприятны для формирования стекловидности зерна.

Весна 2022 г. характеризовалась температурным режимом в пределах среднегодовых значений и обилием осадков (125,5 % от нормы). Период созревания зерна протекал при повышенном температурном режиме: в июне 23,2 °С (+2,7 °С к норме), в июле – 24,1 °С (+1,0 °С к норме). За летний сезон выпало 104,0 мм (59,7 % от нормы).

Исследования по определению цветковых характеристик зерна, крупки и макаронных изделий проводили в лаборатории биохимической, технологической и агрохимической оценки. Общую стекловидность зерна определяли в соответствии с требованиями ГОСТ Р 70629-2023 (Пшеница. Определение стекловидности оптического-компьютерным методом, 2023.). Цвет сухих макарон оценивали визуально (по пятибалльной шкале) в соответствии с Методическими указаниями по сортоиспытанию сельскохозяйственных культур (1988). Индекс цвета «b» измеряли с помощью колориметра Konica Minolta CR-410, работа которого основана на измерении коэффициента отра-

жения, оснащенного импульсной ксеноновой дуговой лампой (Ficco et al., 2014). Цветовая координата «L» характеризует изменение цвета от белого к черному, «a» – от зеленого к красному, «b» – от желтого к синему. Значение b представляет изменение интенсивности желтого цвета. С помощью данного прибора измеряли индекс цвета «b» зерна, крупки и готовых сухих макаронных изделий (2021–2022 гг.) в соответствии с ГОСТ 32197-2013 (Изделия макаронные. Методы определения цвета и потемнения на трехкоординатном колориметре, 2023). Кроме того, определяли количество каротиноидных пигментов в зерне методом экстракции всех пигментов в водонасыщенном n-бутаноле с последующим спектрофотометрическим количественным определением оптической плотности спиртового экстракта при 435,5 нм (длина волны максимального поглощения лютеина, доминирующего каротиноида в твердой пшенице).

Корреляционный анализ был проведен с помощью программы STATISTICA 10, коэффициенты корреляции значимы на 5%-м уровне и выделены знаком «*». Взаимосвязи между изучаемыми признаками устанавливались впервые, в связи с этим приведены все значения коэффициентов корреляции (даже незначимые), так как это имеет большое значение для дальнейшей селекционной работы по созданию сортов озимой твердой пшеницы с высокими цветковыми характеристиками и пищевой ценностью.

Результаты исследований и обсуждение. Чтобы вывести высококачественные сорта, необходимо оценить фенотипическую изменчивость, вызванную генотипом, окружающей средой и их взаимодействием.

Для определения доли влияния факторов (А – генотип, В – год исследования и их взаимодействия А х В) на признаки качества зерна и цветковые характеристики зерна крупки и макаронных изделий озимой твердой пшеницы был проведен двухфакторный дисперсионный анализ.

В результате проведенного анализа было установлено, что основной вклад в формирование стекловидности зерна, содержание белка и индекса цвета b (зерна) вносит влияние фактора В (год), взаимодействие факторов АВ (генотип х год исследований) и фактора А (генотип) было достоверным ($F_{\text{факт}} < F_{\text{та}}$) и практически равносильным (табл. 1).

Таблица 1. Доли влияния факторов на формирование признаков качества зерна и цветковые характеристики сортов и линий озимой твердой пшеницы (2020–2022 гг.)
Table 1. Shares of the effect of factors on formation of grain quality traits and color characteristics of winter durum wheat varieties and lines (2020–2022)

Признак качества	Влияние фактора А (генотип), %	Влияние фактора В (год исследований), %	Влияние взаимодействия факторов АВ, %
Общая стекловидность, %	16,9	67,0	14,5
Массовая доля белка в зерне, %	21,1	48,2	21,2
Содержание каротиноидных пигментов, Мкг/%	25,8	37,9	26,3
Индекс «b» зерна, единиц прибора Konica Minolta	18,4	65,4	13,3
Индекс «b» крупки, единиц прибора Konica Minolta	62,3	9,9	19,3
Индекс «b» сухих макарон, единиц прибора Konica Minolta	82,5	0,7	8,8
Цвет сухих макарон (визуальная оценка), балл	48,3	1,0	27,5

На выраженность индекса цвета «b» крупки, сухих макарон и визуальную оценку цвета готовых изделий основное влияние оказывал фактор А (генотип), взаимодействие факторов А х В и затем фактор В (год).

Влияние факторов А, В и их взаимодействие (А х В) было практически равным на формирование каротиноидных пигментов – 25,8, 37,9 и 26,3 % соответственно.

Массовая доля белка в зерне – один из первостепенных признаков качества, от выраженности которого зависят другие важные признаки: количество клейковины, содержание каротиноидных пигментов, а также питательная ценность макаронных изделий.

У изучаемых сортов и линий выявлено варьирование количества белка в зерне от 13,63 (536/19) до 15,48 % (Яхонт).

Достоверного превышения стандарта не установлено ($HCP_{05} = 0,6\%$) в связи с тем, что сорт Кристелла (стандарт) сформировал высокое содержание белка (15,28 %) на уровне требований, предъявляемых к первому классу качества.

Максимальная выраженность массовой доли белка в зерне ($>15,00\%$) выявлена у сортов Яхонт (15,48 %), Кристелла (15,28 %), Диона (15,13 %), Юбиларка (15,09 %), Динас (15,03 %) и линий 461/16 (15,02 %), 483/17 (15,42 %) и 1321/19 (15,02 %) (табл. 2).

Таблица 2. Выраженность признаков качества зерна сортов и линий озимой твердой пшеницы (2020–2022 гг.)
Table 2. The severity of grain quality traits of winter durum wheat varieties and lines (2020–2022)

Сорт/линия	Массовая доля белка в зерне, %	Стекловидность зерна, %	Содержание каротиноидных пигментов, Мкг/%
Кристелла, st	15,28	87	614
Диона	15,13	79	644
Яхонт	15,48	85	584
Юбиларка	15,09	84	569
Янтарина	14,88	81	691
Услава	14,67	77	635
Лакомка	14,64	85	673
Динас	15,03	83	639
Солнцедар	14,90	79	711
Алмаз Дона	14,79	84	652
Эллада	14,87	74	617
Хризолит	14,57	77	637
Придонье	14,79	80	632
461/16	15,02	71	595
483/17	15,42	84	608
1037/17	14,70	78	582
561/18	14,53	88	646
Каротинка	14,95	91	628
951/18	14,97	90	621
969/18	14,91	78	572
536/19	13,63	79	603
953/19	14,33	76	651
971/19	14,63	73	693
1174/19	14,47	91	585
1147/19	14,39	91	711
Графит	14,21	94	733
1264/19	13,83	83	581
1273/19	14,41	75	551
1321/19	15,05	91	545
HCP_{05}	0,6	5,0	76,4

Проведенный корреляционный анализ между изучаемыми признаками позволил установить, что признак «массовая доля белка в зерне» отрицательно коррелировал со всеми изучаемыми признаками, кроме признака «стекловидность» ($r = 0,05 \pm 0,19$).

Были выявлены слабые отрицательные связи с содержанием каротиноидных пигментов ($r = -0,16 \pm 0,19$), с индексом цвета зерна «b» ($r = -0,06 \pm 0,19$), с индексом цвета крупки «b»

($r = -0,39 \pm 0,17$), с индексом цвета макарон «b» ($r = -0,46 \pm 0,17$) и визуальной оценкой цвета макарон ($r = -0,21 \pm 0,18$).

Стекловидность зерна является основным определяющим фактором сорта твердой пшеницы из-за ее влияния на производительность помола манной крупы и качество конечного продукта (Коваленко и др., 2021).

В соответствии с ГОСТ 9353-2016 к стекловидности зерна твердой пшеницы предъ-

являются требования не менее 85 % (для 1 и 2 классов качества). В результате проведенных исследований был выделен сорт Графит, у которого выявлено достоверное превышение над стандартом признака «стекловидность зерна» (94 %).

Так как стандартный сорт Кристелла сформировал высокую стекловидность зерна (87 %), то к выделившимся можно отнести сорта Кристелла (87 %), Яхонт (85 %), Лакомка (85 %), Каротинка (91 %) и линии 561/18 (88 %), 951/18 (90 %), 1174/19 (91 %), 1147/19 (91 %) и 1321/19 (91 %), у которых отмечены значения стекловидности зерна на уровне и выше требований, предъявляемых ГОСТ 9353-2016.

В результате корреляционного анализа было установлено, что признак «общая стекловидность» положительно коррелировал с индексом цвета зерна b ($r = 0,38 \pm 0,17$), определенного с помощью колориметра Konica Minolta.

Желтый цвет определяется накоплением каротиноидов в эндосперме, которые обладают провитаминными свойствами и являются природными антиоксидантами (Мальчиков и Мясникова, 2020).

Высокое содержание каротиноидов в зерне повышает не только качество макаронных изделий, но и их пищевую ценность. Каротиноиды уменьшают окислительное повреждение биологических мембран путем удаления пероксирадикалов, таких, как те, которые участвуют в некоторых заболеваниях человека и в процессах старения и поэтому являются ценным питательным компонентом макаронных изделий.

Итальянские ученые выявили высокую наследуемость этого признака, который в значительной степени контролируется аддитивными генетическими эффектами и имеет сильный генотипический компонент и слабое взаимодействие генотип $\times$ окружающая среда. Тем не менее, несмотря на относительно высокий генетический вес, некоторые факторы окружающей среды могут влиять на конечную выраженность цвета манной крупы.

В среднем за годы исследований общее содержание каротиноидных пигментов варьировало от 545 (1321/19) до 733 Мкг/% (Графит). Достоверно превысили стандарт по этому признаку сорта Графит (733 Мкг/%), Янтарина (691 Мкг/%), Солнцедар (711 Мкг/%) и линии 971/19 (693 Мкг/%) и 1147/19 (711 Мкг/%) ($НСР_{05} = 76,4$ Мкг/%).

В результате проведенного корреляционного анализа было установлено, что признак «содержание каротиноидных пигментов» положительно коррелирует с индексом цвета зерна ($r = 0,21 \pm 0,18$), с индексом цвета круп-

ки ($r = 0,41 \pm 0,17$), с индексом цвета макарон ($r = 0,53 \pm 0,16$) и с визуальной оценкой макарон ($r = 0,55 \pm 0,16$).

В странах Европейского Союза в процессе селекции твердой пшеницы индексу цвета зерна «b» твердой пшеницы уделяют большое внимание и предъявляют определенные требования, согласно которым этот индекс для зерна должен быть >22 единиц прибора Konica Minolta. Индекс цвета «b» характеризует востребованный на рынке желтовато-золотистый цвет зерна и в определенной мере коррелирует с его технологическим качеством. В нашей стране ученые установили, что индекс цвета зерна является основным лимитирующим показателем при интегральной оценке качества исследуемых сортов (Васенев и др., 2019).

В условиях южной зоны Ростовской области изучаемые сорта и перспективные линии озимой твердой пшеницы превысили требования, предъявляемые к европейским сортам. Значения данного признака варьировали от 22,56 единицы прибора (Алмаз Дона) до 25,41 единицы прибора (Каротинка), что свидетельствует о высоких цветовых характеристиках зерна. Достоверно превысили стандарт по этому признаку сорта Хризолит (25,04 единицы прибора) и Каротинка (25,41 единицы прибора), которые характеризовались максимальной выраженностью индекса цвета зерна «b».

Значения индекса цвета крупки «b» варьировали от 27,59 единицы прибора (Юбилярка) до 41,29 единицы прибора (971/19). Достоверно превысили стандарт по этому признаку ($НСР_{05} = 3,2$ единицы прибора) новые сорта: Придонье (36,79 единицы прибора), Графит (36,33 единицы прибора), Каротинка (34,94 единицы прибора) и перспективные линии: 951/18 (34,70 единицы прибора), 971/19 (41,29 единицы прибора) и 1147/19 (38,08 единицы прибора).

Корреляционный анализ позволил установить, что индекс цвета «b» крупки положительно коррелировал с индексом цвета «b» макарон ($r = 0,77 \pm 0,12$) и с визуальной оценкой цвета макарон ($r = 0,46 \pm 0,17$).

Выраженность индекса цвета «b» готовых макаронных изделий озимой твердой пшеницы изменялась от 31,75 единицы прибора (Юбилярка) до 42,43 единицы прибора (971/19).

Достоверно превысили стандарт ($НСР_{05} = 2,0$ единицы прибора) по этому признаку почти все изучаемые сорта и линии, исключение составили Диона (33,48 единицы прибора), Юбилярка (31,75 единицы прибора), Эллада (33,43 единицы прибора) и линия 1037/17 (33,54 единицы прибора) (табл. 3).

Таблица 3. Выраженность цветовых характеристик зерна, крупки и макаронных изделий сортов и линий озимой твердой пшеницы (2020–2022 гг.)
Table 3. The severity of color characteristics of grain, semolina and pasta of winter durum wheat varieties and lines (2020–2022)

Сорт/линия	Индекс цвета «b» зерна, единицы прибора	Индекс цвета «b» крупки, единицы прибора	Индекс цвета «b» макарон, единицы прибора	Цвет макарон (глазомерная оценка), балл
Кристелла, st	24,61	31,46	32,09	3,8
Диона	23,59	30,54	33,48	4,0
Яхонт	22,75	29,84	35,16	4,8
Юбиларка	22,96	27,59	31,75	3,7
Янтарина	23,43	28,48	34,87	4,0
Услава	24,17	30,15	34,48	4,7
Лакомка	23,88	30,93	34,77	5,0
Динас	23,44	28,19	35,83	4,3
Солнцедар	23,29	31,47	37,38	5,0
Алмаз Дона	22,56	31,45	36,94	4,8
Эллада	22,81	29,07	33,43	4,3
Хризолит	25,04	34,30	35,47	4,7
Придонье	24,00	36,79	38,86	4,8
461/16	23,49	27,96	35,80	4,3
483/17	23,52	30,22	35,63	4,5
1037/17	22,68	31,82	33,54	3,7
561/18	23,60	34,20	35,09	4,7
Каротинка	25,41	34,94	38,59	5,0
951/18	24,35	34,70	36,77	4,2
969/18	23,35	33,78	34,35	4,0
536/19	23,14	31,64	36,99	4,5
953/19	23,02	35,61	38,97	4,8
971/19	24,30	41,29	42,43	4,8
1174/19	24,56	33,67	35,96	4,0
1147/19	23,96	38,09	40,57	5,0
Графит	24,59	36,33	41,56	5,0
1264/19	23,48	32,56	37,86	4,5
1273/19	23,73	31,16	35,97	4,0
1321/19	23,85	31,10	36,20	4,7
НСР ₀₅	0,7	3,2	2,0	0,6

Максимальной выраженностью признака «индекс цвета b макарон» характеризовались сорт Графит (41,56 единицы прибора) и линии 971/17 (42,43 единицы прибора), 1147/19 (40,57 единицы прибора).

Визуальная оценка цвета макаронных изделий широко применяется в селекционной практике при оценивании цвета готовых сухих изделий, однако она весьма субъективна и зависит от опыта исследователя, оценивающего материал. Значения цвета изучаемых сортов варьировали от 3,8 до 5 баллов. Достоверно превысили стандарт (НСР₀₅ = 0,6 балла) сорта Лакомка (5 баллов), Услава (4,7 балла), Солнцедар (5 баллов), Алмаз Дона (4,8 балла), Хризолит (4,7 балла), Придонье (4,8 балла), Графит (5 баллов), Каротинка (5 баллов) и линии 483/17 (4,5 балла), 561/18 (4,7 балла), 536/19 (4,5 балла), 953/19 (5 баллов), 971/19 (5 баллов), 1147/19 (5 баллов), 1264/19 (4,5 балла) и 1321/19 (4,7 балла).

В результате проведенного корреляционного анализа выявлена достоверная положительная средняя взаимосвязь между визуальной оценкой цвета макарон и индексом цвета b макарон ($r = 0,69^* \pm 0,14$).

Выводы. Проведенные исследования позволили установить, что цвет крупки и готовых макаронных изделий в значительной степени зависит от генотипа. На формирование общей стекловидности зерна, определяемый с помощью Konica Minolta, основное влияние оказывают условия выращивания. Выраженность признака «содержание каротиноидных пигментов» зависит и от генотипа, и от года исследований, и от взаимодействия этих факторов.

Рекомендуем расширение производственных посевов сортов озимой твердой пшеницы Графит и Каротинка. Особенно хочется выделить новый сорт Графит, который выделился по стекловидности зерна (94 %), содержанию каротиноидных пигментов (733 Мкг/%), цвету зерна «b» (24,59), крупы «b» (36,33) и макаронных изделий «b» (41,56).

Перспективные линии 971/19 и 1147/19 и сорт Солнцедар рекомендуем использовать в селекционном процессе в качестве источников высоких цветовых характеристик зерна, крупы и макаронных изделий.

Библиографические ссылки.

1. Васенев И.И., Бесалиев И.Н., Мальчиков П.Н., Шутарева Г.И., Джанчаров Т.М., Морев Д.В., Ярославцев А.М., Курашов М.Ю. Анализ лимитирующих агроэкологических факторов урожайности и качества твердой пшеницы в засушливых условиях // Достижения науки и техники АПК. 2019. Т. 33, № 12. С. 30–37. DOI: 10.24411/0235-2451-2019-11206
2. Коваленко С.А., Кадушкина В.П., Бирюкова О.В. Стекловидность зерна яровой твердой пшеницы в условиях севера Ростовской области // Зернобобовые и крупяные культуры. 2021. № 1(37). С. 99–104. DOI: 10.24412/2309-348X-2021-1-99-104
3. Кравченко Н.С., Самофалова Н.Е., Олдырева И.М., Макарова Т.С. Характеристика сортов озимой твердой пшеницы по качеству зерна и макаронным свойствам // Зерновое хозяйство России. 2020. № 3(69). С. 26–31. DOI: 10.31367/2079-8725-2020-69-3-26-31
4. Мальчиков П.Н., Мясникова М.Г. Содержание желтых пигментов в зерне твердой пшеницы (*triticum durum* desf.): биосинтез, генетический контроль, маркерная селекция // Вавиловский журнал генетики и селекции. 2020. Т. 24, № 5. С. 501–511. DOI: 10.18699/VJ20.642
5. Мальчиков П.Н., Мясникова М.Г., Чахеева Т.В. Стекловидность зерна твердой пшеницы в связи с селекцией в Среднем Поволжье // Вестник Казанского государственного аграрного университета. 2021. Т. 16, № 4(64). С. 30–36. DOI: 10.12737/2073-0462-2022-30-36
6. Самофалова Н.Е., Иличкина Н.П., Безуглая Т.С., Кравченко Н.С., Иванисова А.С., Кабанова Н.В., Дубинина О.А. Соприженность признаков качества зерна, крупки и макарон у пшеницы твердой озимой // Зерновое хозяйство России. 2022. Т. 14, № 4. С. 62–69. DOI: 10.31367/2079-8725-2022-82-4-62-69
7. Сухарев А.А., Овсянникова Г.В. Сроки внесения аммиачной селитры при возделывании мягкой озимой пшеницы Краса Дона в южной зоне Ростовской области // Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2020. Т. 21, № 6. С. 743–751. DOI: 10.30766/2072-9081.2020.21.6.743-751
8. Boussakouran A., El Mohamed Y., El Hassan S., Taghouti M., Rharrabti Y. Quality attributes associated with breeding progress in Moroccan durum wheat released between 1984 and 2007 // Genetic Resources and Crop Evolution. 2023. Vol. 70, P. 815–824. DOI: 10.1007/s10722-022-01464-w
9. Digesù A. M., Platani C., Cattivelli L., Mangini G., Blanco A. Genetic variability in yellow pigment components in cultivated and wild tetraploid wheats // Journal of Cereal Science. 2009. Vol. 50(2), P. 210–218. DOI: 10.1016/j.jcs.2009.05.002
10. Ficco D.B.M., Mastrangelo A.M., Trono D., Borrelli G.M., De Vita P., Fares C., Beleggia R., Platani C., Papa R. The colours of durum wheat: A review // Crop. Pasture Science. 2014. Vol. 65, P. 1–15. DOI: 10.1071/CP13293
11. Fu B.X., Wang K., Dupuis B., Taylor D., Nam S. Kernel vitreousness and protein content: Relationship, interaction and synergistic effects on durum wheat quality // Journal of Cereal Science. 2018. Vol. 79, P. 210–217. DOI: 10.1016/j.jcs.2017.09.003
12. Kaplan Evlice, A. The effect of durum wheat genotypes on cooking quality of pasta // Eur Food Res Technol. 2022. Vol. 248, P. 815–824. DOI: 10.1007/s00217-021-03899-4
13. Magallanes-López A. M., Ammar K., Morales-Dorantes A., González-Santoyo H., Crossa J., Guzmán C. Grain quality traits of commercial durum wheat varieties and their relationships with drought stress and glutenins composition // Journal of Cereal Science. 2017. Vol. 75, P. 1–9. DOI: 10.1016/j.jcs.2017.03.005
14. Schulthess A., Matus I., Schwember A. R. Genotypic and environmental factors and their interactions determine semolina color of elite genotypes of durum wheat (*Triticum turgidum* L. var. durum) grown in different environments of Chile // Field Crops Research. 2013. Vol. 149, P. 234–244. DOI: 10.1016/j.fcr.2013.05.001
15. Sieber A.-N., Würschum T., Friedrich H. C. Longin Vitreosity, its stability and relationship to protein content in durum wheat // Journal of Cereal Science. 2015. Vol. 61, P. 71–77. DOI: 10.1016/j.jcs.2014.10.008
16. Tabbita F., Ortiz-Monasterio I., Piñera-Chavez F. J., Ibba M. I., Guzmán C. On-farm assessment of yield and quality traits in durum wheat // Science of Food and agriculture. 2023. Vol. 103(10), DOI: 10.1002/jsfa.12580

References

1. Vasenev I.I., Besaliev I.N., Mal'chikov P.N., Shutareva G.I., Dzhancharov T.M., Morev D.V., Yaroslavtsev A.M., Kurashov M.Yu. Analiz limitiruyushchikh agroekologicheskikh faktorov urozhainosti i kachestva tverdoi pshenitsy v zasushlivykh usloviyakh [Analysis of limiting agroecological factors of productivity and quality of durum wheat in arid conditions] // Dostizheniya nauki i tekhniki APK. 2019. T. 33, № 12. S. 30–37. DOI: 10.24411/0235-2451-2019-11206
2. Kovalenko S.A., Kadushkina V.P., Biryukova O.V. Steklovost' zerna yarovoi tverdoi pshenitsy v usloviyakh severa Rostovskoi oblasti [Spring durum wheat grain hardness in the north of the Rostov region] // Zernobobovye i krupyanye kul'tury. 2021. № 1(37). S. 99–104. DOI: 10.24412/2309-348X-2021-1-99-104
3. Kravchenko N. S., Samofalova N. E., Oldyreva I. M., Makarova T. S. Kharakteristika sortov ozimoi tverdoi pshenitsy po kachestvu zerna i makaronnym svoystvam [Characteristics of winter durum wheat varieties according to grain quality and pasta properties] // Zernovoe khozyaistvo Rossii. 2020. № 3(69). S. 26–31. DOI: 10.31367/2079-8725-2020-69-3-26-31
4. Mal'chikov P. N., Myasnikova M. G., Soderzhanie zheltykh pigmentov v zerne tverdoi pshenitsy (*triticum durum* desf.): biosintez, geneticheskii kontrol', markernaya selektsiya [Content of yellow pigments in durum wheat grain (*triticum durum* desf.): biosynthesis, genetic control, marker selection] // Vavilovskii zhurnal genetiki i selektsii. 2020. T. 24, № 5. S. 501–511. DOI: 10.18699/VJ20.642

5. Mal'chikov P.N., Myasnikova M.G., Chakheeva T.V. Steklovidnost' zerna tverdoi pshenitsy v svyazi s selektsiei v Srednem Povolzh'e [Durum wheat grain hardness in connection with breeding in the Middle Volga region] // Vestnik Kazanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2021. T. 16, № 4 (64). S. 30–36. DOI: 10.12737/2073-0462-2022-30-36
6. Samofalova N.E., Ilichkina N.P., Bezuglaya T.S., Kravchenko N.S., Ivanisova A.S., Kabanova N.V., Dubinina O.A. Sopryazhennost' priznakov kachestva zerna, krupki i makaron u pshenitsy tverdoi ozimoi [Conjugation of quality traits of grain, semolina, and pasta in winter durum wheat] // Zernovoe khozyaistvo Rossii. 2022. T. 14, № 4. S. 62–69. DOI: 10.31367/2079-8725-2022-82-4-62-69
7. Sukharev A.A., Ovsyannikova G.V. Sroki vneseniya ammiachnoi selitry pri vozdeleyvanii myagkoi ozimoi pshenitsy Krasa Dona v yuzhnoi zone Rostovskoi oblasti [Dates of application of ammonium nitrate when cultivating winter common wheat 'Krasa Dona' in the southern part of the Rostov region] // Agrarnaya nauka Evro-Severo-Vostoka. 2020. T. 21, № 6. S. 743–751. DOI: 10.30766/2072-9081.2020.21.6.743-751
8. Boussakouran A., El Mohamed Y., El Hassan S., Taghouti M., Rharrabti Y. Quality attributes associated with breeding progress in Moroccan durum wheat released between 1984 and 2007 // Genetic Resources and Crop Evolution. 2023. Vol. 70, P. 815–824. DOI: 10.1007/s10722-022-01464-v
9. Digesù A. M., Platani C., Cattivelli L., Mangini G., Blanco A. Genetic variability in yellow pigment components in cultivated and wild tetraploid wheats // Journal of Cereal Science. 2009. Vol. 50(2), P. 210–218. DOI: 10.1016/j.jcs.2009.05.002
10. Ficco D.B.M., Mastrangelo A.M., Trono D., Borrelli G.M., De Vita P., Fares C., Beleggia R., Platani C., Papa R. The colours of durum wheat: A review // Crop. Pasture Science. 2014. Vol. 65, P. 1–15. DOI: 10.1071/CP13293
11. Fu B.X., Wang K., Dupuis B., Taylor D., Nam S. Kernel vitreousness and protein content: Relationship, interaction and synergistic effects on durum wheat quality // Journal of Cereal Science. 2018. Vol. 79, P. 210–217. DOI: 10.1016/j.jcs.2017.09.003
12. Kaplan Evlice A. The effect of durum wheat genotypes on cooking quality of pasta // Eur Food Res Technol. 2022. Vol. 248, P. 815–824. DOI: 10.1007/s00217-021-03899-4
13. Magallanes-López A. M., Ammar K., Morales-Dorantes A., González-Santoyo H., Crossa J., Guzmán C. Grain quality traits of commercial durum wheat varieties and their relationships with drought stress and glutenins composition // Journal of Cereal Science. 2017. Vol. 75, P. 1–9. DOI: 10.1016/j.jcs.2017.03.005
14. Schulthess A., Matus I., Schwember A. R. Genotypic and environmental factors and their interactions determine semolina color of elite genotypes of durum wheat (*Triticum turgidum* L. var. durum) grown in different environments of Chile // Field Crops Research. 2013. Vol. 149, P. 234–244. DOI: 10.1016/j.fcr.2013.05.001
15. Sieber A.-N., Würschum T., Friedrich H. C. Longin Vitreosity, its stability and relationship to protein content in durum wheat // Journal of Cereal Science. 2015. Vol. 61, P. 71–77. DOI: 10.1016/j.jcs.2014.10.008
16. Tabbita F., Ortiz-Monasterio I., Piñera-Chavez F. J., Ibba M. I., Guzmán C. On-farm assessment of yield and quality traits in durum wheat // Science of Food and agriculture. 2023. Vol. 103(10), DOI: 10.1002/jsfa.12580

Поступила: 27.11.23; доработана после рецензирования: 05.02.24; принята к публикации: 05.02.24.

Критерии авторства. Авторы статьи подтверждают, что имеют на статью равные права и несут равную ответственность за плагиат.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Авторский вклад. Кравченко Н.С., Костыленко Н.С. – концептуализация исследования, подготовка опыта; Игнатьева Н.Г., Иванисова А.С. – выполнение полевых/лабораторных опытов и сбор данных, анализ данных и их интерпретация; Кравченко Н.С. – подготовка рукописи.

Все авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.

УДК 633.358:58.087:631.527

DOI: 10.31367/2079-8725-2024-90-1-41-47

НОВЫЙ СОРТ ГОРОХА ПОСЕВНОГО КРАСНОУФИМСКИЙ 20

Л. И. Лихачева, старший научный сотрудник лаборатории селекции и первичного семеноводства зернобобовых культур, selektsiya@bk.ru, ORCID ID: 0000-0001-9161-1496;

А. В. Москалев, научный сотрудник лаборатории селекции и первичного семеноводства зернобобовых культур, almos10@yandex.ru, ORCID ID: 0000-0002-5559-2635;

Н. В. Лихачева, научный сотрудник лаборатории селекции и первичного семеноводства зернобобовых культур, nata.lihachiova2012@yandex.ru, ORCID ID: 0000-0001-5681-2487;

Н. Н. Матолинец, кандидат сельскохозяйственных наук, заведующий лабораторией селекции и первичного семеноводства зернобобовых культур, matolinet-nikolay@mail.ru, ORCID ID: 0009-0003-1074-8792

ФГБНУ УрФАНИЦ УрО РАН,

620061, г. Екатеринбург, пос. Исток, ул. Главная, д. 21; e-mail: info@urfanic.ru

Работа по выведению нового сорта гороха посевного Красноуфимский 20 была начата в 2008 г. на опытных полях Красноуфимского селекционного центра Уральского НИИСХ – филиал ФГБНУ УрФАНИЦ УрО РАН. Цель исследований заключалась в создании высокоурожайного сорта гороха, устойчивого к негативным условиям среды, устойчивого к болезням и вредителям, обладающего неполегающим стеблестоем и неосыпающимися семенами. Наибольшее превышение урожайности сорта Красноуфимский 20 к стандарту наблюдалось в 2017, 2019, 2021 и 2022 гг. (от 11 % до 62 %). В среднем Красноуфимский 20 дал достоверное превышение над стандартом на 0,26 т/га. Красноуфимскому 20 требуются для получения стабильного урожая погодные условия в диапазоне ГТК 1,0–2,1. Но независимо от факторов среды, и в благоприятных условиях, и в период переувлажнения или засухи сорт Красноуфимский 20 превышает стандарт на 0,03–0,83 т/га. Красноуфимский 20 созревает на 1–3 дня раньше стандарта. Имеет большее количество бобов и семян на растении (на 0,2 и 1,5 шт. соответственно). Красноуфимский 20 имеет большую продуктивность семян с растения (2,3 г). Аскохитозом и корневыми гнилями поражается на уровне стандарта, повреждение плодояжкой меньше стандарта. Новый сорт Красноуфимский 20 превосходит стандартный сорт Красноуфимский 11 и другие сорта местной селекции по показателям адаптивности. В 2023 г. было принято решение о включении нового сорта гороха посевного Красноуфимский 20 в Государственный реестр селекционных достижений, допущенных к использованию по следующим регионам: Волго-Вятский, Северо-Кавказский, Уральский, Западно-Сибирский.

Ключевые слова: сорт, горох (*Pisum sativum* L.), урожайность, адаптивность, сортоиспытание.

Для цитирования: Лихачева Л. И., Москалев А. В., Лихачева Н. В., Матолинец Н. Н. Новый сорт гороха посевного Красноуфимский 20 // Зерновое хозяйство России. 2024. Т. 16, № 1. С. 41–47. DOI: 10.31367/2079-8725-2024-90-1-41-47.



A NEW PEA VARIETY 'KRASNOUFIMSKY 20'

L. I. Likhacheva, senior researcher of the laboratory for the legumes breeding and primary seed production, selektsiya@bk.ru, ORCID ID: 0000-0001-9161-1496;

A. V. Moskalev, researcher of the laboratory for the legumes breeding and primary seed production, almos10@yandex.ru, ORCID ID: 0000-0002-5559-2635;

N. V. Likhacheva, researcher of the laboratory for the legumes breeding and primary seed production, nata.lihachiova2012@yandex.ru, ORCID ID: 0000-0001-5681-2487;

N. N. Matolinet, Candidate of Agricultural Sciences, head of the laboratory for the legumes breeding and primary seed production, matolinet-nikolay@mail.ru, ORCID ID: 0009-0003-1074-8792

FSBSI UrFARC UrO RAS,

620061, Ekaterinburg, v. of Istok, Glavnaya Str., 21; e-mail: info@urfanic.ru

Work on developing a new pea variety 'Krasnoufimsky 20' began in 2008 on the experimental fields of the Krasnoufimsky breeding center of the Ural Research Institute of Agriculture, a branch of the FSBSI UrFARC UrO RAS. The purpose of the current study was to develop a highly productive pea variety that is resistant to negative environmental conditions, resistant to diseases and pests, and has a non-lodging stem and non-shedding seeds. The greatest productivity excess of the variety 'Krasnoufimsky 20' compared to the standard was observed in 2017, 2019, 2021 and 2022 (from 11 % to 62 %). On average, 'Krasnoufimsky 20' gave a significant excess over the standard by 0.26 t/ha. The variety 'Krasnoufimsky 20' requires weather conditions in the HTC range of 1.0–2.1 to obtain stable productivity. But regardless of environmental factors, both in favorable conditions and during periods of waterlogging or drought, the variety 'Krasnoufimsky 20' exceeded the standard by 0.03–0.83 t/ha. The variety 'Krasnoufimsky 20' ripened 1–3 days earlier than the standard, it has a larger number of beans and seeds per plant (by 0.2 and 1.5 pieces, respectively). The variety 'Krasnoufimsky 20' has a high seed productivity per plant (2.3 g). The variety is affected with ascochyta blight and root rot at the standard level, its damage by the codling moth is less than the standard. The new variety 'Krasnoufimsky 20' exceeded the standard variety Krasnoufimsky 11 and other varieties of local breeding according to adaptability. In 2023, it was decided to include the new pea variety 'Krasnoufimsky 20' in the State List of Breeding Achievements approved for use in the regions of Volga-Vyatka, North Caucasus, Ural, West Siberian.

Keywords: variety, peas (*Pisum sativum* L.), productivity, adaptability, variety testing.

Введение. Горох является важнейшей зернобобовой культурой из выращиваемых на Среднем Урале. Он обладает целым рядом достоинств: повышение плодородия почвы, источник высококачественного и натурально-го растительного белка, высокая пищевая, кормовая и продовольственная ценность (Зотилов и др., 2018; Сидорова и др., 2015).

Горох один из лучших предшественников для яровых и других сельскохозяйственных культур. Возделывается в различных почвенно-климатических регионах Российской Федерации. В 2023 г. посевные площади занимали 1 899,6 тыс. га и за 10 лет увеличились на 95,3 % (на 641,1 тыс. га). Наибольшее количество посевных площадей под горохом сосредоточено на территориях Ставропольского края, Омской области, Новосибирской области, Алтайского края и Ростовской области. И в мире ареал выращивания гороха постоянно растет, в настоящее время он выращивается почти в 100 странах мира, среди которых лидируют Канада, ЕС, Россия, США и Китай (сайт Федеральной службы государственной статистики, 2023).

Главное хозяйственное значение гороха определяется разнообразием его использования и уникальностью биохимического состава. Поэтому необходимо вести работу по повышению его урожайности и увеличению валовых сборов зерна и белка. Для этого необходимо создавать новые сорта, наиболее приспособленные к неблагоприятным условиям внешней среды и дающие наиболее высокие и стабильные урожаи зерна (Неустроев и Бардеев, 2020; Лысенко и др., 2017; Пислегина и Четвертных, 2018).

В производстве гороха раньше преобладали листовочные сорта, что приводило к потерям урожая при полегании растений и осыпанию семян при уборке. Соответственно, из-за уборки двухфазным способом требовались большие затраты. Поэтому в современной селекции идет ориентация на сорта с усатым типом листа и неосыпающимися семенами, что позволяет повысить технологичность культуры и снизить потери урожая (Омельянюк и др., 2021; Филатова, 2020).

Материалы и методы исследований.

Исследования по селекции нового сорта проводили в 2008–2020 гг. на полях Красноуфимского селекционного центра ФГБНУ УрФАНИЦ УрО РАН в рамках научно-исследовательской работы № 150: Фундаментальные основы управления селекционным процессом создания новых генотипов растений с высокими хозяйственно ценными признаками продуктивности, устойчивости к био- и абиострессорам по теме 0772-2014-0011: Создать новый селекционный материал гороха, сочетающий высокую потенциальную продуктивность, устойчивость к основным болезням и технологичность при уборке.

Цели исследования: создание высокоурожайного сорта гороха, устойчивого к негатив-

ным условиям среды, устойчивого к болезням и вредителям, обладающего неполегающим стеблестоем и неосыпающимися семенами.

Селекционные посевы гороха размещали в десятипольном севообороте отдела селекции Красноуфимского селекционного центра. Предшественник – пшеница. Почва – серая лесная. Поля севооборота имели следующие агрохимические показатели: pH (ГОСТ 26483-85) – 5,36, гидролитическая кислотность (ГОСТ 26212-2021) – 3,83 мг-экв/100г почвы, содержание гумуса (ГОСТ 26213-2021) – 4,4%, легкогидролизующего азота (по Корнфилду) – 140,1 мг/кг почвы, обменного калия (ГОСТ 54650-2011) – 131,5 мг/кг почвы, фосфора (ГОСТ 54650-2011) – 162,5 мг/кг почвы.

Закладку и уборку опытов проводили ручным и механизированным способами в зависимости от этапа селекционной работы: сеялки ССФК-7 и СС-11; комбайны «Неге-125» и Wintersteiger «Classic». Учет урожая проводили путем взвешивания зерна со всей делянки. Для снопового анализа брали 25 растений с каждой делянки. Математическая обработка данных – в программе Excel и надстройке AgStat, дисперсионный анализ – по Б.А. Доспехову (2014). Содержание протеина определяли по Кьельдалю, разваримость – методом А.В. Соснина.

Генетическую гибкость определяли по формуле А.А. Rossille, J. Hamblin, по А. А. Гончаренко (Гончаренко, 2005):

$$\left(\frac{X_{min} - X_{max}}{2} \right).$$

Гомеостатичность, селекционная ценность – по методу В.В. Хангильдина (Хангильдин и Бирюков, 1986):

селекционная ценность:

$$СЦГ = X \times \left(\frac{X_{min}}{X_{max}} \right),$$

гомеостатичность:

$$Hom = \frac{x^2}{\delta \times (X_{max} - X_{min})},$$

где X – среднее значение массы 1000 семян; X_{max} – максимальное значение за годы испытания; X_{min} – минимальное значение за годы испытания; δ – стандартное отклонение.

Анализ на пластичность проводили по методике S.A. Eberhart, W. A. Russell в изложении В.З. Прокудина и Л.М. Лопатиной (1984).

Создание и размножение сорта Красноуфимский 20 происходило в различных погодноклиматических условиях – от острожасушливых до переувлажненных (рис. 1). Наиболее благоприятными для сорта Красноуфимский 20 были 2019, 2020, 2022 и 2023 годы. Урожайность в эти годы составляла более 3,0 т/га. Данный период отличался теплой погодой (на 2–3 °C выше среднегодовой) и достаточным увлажнением (от 150 до 200 мм осадков за вегетацию). Наихудшими по урожайности годами были 2015, 2017 и 2021. В 2015 и 2017 гг. потери уро-

жая произошли из-за чрезмерного выпадения осадков (более 290 мм за вегетацию), а в 2021 г. была сильная засуха (127 мм за вегетацию)

при температуре на 3 °С выше среднегодовой.

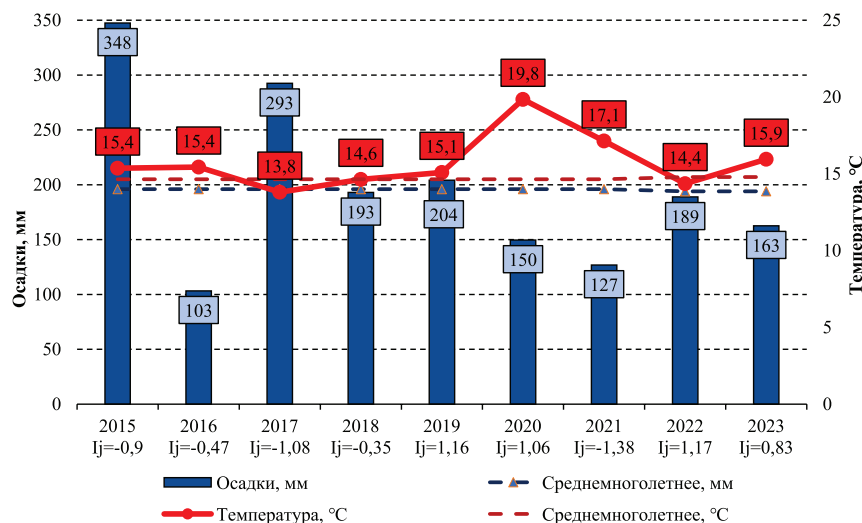


Рис. 1. Погодные условия за годы испытания
Fig. 1. Weather conditions during the years of trial

Для получения стабильного урожая гороха Красноуфимский 20 требуются погодные условия в диапазоне ГТК от 1,0 до 2,1 (рис. 2).

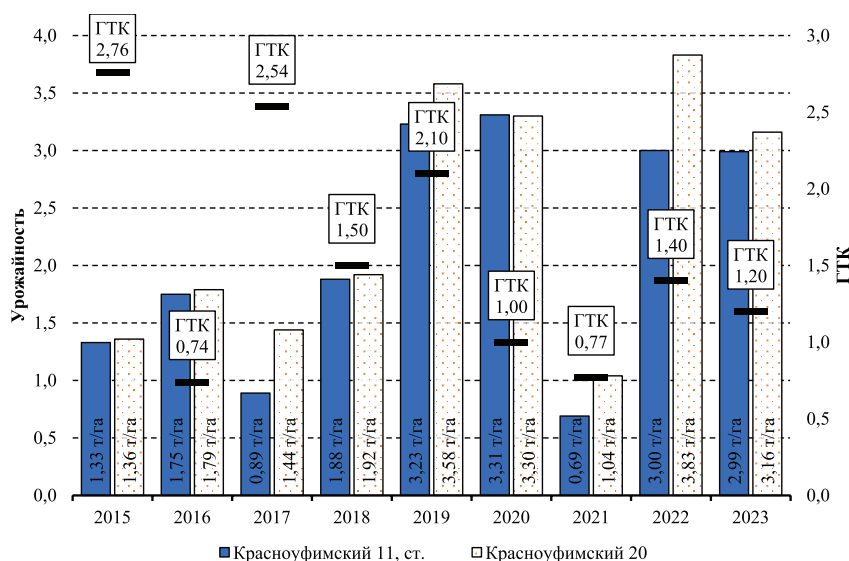


Рис. 2. Урожайность сорта Красноуфимский 20 по годам в сравнении со стандартом
Fig. 2. Productivity of the variety 'Krasnoufimsky 20' through the years in comparison with the standard

Результаты и их обсуждение. Красноуфимский 20 – короткостебельный усатый горох (var. cirrosum), отличается высоким уровнем урожайности.

Сорт создан методом гибридизации с последующим индивидуальным отбором из гибридной популяции. В качестве материнской формы был взят сорт Rondo (Нидерланды) –

листочковый горох с сизыми обычными семенами. В качестве отцовской формы взят сорт Красноуфимский 11 – короткостебельный усатый горох, высокоурожайный, с неосыпающимися семенами. Скрещивание было проведено в 2008 г., в 2015–2020 гг. сорт изучался в питомнике конкурсного испытания (табл. 1).

Таблица 1. Этапы создания сорта гороха Красноуфимский 20
Table 1. Stages of development of the pea variety 'Krasnoufimsky 20'

Годы	Селекционный этап	Описание работ
2008	F ₀	гибридизация [Rondo × Красноуфимский 11]
2009	F ₁ – F ₂	ручной посев, размножение
2010	F ₃	изучение, отбор элитных растений

Продолжение табл. 1

Годы	Селекционный этап	Описание работ
2011	СП-I	выделение чистой линии из элитного растения
2012	СП-II	изучение по устойчивости к полеганию, к осыпанию
2013–2014	КП, ПИ	изучение по устойчивости к полеганию, к осыпанию, вредителям и болезням, урожайности, качеству зерна
2015–2020	КСИ	изучение по устойчивости к полеганию, к осыпанию, вредителям и болезням, урожайности, качеству зерна, передача на ГСИ
2021–2022	ГСИ	государственное сортоиспытание нового сорта
2023	ГСИ	включение в Государственный реестр селекционных достижений, допущенных к использованию по регионам: Волго-Вятский (4), Северо-Кавказский (6), Уральский (9), Западно-Сибирский (10)

В 2021 г. Красноуфимский 20 был передан на государственное сортоиспытание по 4, 6, 9, 10 регионам.

В 2023 г. включен в Государственный реестр селекционных достижений, допущенных к использованию по Волго-Вятскому (4), Северо-Кавказскому (6), Уральскому (9), Западно-Сибирскому (10) регионам (рис. 3).

Красноуфимский 20 (рис. 4) имеет стебель обычной формы, зеленый, без опушения, высо-

той 30–70 см. Общее число междоузлий 13–16, до первого соцветия – 8–11. Лист усатый, усиков много, прилистники полусердцевидные, у основания край зубчатый, зеленый, пазушного пятна нет. Соцветие – двухцветковая пазушная кисть. Цветонос длинный, зеленый. Цветки белые, средней крупности, лодочка обыкновенная.

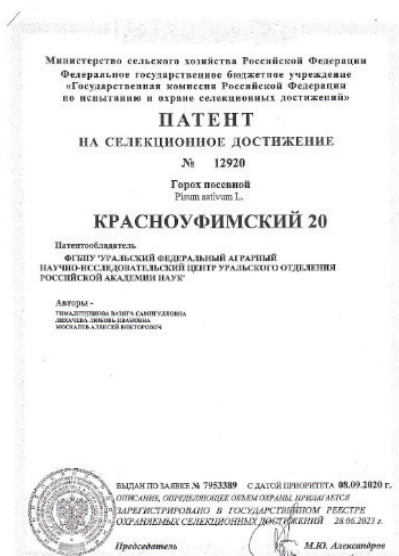


Рис. 3. Патент
Fig. 3. Patent



Рис. 4. Растение гороха Красноуфимский 20
Fig. 4. Pea plant 'Krasnoufimsky 20'

Бобы луцильного типа с сильно развитым пергаментным слоем, слабо изогнутой формы с тупой верхушкой. Среднее число бобов на растении 4–5 (максимальное – 9), семян в бобе – 5 (максимальное – 7). Семена по размеру средние, округлые, светло-розовые, гладкие, матовые, с шиповидным образованием, представляющим собой остаток семяножки. Масса 1000 семян 140–212 г, в среднем 186 г. Содержание белка 17–24 %. Разваримость и вкусовые качества хорошие. Максимальная урожайность получена в 2023 г. на производственных посевах Красноуфимского селекционного центра (66 га) – 3,9 т/га.

Среднеспелый, созревает за 67–87 суток. Меньше поражается аскохитозом и корневыми гнилями, чем стандартный сорт.

Видоизмененные листья (многочисленные хорошо развитые усики), укороченные междоузлия и относительно толстый стебель обуславливают высокую устойчивость растений к полеганию, а сросшаяся с семенем семяножка – высокую устойчивость семян к осыпанию.

Как в благоприятных условиях, так и в период переувлажнения или засухи сорт Красноуфимский 20 дает превышение к стандарту от 0,03 до 0,83 т/га (табл. 2). Значительное превышение урожайности сорта Красноуфимский 20 к стандарту наблюдалось в 2017, 2019, 2021 и 2022 гг. – от 11 до 62 % от стандарта. В среднем Красноуфимский 20 дал достоверное превышение над стандартом на 0,26 т/га.

Таблица 2. Урожайность сорта Красноуфимский 20 в сравнении со стандартом, т/га (2015–2023 гг.)
Table 2. Productivity of the variety 'Krasnoufimsky 20' in comparison with the standard, t/ha (2015–2023)

Сорт	Урожайность									
	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	Среднее
Красноуфимский 11, st	1,33	1,75	0,89	1,88	3,23	3,31	0,69	3,00	2,99	2,12
Красноуфимский 20	1,36	1,79	1,44	1,92	3,58	3,30	1,04	3,83	3,16	2,38
Отклонение от стандарта	0,03	0,04	0,55	0,04	0,35	-0,01	0,35	0,83	0,17	0,26
НСР ₀₅	0,15	0,20	0,17	0,31	0,31	0,27	0,21	0,80	0,41	0,22

Красноуфимский 20 созревает на 1–3 дня раньше стандарта (табл. 3). Имеет большее количество бобов и семян на растении (на 0,2 и 1,5 шт. соответственно). Красноуфимский 20 имеет большую продуктивность семян с растения (2,3 г). По высоте растения и массе

1000 семян сорт Красноуфимский 20 схож со стандартом. Несмотря на одинаковую массу 1000 семян, Красноуфимский 20 имеет больший процент фракции зерна более 7 мм (26 %) по сравнению со стандартом (9 %).

Таблица 3. Основные показатели элементов продуктивности и качества зерна гороха (среднее за 2015–2023 гг.)
Table 3. Main indicators of the elements of productivity and quality of pea grain (mean in 2015–2023)

Показатели	Красноуфимский 11, st	Красноуфимский 20	± к стандарту
Вегетационный период, дней (min–max)	79 (68–90)	78 (67–87)	–1,0
Длина стебля, см (min–max)	47,6 (29,9–65,8)	47,9 (30,3–71,6)	+0,3
Число бобов на растении, шт. (min–max)	3,3 (1,9–5,0)	3,4 (2,1–4,8)	+0,2
Число семян на растении шт. (min–max)	11 (3,1–18,1)	12,4 (4,6–19,8)	+1,5
Масса семян с растения, г (min–max)	1,9 (0,5–3,5)	2,3 (0,7–3,9)	+0,4
Масса 1000 семян, г (min–max)	180 (144–203)	186 (140–212)	+6,5
Выверненность семян по фракциям, %:			
5 мм	23	14	–9
6 мм	68	60	–8
7 мм	9	26	+17
Содержание белка, % (min–max)	21,9 (19,3–26,5)	20,1 (16,9–24,0)	–1,8
Выход белка с гектара, кг/га (min–max)	470 (159–856)	476 (216–860)	+6,3
Аскохитоз, %	8,1	8,5	+0,4
Корневые гнили, %	29,9	31,9	+2,0
Гороховая плодоярка, %	5,4	3,8	–1,6
Устойчивость к полеганию, балл	4,7	4,8	+0,1
Разваримость, мин	90	100	+10
Вкусовые качества, балл	4,5	4,7	+0,2

По содержанию белка сорт Красноуфимский 20 на 1,8 % уступает стандарту Красноуфимский 11 (является ценным по качеству), но за счет большей урожайности имеет сравнимый выход белка с гектара.

Сорт Красноуфимский 20 поражается болезнями на уровне стандарта, меньше повреждается плодояркой и устойчив к полеганию.

Создание нового сорта – результат сложного взаимодействия генотипа и среды, так как их потенциал продуктивности может реализовываться только в конкретных условиях среды (Семенова и др., 2022; Кожухова и др., 2021). Поэтому чтобы оценить адаптивность

сорта к условиям региона, проводили оценку урожайности по таким параметрам, как генетическая гибкость, гомеостатичность, селекционная ценность и пластичность. По результатам анализа на адаптивность Красноуфимский 20 имеет большую в сравнении со стандартом генетическую гибкость (2,44), наименьшую вариацию урожайности ($V = 43\%$) и наибольшие показатели гомеостатичности (Hom) – 2,0, общей адаптивной способности (ОАС) – 0,12 и селекционной ценности (СЦГ) – 1,24 (табл. 4). Красноуфимский 20 имеет по показателю пластичности ($bi = 1,02$) среднюю отзывчивость на условия среды.

Таблица 4. Параметры адаптивности сортов гороха по урожайности (2015–2023 гг.)
Table 4. Adaptability parameters of pea varieties according to productivity (2015–2023)

Сорт	Генетическая гибкость	Коэффициент вариации	Гомеостатичность, Nom	Пластичность, bi	OAC	CAC	СЦГ
Красноуфимский 11, st	2,00	46 %	1,8	0,97	-0,14	1,03	1,02
Красноуфимский 20	2,44	43 %	2,0	1,02	0,12	1,08	1,24
Факел	2,28	45 %	2,0	1,01	0,01	1,08	1,13
Метеор	2,38	44 %	1,7	1,00	0,02	1,07	1,14

По результатам ранжирования видно, что новый сорт Красноуфимский 20 превосходит стандартный сорт Красноуфимский 11 и другие сорта по местной селекции показателям адаптивности (табл. 5).

Таблица 5. Ранжирование показателей по адаптивности (2015–2023 гг.)
Table 5. Ranking of indicators according to adaptability (2015–2023)

Сорта	Генетическая гибкость	Коэффициент вариации	Гомеостатичность, Nom	Пластичность, bi	OAC	CAC	СЦГ	Итоговый ранг
Красноуфимский 11, st	4	4	3	4	4	4	4	4
Красноуфимский 20	1	1	1	1	1	2	1	1
Факел	3	3	2	2	3	1	3	2
Метеор	2	2	4	3	2	3	2	3

Выводы. Красноуфимский 20 – сорт зернового и зернофуражного направления, может использоваться для продовольственных и кормовых целей. Это короткостебельный усатый горох, обладает признаком неосыпаемости, характеризуется высокой устойчивостью к полеганию. Подходит для механизированной уборки. Имеет высокий потенциал продуктивности – на 0,26 т/га выше стандарта.

Аскохитозом и корневыми гнилями поражается на уровне стандарта, повреждение плодородной почвы меньше стандарта.

Включен в 2023 г. в Государственный реестр селекционных достижений, допущенных к использованию по регионам Волго-Вятский (4), Северо-Кавказский (6), Уральский (9), Западно-Сибирский (10).

Библиографические ссылки

1. Гончаренко А.А. Об адаптивности и экологической устойчивости сортов зерновых культур // Вестн. РАСХН. 2005. № 6. С. 49–53.
2. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований): учебник для студ. высш. с.-х. учеб. заведений по агроном. спец. М.: Альянс, 2014. 352 с.
3. Зотиков В.И., Сидоренко В.С., Гряданова Н.В. Развитие производства зернобобовых культур в Российской Федерации // Зернобобовые и крупяные культуры. 2018. № 2(26). С. 4–10. DOI: 10.24411/2309-348X-2018-10008
4. Кожухова Е.В., Орешникова О.П., Новиков В.В. Анализ элементов продуктивности коллекционных образцов гороха // Земледелие. 2021. № 7. С. 44–48. DOI: 10.24412/0044-3913-2021-7-44-48
5. Лысенко А.А., Коробов А.П., Шапошникова Ю.В. Влияние погодных условий на урожайность сортов гороха в условиях Приазовской зоны Ростовской области // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2017. № 3(65). С. 37–40.
6. Неустроев А.Н., Бардеев И.Ф. Оценка коллекции усатых сортов гороха на технологичность в Якутии // Дальневосточный аграрный вестник. 2020. № 4(56). С. 41–47.
7. Омелянюк Л.В., Асанов А.М., Кармазина А.Ю. Доноры признаков структуры стебля в селекции гороха усатого морфотипа для Сибирского региона // Вестник Омского государственного аграрного университета. 2021. № 4(44). С. 25–34. DOI: 10.48136/2222-0364_2021_4_25
8. Пакудин В.З., Лопатина Л.М. Оценка экологической пластичности и стабильности сортов сельскохозяйственных культур // Сельскохозяйственная биология. 1984. № 4. С. 109–113.
9. Пислегина С.С., Четвертных С.А. Урожайность сортов гороха в конкурсном сортоиспытании в условиях Кировской области // Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2018. Т. 67, № 6. С. 58–64. DOI: 10.30766/2072-9081.2018.67.6.58-64
10. Сайт Федеральной службы государственной статистики [Электронный ресурс] <https://rosstat.gov.ru/compendium/document/13277> (дата обращения 02.10.23).

11. Семенова Е.В., Бойко А.П., Новикова Л.Ю., Вишнякова М.А. Фенотипические признаки, определяющие дифференциацию генофонда гороха (*Pisum sativum* L.) по направлениям использования // Вавиловский журнал генетики и селекции. 2022. Т. 26, № 7. С. 599–608. DOI: 10.18699/VJGB-22-74
12. Сидорова К.К., Глянченко М.Н., Мищенко Т.М., Власова Е.Ю., Шумный В.К. Симбиотическая фиксация атмосферного азота у бобовых растений как генетикоселекционный признак // Вавиловский журнал генетики и селекции. 2015. Т. 19, № 1. С. 50–57.
13. Филатова И.А. Факториальные составляющие продуктивности гороха с усатым и листочковым морфотипом // Зерновое хозяйство России. 2020. № 4(70). С. 36–39. DOI: 10.31367/2079-8725-2020-70-4-36-39
14. Хангильдин В.В., Бирюков С.В. Проблема гомеостаза в генетико-селекционных исследованиях // Генетико-цитологические аспекты в селекции с.-х. растений. 1984. № 1. С. 67–76.

References

1. Goncharenko A.A. Ob adaptivnosti i ekologicheskoi ustoichivosti sortov zernovykh kul'tur [On the adaptability and environmental sustainability of grain crop varieties] // Vestn. RASKhN. 2005. № 6. S. 49–53.
2. Dospikhov B.A. Metodika polevogo opyta (s osnovami statisticheskoi obrabotki rezul'tatov issledovaniy) [Methodology of a field trial (with the basics of statistical processing of the study results)]: uchebnik dlya stud. vyssh. s.-kh. ucheb. zavedeniy po agronom. spets. M.: Al'yans 2014. 352 s.
3. Zotikov V.I., Sidorenko V.S., Gryadunova N.V. Razvitiye proizvodstva zernobobovykh kul'tur v Rossiiskoi Federatsii [Development of grain legumes production in the Russian Federation] // Zernobobovye i krupyanye kul'tury. 2018. № 2(26). S. 4–10. DOI: 10.24411/2309-348Kh-2018-10008
4. Kozhukhova E.V., Oreshnikova O.P., Novikov V.V. Analiz elementov produktivnosti kollektsonnykh obraztsov gorokha [Analysis of the yield elements of the collection pea samples] // Zemledelie. 2021. № 7. S. 44–48. DOI: 10.24412/0044-3913-2021-7-44-48
5. Lysenko A.A., Korobov A.P., Shaposhnikova Yu. V. Vliyanie pogodnykh uslovii na urozhainost' sortov gorokha v usloviyakh Priazovskoi zony Rostovskoi oblasti [The effect of weather conditions on productivity of pea varieties in the Pre-Azov area of the Rostov region] // Izvestiya Orenburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2017. № 3 (65). S. 37–40.
6. Neustroev A. N., Bardeev I. F. Otsenka kollektzii usatykh sortov gorokha na tekhnologichnost' v Yakutii [Estimation of a collection of leafless pea varieties for manufacturability in Yakutia] // Dal'nevostochnyi agrarnyi vestnik. 2020. № 4 (56). S. 41–47.
7. Omel'yanyuk L.V., Asanov A.M., Karmazina A.Yu. Donory priznakov struktury steblya v selektsii gorokha usatogo morfotipa dlya Sibirskogo regiona [Donors of stem structure traits in the breeding of leafless peas for the Siberian region] // Vestnik Omskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2021. № 4(44). S. 25–34. DOI: 10.48136/2222-0364_2021_4_25
8. Pakudin V.Z., Lopatina L.M. Otsenka ekologicheskoi plastichnosti i stabil'nosti sortov sel'skokhozyaystvennykh kul'tur [Estimation of environmental adaptability and stability of crop varieties] // Sel'skokhozyaystvennaya biologiya. 1984. № 4. S. 109–113.
9. Pislegina S.S., Chetvertnykh S.A. Urozhainost' sortov gorokha v konkursnom sortoispytanii v usloviyakh Kirovskoi oblasti [Productivity of pea varieties in the competitive variety testing in the Kirov region] // Agrarnaya nauka Evro-Severo-Vostoka. 2018. Т. 67, № 6. S. 58–64. DOI: 10.30766/2072-9081.2018.67.6.58-64
10. Sait Federal'noi sluzhby gosudarstvennoi statistiki [Website of the Federal State Statistics Service] [Elektronnyi resurs] <https://rosstat.gov.ru/compendium/document/13277> (data obrashcheniya 02.10.23).
11. Semenova E.V., Boiko A.P., Novikova L.Yu., Vishnyakova M.A. Fenotipicheskie priznaki, opredelyayushchie differentsiatsiyu genofonda gorokha (*Pisum sativum* L.) po napravleniyam ispol'zovaniya [Phenotypic traits that determine the differentiation of the pea (*Pisum sativum* L.) gene pool according to areas of use] // Vavilovskii zhurnal genetiki i selektsii. 2022. Т. 26, № 7. S. 599–608. DOI: 10.18699/VJGB-22-74
12. Sidorova K.K., Glyanenko M.N., Mishchenko T.M., Vlasova E.Yu., Shumnyi V.K. Simbioticheskaya fiksatsiya atmosfornogo azota u bobovykh rasteniy kak genetikoselektsionnyi priznak [Symbiotic fixation of atmospheric nitrogen in legumes as a genetic breeding trait] // Vavilovskii zhurnal genetiki i selektsii. 2015. Т. 19, № 1. S. 50–57.
13. Filatova I.A. Faktorial'nye sostavlyayushchie produktivnosti gorokha s usatym i listochkovym morfotipom [Factorial components of productivity of peas of leafless and leafy morphotypes] // Zernovoe khozyaystvo Rossii. 2020. № 4(70). S. 36–39. DOI: 10.31367/2079-8725-2020-70-4-36-39.
14. Khangil'din V.V., Biryukov S.V. Problema gomeostaza v genetiko-selektsionnykh issledovaniyakh [The problem of homeostasis in genetic breeding research] // Genetiko-tsitologicheskie aspekty v selektsii s.-kh. rasteniy. 1984. № 1. S. 67–76.

Поступила: 10.01.24; доработана после рецензирования: 08.02.24; принята к публикации: 12.02.24.

Критерии авторства. Авторы статьи подтверждают, что имеют на статью равные права и несут полную ответственность за плагиат.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Авторский вклад. Матолинец Н.Н. – концептуализация исследований; Лихачева Л.И., Москалев А.В. – анализ данных и их интерпретация; Лихачёва Н.В. – выполнение полевых и лабораторных опытов.

Все авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИЗУЧЕНИЯ ПАРАМЕТРОВ АДАПТИВНОСТИ ОЗИМОГО ЯЧМЕНЯ ПО ПРЕДШЕСТВЕННИКАМ

И. М. Засыпкина, аспирант, младший научный сотрудник лаборатории озимого ячменя, irinka_kolosok92@mail.ru, ORCID ID: 0000-0002-1281-5317;

А. А. Донцова, кандидат сельскохозяйственных наук, заведующая отделом селекции и семеноводства ячменя, ведущий научный сотрудник, doncova601@mail.ru, ORCID ID: 0000-0002-6570-4303

ФГБНУ «Аграрный научный центр «Донской»,

347740, Ростовская область, г. Зерноград, ул. Научный городок, д. 3; e-mail: vniizk30@mail.ru

Создание и широкое распространение в производстве новых адаптивных сортов – перспективный и экологически безопасный путь развития сельского хозяйства. Новый, более современный, высокопродуктивный сорт обеспечивает рост урожайности, устойчивость посевов к стрессовым факторам, способствует лучшему использованию природных и антропогенных ресурсов. Ведущим направлением в селекции на ближайшую перспективу должно стать не создание сортов вообще, приспособленных к условиям произрастания, а создание сортов, приспособленных к лимитирующим стресс- факторам окружающей среды конкретного региона, адаптивных к вызовам природы. Влияние на урожайность, помимо характеристик сорта и условий внешней среды, оказывает и предшествующая севу культура. Отбор в одних условиях может не раскрывать потенциал генотипа в других, что делает актуальным получение информации на различных средах произрастания сортов на ранних этапах селекции. Цель исследований – определение адаптивных свойств перспективных сортов и линий озимого ячменя по различным предшественникам. Проводили исследования с 2021 по 2023 г. по оценке параметров адаптивности 20 сортов и линий озимого ячменя селекции ФГБНУ «АНЦ «Донской» по различным предшественникам (черный пар, горох, подсолнечник, озимая пшеница). Для определения показателей гомеостатичности (Hom) и селекционной ценности (Sc), стрессоустойчивости ($Y_{min}-Y_{max}$) и генетической гибкости $((Y_{max}+Y_{min})/2)$, коэффициента отзывчивости на благоприятные условия выращивания (K_p) и показателя уровня стабильности сорта (ПУСС) использовали методики В.В. Хангильдина и Н.А. Литвиненко (1981), А.А. Rosielle и J. Hamblina в изложении А.А. Гончаренко (2005), В.А. Зыкина (2005), Э.Д. Неттевича (2001). По всем предшественникам были выявлены сорта, отличающиеся высокими параметрами экологической пластичности и стабильности. К стрессоустойчивым генотипам относятся линии Параллелум 2016 и Параллелум 2017 ($Y_{min}-Y_{max} = 1,2, 1,1$ соответственно), которые выделялись по комплексу показателей стабильности и рекомендуются для использования в селекционном процессе как источники высокой стрессоустойчивости, низкой вариабельности урожайности, способные сводить к минимуму негативное воздействие условий произрастания. Сорт Степ проявил себя как пластичный (коэффициент регрессии $b_i = 1,5$), генетически гибкий $((Y_{min}-Y_{max})/2 = 7,7)$, обладающий высокой отзывчивостью на условия произрастания ($K_p = 1,53$). Динамика урожайности соответствовала изменениям условий выращивания, а для максимальной реализации уровня урожайности рекомендуется его возделывание на интенсивных предшественниках.

Ключевые слова: озимый ячмень, урожайность, сорт, экологическая пластичность, адаптивность, отзывчивость.

Для цитирования: Засыпкина И. М., Донцова А. А.. Результаты изучения параметров адаптивности озимого ячменя по предшественникам // Зерновое хозяйство России. 2024. Т. 16, № 1. С. 48–54. DOI: 10.31367/2079-8725-2024-90-1-48-54.



STUDY RESULTS OF THE PARAMETERS OF WINTER BARLEY ADAPTABILITY ACCORDING TO FORECROPS

I. M. Zasyapkina, a post-graduate, researcher of the laboratory for winter barley, irinka_kolosok92@mail.ru, ORCID ID: 0000-0002-1281-5317;

A. A. Dontsova, Candidate of Agricultural Sciences, head of the department of barley breeding and seed production, leading researcher, doncova601@mail.ru, ORCID ID: 0000-0002-6570-4303
FSBSI Agricultural Research Center "Donskoy",

347740, Rostov region, Zernograd, Nauchny Gorodok Str., 3; e-mail: vniizk30@mail.ru

The development and wide distribution of new adaptive varieties in production is a promising and environmentally friendly way for the development of agriculture. A new, more modern, highly productive variety can ensure increased productivity, resistance of crops to stress factors, and promotes better use of natural and anthropogenic resources. The leading direction in breeding in the nearest future should be not the development of varieties in general, adapted to growing conditions, but the identification of varieties adapted to the stress-limiting environmental factors of a particular region, adaptive to the challenges of nature. In addition to the characteristics of the variety and environmental conditions, the forecrop also influences its productivity. Selection in some conditions may not reveal the potential of the genotype in others, which makes it important to obtain information on different growing environments of varieties at the early stages of breeding. The purpose of the current study was to determine the adaptive properties of promising winter barley varieties and lines according to various forecrops. The study was carried out from 2021 to 2023

to estimate the adaptability parameters of 20 winter barley varieties and lines developed by the FSBSI Agricultural Research Center "Donskoy" for various forecrops (weedfree fallow, peas, sunflower, winter wheat). To determine the indicators of homeostaticity (Hom) and selection value (Sc), stress resistance ($Y_{min}-Y_{max}$) and genetic flexibility ($(Y_{max}+Y_{min})/2$), the coefficient of responsiveness to favorable growing conditions (Kr) and the indicator of the stability level of the variety (VSLI), there have been applied the methods of V.V. Khangildin and N.A. Litvinenko (1981), A.A. Rosielle and J. Hamblin as presented by A.A. Goncharenko (2005), V.A. Zykin (2005), E.D. Nettevich (2001). According to all forecrops, there have been identified the varieties distinguished by high parameters of environmental adaptability and stability. Stress-resistant genotypes included the lines 'Parallelum 2016' and 'Parallelum 2017' ($Y_{min}-Y_{max} = 1.2, 1.1$, respectively), which were distinguished by a set of stability indicators and have been recommended for use in the breeding process as sources of high stress resistance, low yield variability, capable of minimizing negative impact of growing conditions. The variety 'Step' proved to be adaptable (regression coefficient $b_i = 1.5$), genetically flexible ($(Y_{min}-Y_{max})/2 = 7.7$), and highly responsive to growing conditions ($Kr = 1.53$). The dynamics of productivity corresponded to changes in growing conditions, and to maximize a productivity level, there has been recommended to cultivate it on intensive forecrops.

Keywords: winter barley, productivity, variety, environmental adaptability, responsiveness.

Введение. Ячмень – одна из центральных зерновых культур не только в отечественном, но и в мировом земледелии. В качестве зернофуражной культуры на долю ячменя приходится лидирующее место по многообразию его использования и валовым сборам (Гудзенко и др., 2019).

Рост урожайности, повышение устойчивости растений к лимитирующим стресс-факторам среды, более эффективное использование природных и антропогенных ресурсов обеспечивается путем создания новых адаптивных сортов (Сурин и др., 2023). Создание таких сортов является наиболее перспективным и экологически безопасным путем развития сельскохозяйственного производства (Засыпкина и Филиппов, 2023).

Адаптивная селекция ведется в направлении создания сортов с повышенной устойчивостью к стресс-факторам. Высокая скорость и равномерность прорастания в стрессовых условиях жизненно важны для получения стабильной урожайности (Elakhdar et al., 2022; Filippov et al., 2020). На этом фоне особую актуальность приобретает проблема создания и использования в сельскохозяйственном производстве сортов, обладающих стрессоустойчивостью и адаптивностью (Юсова и Николаев, 2021). Процесс создания устойчивых сортов является непрерывным, так как невозможно достичь абсолютной устойчивости. Ячмень служит отличной модельной зерновой культурой для изучения адаптивных признаков, поскольку он известен своей высокой степенью генетического разнообразия в отношении устойчивости к стресс-факторам (Широких и Бакулина, 2020). Сведения об общей и специфической адаптивности новых генотипов необходимы для целенаправленной селекции новых сортов с узкой или широкой нормой реакции к конкретному набору сред. При ведении адаптивной селекции обязательно учитывать взаимодействие генотипа и среды. Данные на различных средах произрастания сортов на ранних этапах селекции чрезвычайно актуальны, поскольку отбор в одних условиях не всегда обеспечивает преимущества генотипов в других условиях (Лоскутов и др., 2020). Цель исследований – определение адаптивных свойств перспективных сортов и линий озимого ячменя по различным предшественникам.

Материалы и методы исследований.

Исследования проводили в отделе селекции и семеноводства озимого и ярового ячменя ФГБНУ «АНЦ «Донской» с 2021 по 2023 г. в Зерноградском районе Ростовской области.

В исследовании находились 20 образцов озимого ячменя селекции ФГБНУ «АНЦ «Донской», из них 6 сортов внесены в Государственный реестр РФ (Тимофей (стандарт), Ерема, Виват, Маруся, Фокс 1, Квант). Сорт Степ проходит изучение в Госсортсети РФ, 13 перспективных линий находятся на изучении в конкурсном сортоиспытании. Посев производили по четырем предшественникам (черный пар, горох, подсолнечник, озимая пшеница), площадь учетной делянки – 10 м², количество повторений – 4.

Почвы опытных участков представлены обыкновенными мощными карбонатными черноземами. По механическому составу тяжело-чернистые с содержанием гумуса 3,2 % в пахотном слое. Состав NPK представлен в виде: подвижный фосфор 10–40 мг/кг, легкоусвояемый азот – 70–110 мг/кг, обменный калий – 300–500 мг/кг (Васильченко и Метлина, 2022).

Метеорологические условия 2020/2021 сельскохозяйственного года характеризовались повышенным температурным режимом, как в осенний, так и в весенне-летний период. Среднегодовая температура воздуха составила 11,7 °С, превысив многолетнюю на 2,0 °С. В июне выпало повышенное количество осадков по сравнению с многолетними данными (103,9 мм). В июле, наоборот, был недобор осадков (24,6 мм) и значительный рост температур (26,7 °С). Проявление комплекса неблагоприятных погодных факторов (обильное количество осадков в период налива зерна и повышенный температурный режим в период всей вегетации растений) способствовало недобору урожая в 2021 году.

Погодные условия 2021/2022 сельскохозяйственного года были наиболее благоприятные для озимого ячменя. Зимой выпало 265,7 мм осадков (182,4 % к среднемноголетним) в виде дождя и снега. Температурный режим был повышенный (+3,7 °С к среднемноголетней температуре), температура на глубине залегания узла кущения не опускалась ниже –1,5 °С, это способствовало благоприятной перезимовке растений озимого ячменя. Минимальная

температура воздуха опускалась до $-10,0^{\circ}\text{C}$. Весенний период отличался обилием осадков ($125,5\%$ от нормы), особенно в марте, когда выпало $67,4\text{ мм}$ осадков ($179,4\%$). Лето характеризовалось повышенным температурным режимом: в июне $23,2^{\circ}\text{C}$ ($+2,7^{\circ}\text{C}$ к норме), в июле $24,1^{\circ}\text{C}$ ($+1,0^{\circ}\text{C}$ к норме).

Весенне-летний период 2022/2023 сельскохозяйственного года характеризовался обилием осадков ($125,5\%$ от нормы) с порывами ветра практически весь период вегетации озимого ячменя, что привело к формированию растениями большой высоты, существенному полеганию и формированию низкой массы 1000 зерен и снизило урожайность.

Для определения показателей гомеостатичности (Ном) и селекционной ценности (Sc) применяли методику В.В. Хангильдина и Н.А. Литвиненко (1981). Показатели стрессоустойчивости ($Y_{\min}-Y_{\max}$) и генетической гибкости $((Y_{\max}+Y_{\min})/2)$ рассчитаны по уравнениям А.А. Rosielle, J. Hamblin в изложении А.А. Гончаренко (2005). Коэффициент отзывчивости на благоприятные условия выращивания (K_p) определяли по методу В.А. Зыкина (2005). Показатель уровня стабильности сорта (ПУСС) – по уравнению Э.Д. Неттевича (2001). Математическую оценку результатов исследований и расчет коэффициента вариации (V) проводили по Методике полевого опыта Б.А. Доспехова (2014).

Результаты и их обсуждение. Выполненный дисперсионный анализ двухфакторного опыта по урожайности образцов озимого ячменя показал наличие взаимодействия генотипа и среды. Фактор «предшественник» оказывал доминирующее влияние на формирование урожайности – $96,4\%$, тогда как влияние фактора «сорт» составило $2,1\%$, а влияние взаимодействия этих факторов – $1,5\%$.

По предшественнику черный пар сформировались самые благоприятные условия

для выращивания (lj) – $+1,37$. По предшественникам подсолнечник и озимая пшеница за годы исследований был получен низкий индекс условий среды (lj) – $-0,64$ и $-0,56$ соответственно (табл. 1). Урожайность варьировала от $5,6\text{ т/га}$ у линии Параллелум 1990 по предшественнику подсолнечник до $9,3\text{ т/га}$ у сорта Степ по предшественнику черный пар. В среднем за годы проведения исследований по предшественнику черный пар урожайность составила $8,3\text{ т/га}$, по предшественнику горох – $6,6\text{ т/га}$, по пшенице – $6,4\text{ т/га}$, а по подсолнечнику – $6,2\text{ т/га}$. По предшественнику черный пар $9,0\text{ т/га}$ и более сформировали линия Паллидум 2100 ($9,2\text{ т/га} + 0,9\text{ т/га}$ к средней по предшественнику) и сорт Степ ($9,3\text{ т/га} + 1,0\text{ т/га}$ к средней по предшественнику). По предшественнику горох выделились сорта и линии Маруся, Степ, Параллелум 2019 ($7,1\text{ т/га} + 0,5\text{ т/га}$ к средней по предшественнику), Параллелум 2083 ($7,2\text{ т/га} + 0,6\text{ т/га}$ к средней по предшественнику) и Параллелум 2136 ($7,3\text{ т/га} + 0,7\text{ т/га}$ к средней по предшественнику).

Устойчивость к стресс-факторам образцов для различных условий среды характеризуется меньшей разницей между минимальной и максимальной урожайностью ($Y_{\min}-Y_{\max}$). Наиболее стрессоустойчивыми были линии Параллелум 2017 ($Y_{\min}-Y_{\max} = -1,1$), Параллелум 2016 ($Y_{\min}-Y_{\max} = -1,2$) и Параллелум 1990 ($Y_{\min}-Y_{\max} = -1,5$).

Компенсаторная способность $((Y_{\min}+Y_{\max})/2)$ показывает генетическую гибкость или реакцию сорта на условия выращивания. Чем выше значение, тем выше степень соответствия между генотипом образца (сорта) и факторами среды. Генетически гибкими генотипами являлись сорта Виват и Степ ($(Y_{\min}+Y_{\max})/2 = 7,7$), Маруся ($(Y_{\min}+Y_{\max})/2 = 7,8$) и линия Паллидум 2100 ($(Y_{\min}+Y_{\max})/2 = 8,0$), имеющие высокую степень соответствия между генотипом сорта и факторами среды.

Таблица 1. Урожайность, стрессоустойчивость, генетическая гибкость сортов и линий озимого ячменя (2021–2023 гг.)

Table 1. Productivity, stress resistance, genetic flexibility of winter barley varieties and lines (2021–2023)

Название сорта, линии	Урожайность по предшественникам, т/га				Стрессоустойчивость	Генетическая гибкость
	черный пар	горох	подсолнечник	озимая пшеница	$Y_{\min} - Y_{\max}$	$(Y_{\min} + Y_{\max})/2$
Тимофей, st	7,9	6,2	6,0	6,1	-1,9	7,0
Ерема	8,4	6,4	6,6	6,5	-2,0	7,4
Виват	8,9	6,7	6,5	6,6	-2,4	7,7
Маруся	8,9	7,1	6,6	6,9	-2,3	7,8
Фокс I	7,8	6,1	5,7	5,9	-2,1	6,7
Степ	9,3	7,1	6,1	6,8	-3,2	7,7
Квант	7,4	5,6	6,2	5,9	-1,8	6,5
Параллелум 1990	6,9	5,4	5,6	5,5	-1,5	6,1
Параллелум 2015	8,1	6,7	6,4	6,6	-1,7	7,2
Параллелум 2016	7,3	6,6	6,1	6,4	-1,2	6,7
Параллелум 2017	7,6	7,0	6,5	6,8	-1,1	7,1
Параллелум 2019	8,2	7,1	6,5	6,8	-1,7	7,4
Параллелум 2054	8,7	6,3	6,4	6,4	-2,4	7,5
Параллелум 2083	8,6	7,2	6,4	6,8	-2,2	7,5

Продолжение табл. 1

Название сорта, линии	Урожайность по предшественникам, т/га				Стрессоустойчивость Ymin – Ymax	Генетическая гибкость (Ymin + Ymax)/2
	черный пар	горох	подсолнечник	озимая пшеница		
Параллелум 2084	8,6	6,9	6,4	6,6	-2,2	7,5
Параллелум 2086	8,4	6,6	5,7	6,2	-2,7	7,1
Параллелум 2093	7,8	6,2	5,8	6,0	-2,0	6,8
Паллидум 2100	9,2	6,9	6,8	6,8	-2,4	8,0
Параллелум 2123	8,4	6,9	6,7	6,8	-1,7	7,6
Параллелум 2136	8,8	7,3	5,9	6,6	-2,9	7,4
Yi	8,3	6,6	6,2	6,4	–	–
Ij	1,37	-0,27	-0,64	-0,56	–	–

Примечание. Yi – средняя урожайность по предшественнику; Ij – индекс условий среды.

Для расчета экологической пластичности важным показателем является коэффициент линейной регрессии (b_i), варьирование которого находилось в пределах от $b_i = 0,49$ до $b_i = 1,50$. Сорт Степ ($b_i = 1,50$) отличался высокой отзывчивостью на изменение условий произрастания, что характеризует его как сорт, который способен лучше проявлять себя в узком диапазоне благоприятных сред, но при этом может снижать продуктивность при отклонении от узкой зоны оптимума. Значения коэффициента

линейной регрессии, характеризующие слабую реакцию на изменения условий возделывания, отмечены у линий Параллелум 2016 ($b_i = 0,53$) и Параллелум 2017 ($b_i = 0,49$). Коэффициент линейной регрессии, близкий к единице, имели сорта и линии Ерема ($b_i = 1,00$), Тимофей, Параллелум 2083 и Параллелум 2093 ($b_i = 1,01$), Фокс 1 ($b_i = 1,02$) (табл. 2). Данные сорта способны динамично изменять урожайность под влиянием изменчивой природной среды.

Таблица 2. Параметры адаптивности сортов и линий озимого ячменя (2021–2023 гг.)
Table 2. Adaptability parameters of winter barley varieties and lines (2021–2023)

Название сорта, линии	Урожайность, т/га		b_i	σ^2d	$C_v, \%$	Hom	Sc
	min	max					
Тимофей, st	6,0	7,9	1,01	0,06	24,7	13,9	5,0
Ерема	6,4	8,4	1,00	0,13	23,8	15,1	5,5
Виват	6,5	8,9	1,23	0,08	27,4	11,2	5,4
Маруся	6,6	8,9	1,12	0,08	24,1	13,5	5,5
Фокс I	5,7	7,8	1,02	0,02	25,6	12,2	4,7
Степ	6,1	9,3	1,50	0,06	32,4	7,2	4,9
Квант	5,6	7,4	0,77	0,25	22,6	16,1	4,9
Параллелум 1990	5,4	6,9	0,71	0,06	20,1	20,5	4,7
Параллелум 2015	6,4	8,1	0,83	0,02	19,1	21,8	5,6
Параллелум 2016	6,1	7,3	0,53	0,01	13,3	41,5	5,5
Параллелум 2017	6,5	7,6	0,49	0,01	11,5	54,9	6,0
Параллелум 2019	6,5	8,2	0,80	0,05	18,2	22,9	5,7
Параллелум 2054	6,3	8,7	1,26	0,21	29,4	10,0	5,2
Параллелум 2083	6,4	8,6	1,01	0,03	22,6	14,7	5,4
Параллелум 2084	6,4	8,6	1,07	0,03	24,0	13,8	5,4
Параллелум 2086	5,7	8,4	1,24	0,04	29,8	8,4	4,6
Параллелум 2093	5,8	7,8	1,01	0,03	24,8	12,9	4,8
Паллидум 2100	6,8	9,2	1,25	0,14	27,1	11,9	5,6
Параллелум 2123	6,7	8,4	0,89	0,01	19,7	21,6	5,8
Параллелум 2136	5,9	8,8	1,28	0,10	30,5	8,0	4,8

Примечание. b_i – коэффициент линейной регрессии; σ^2d – среднее квадратическое отклонение; $C_v, \%$ – коэффициент вариации; Hom – показатель гомеостатичности; Sc – показатель селекционной ценности; min/max – минимальная и максимальная средняя урожайность сорта в среднем за годы исследований на разных предшественниках.

Среднеквадратическое отклонение (σ^2d) варьировало от 0,01 до 0,25, что в целом характеризует изучаемые образцы как стабильные. Наибольшую стабильность показали Параллелум 2016, Параллелум 2017, Параллелум 2123 ($\sigma^2d = 0,01$), Фокс 1 и Параллелум 2015 ($\sigma^2d = 0,02$).

Основная часть сортов и линий проявила сильную изменчивость урожайности – коэффициент вариации $\geq 20 \%$. Средняя изменчивость (10–20 %) наблюдалась у линий Параллелум 2017 ($C_v = 11,5 \%$), Параллелум 2016 ($C_v = 13,3 \%$), Параллелум 2019 ($C_v = 18,2 \%$), Параллелум 2015 ($C_v = 19,1 \%$), Параллелум 2123 ($C_v = 19,7 \%$).

Линии Параллелум 2016 ($Hom = 41,5$) и Параллелум 2017 ($Hom = 54,9$) имели высокий показатель гомеостатичности, что говорит об их способности сводить к минимуму неблагоприятные условия внешней среды.

Селекционная ценность генотипа (Sc) является одним из параметров оценки сорта, объединяющая высокую урожайность со способностью адаптироваться к изменяющимся условиям среды. По данному параметру выделились линии Параллелум 2017 ($Sc = 6,0$) и Параллелум 2123 ($Sc = 5,8$).

Другим не менее важным показателем измерения степени адаптивности сорта является коэффициент отзывчивости на условия окружающей среды (Kp). По данным В.А. Зыкина (2005), чем сильнее разница между урожайностью сорта, выращенного в благоприятной внешней среде, и урожайностью этого же сорта, полученной в неблагоприятных условиях, тем более информативными будут данные (рис. 1).

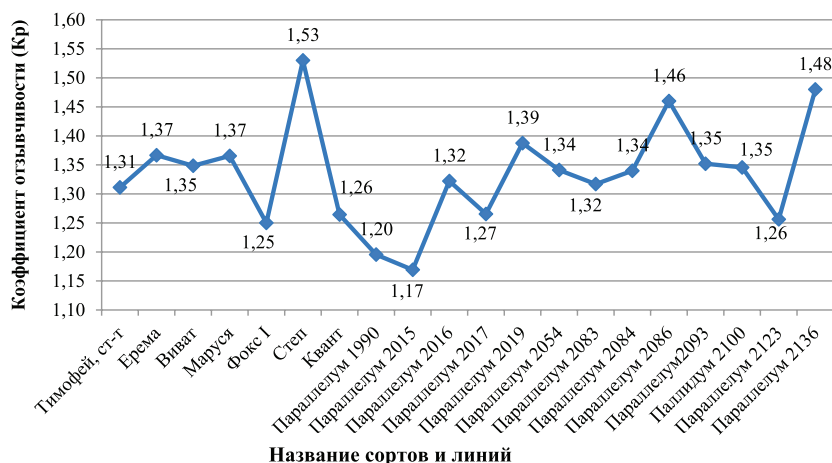


Рис. 1. Коэффициент отзывчивости на улучшение условий выращивания озимого ячменя в среднем за годы исследований на разных предшественниках (2021–2023 гг.)

Fig. 1. Coefficient of responsiveness on improvement for winter barley growing conditions on average over the years of study after various forecrops (2021–2023)

По анализу результатов исследований все образцы хорошо реагировали на улучшение условий произрастания, высокие значения коэффициента отзывчивости отмечены у сорта Степ ($Kp = 1,53$) и линий Параллелум 2136 ($Kp = 1,48$), Параллелум 2086 ($Kp = 1,46$).

Комплексным показателем, позволяющим учесть уровень и стабильность урожайности, а также характеризующим способность сорта откликаться на улучшение условий возделывания, а при ухудшении поддерживающим

высокий уровень урожайности, является показатель уровня стабильности сорта (ПУСС). Чем выше ПУСС, тем лучше сорт. В данном исследовании уровень стабильности урожайности изучаемых сортов варьировал от 87 % (Параллелум 2086) до 235 % (Параллелум 2017). По данному критерию выделились линии Параллелум 2017 (ПУСС = 235 %), Параллелум 2016 (ПУСС = 182 %), Параллелум 2019 (ПУСС = 158 %) (см. рис. 2).



Рис. 2. Показатель уровня стабильности образцов в среднем за годы исследований на разных предшественниках (2021–2023 гг.)

Fig. 2. An indicator of the sample stability level on average over the years of study after various forecrops (2021–2023)

Выводы. Проведенные исследования в разрезе предшественников позволили выявить высокопластичные и стабильные сорта озимого ячменя.

Линии Параллелум 2016 и Параллелум 2017 в исследованиях проявили себя как наиболее стрессоустойчивые ($Y_{\min}-Y_{\max} = 1,2, 1,1$ соответственно). Линия Параллелум 2016 выделялась по комплексу показателей стабильности ($\sigma^2_d = 0,01$, $Hom = 41,5$, $C_v = 13,3\%$, ПУСС = 182 %). Линия Параллелум 2017 выделялась по показателю селекционной ценности генотипа ($Sc = 6,0$) и комплексу показателей стабильности ($\sigma^2_d = 0,01$, $Hom = 54,9$, $C_v = 11,5\%$, ПУСС = 235 %). Их рекомендуется использовать

в селекционном процессе как источники высокой стрессоустойчивости и стабильности независимо от условий возделывания, поскольку они способны сводить к минимуму условия воздействия внешней среды.

Сорт Степ проявил себя как пластичный (коэффициент регрессии $b_i = 1,5$), генетически гибкий ($(Y_{\min}-Y_{\max})/2 = 7,7$), обладающий высокой отзывчивостью на условия произрастания ($K_p = 1,53$). Его урожайность варьировала в соответствии с изменениями условий произрастания, поэтому для получения максимальной продуктивности рекомендуется возделывать этот сорт на интенсивных предшественниках.

Библиографические ссылки

1. Васильченко С.А., Метлина Г.В. Эффективность гербицидной обработки на продуктивность гибрида кукурузы Зерноградский 354 МВ // Зерновое хозяйство России. 2022. Т. 14, № 6. С. 64–69. DOI: 10.31367/2079-8725-2022-83-6-64-69
2. Гудзенко В.Н. Статистическая и графическая (GGE biplot) оценка адаптивной способности и стабильности селекционных линий ячменя озимого // Вавиловский журнал генетики и селекции. 2019. Т. 23, № 1. С. 110–118. DOI: 10.18699/VJ19.469
3. Засыпкина И. М., Филиппов Е. Г. Оценка сортов озимого ячменя по величине урожайности и показателям адаптивности в условиях Нижнего Дона // Зерновое хозяйство России. 2023. № 1. С. 56–63. DOI: 10.31367/2079-8725-2023-84-1-56-63
4. Лоскутов И.Г., Новикова Л.Ю., Ковалева О.Н. Эколого-географические подходы к изучению генетического разнообразия ячменя и овса из коллекции ВИР // Экологическая генетика. 2020. Т. 18, №1. С. 89–102. DOI: 10.17816/ecogen16128
5. Сурин Н.А., Герасимов С.А., Ляхова Н.Е. Адаптивность и экологическая пластичность ячменя в лесостепных условиях Красноярского края // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 2023. № 53(6). С. 15–23. DOI: 10.26898/0370-8799-2023-6-2
6. Широких И.Г., Бакулина А.В. Подходы к повышению продуктивности и адаптивности ячменя с помощью технологий генетической модификации // Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2020. № 1. С. 5–19. DOI: 10.30766/2072-9081.20.1.05-19
7. Юсова О.А., Николаев П.Н. Эффективность применения различных методик для расчета пластичности и стабильности сортов на примере ярового ячменя // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. 2021. № 1(53). С. 98–104. DOI: 10.18286/1816-4501-2021-1-98-104
8. Elakhdar A., Solanki S., Kubo T., Calvin O. Qualset Barley with Improved Drought Tolerance: Challenges and Perspectives // Environmental and Experimental Botany. 2022. Vol. 201, DOI: 10.1016/J.ENVEXPBOT.2022.104965
9. Filippov E.G., Bragin R.N., Dontsova A.A. Estimation of ecological adaptability and stability of the promising winter barley varieties in a competitive variety testing // E3S Web Conf. XIII International Scientific and Practical Conference "State and Prospects for the Development of Agribusiness – INTERAGROMASH 2020", 2020. Article number: 175. P. 6. DOI: 10.1051/E3SCONF/202017501007

References

1. Vasil'chenko S.A., Metlina G.V. Effektivnost' gerbitsidnoi obrabotki na produktivnost' gibrida kukuruzy Zernogradskii 354 MV [Efficiency of herbicide treatment on the productivity of maize hybrid 'Zernogradsky 354 MV'] // Zernovoe khozyaistvo Rossii. 2022. T. 14, № 6. S. 64–69. DOI:10.31367/2079-8725-2022-83-6-64-69
2. Gudzenko V.N. Statisticheskaya i graficheskaya (GGE biplot) otsenka adaptivnoi sposobnosti i stabil'nosti selektsionnykh linii yachmenya ozimogo [Statistical and graphical (GGE biplot) estimation of the adaptive capacity and stability of winter barley breeding lines] // Vavilovskii zhurnal genetiki i seleksii. 2019. T. 23, № 1. S. 110–118. DOI: 10.18699/VJ19.469
3. Zasypkina I.M., Filippov E.G. Otsenka sortov ozimogo yachmenya po velichine urozhainosti i pokazatelyam adaptivnosti v usloviyakh Nizhnego Dona [Estimation of winter barley varieties according to productivity and adaptability indicators in the conditions of the Lower Don] // Zernovoe khozyaistvo Rossii. 2023. № 1. S. 56–63. DOI: 10.31367/2079-8725-2023-84-1-56-63
4. Loskutov I.G., Novikova L.Yu., Kovaleva O.N. Ekologo-geograficheskie podkhody k izucheniyu geneticheskogo raznoobraziya yachmenya i ovsa iz kollektsii VIR [Ecological and geographical approaches to the study of genetic diversity of barley and oats from the VIR collection] // Ekologicheskaya genetika. 2020. T. 18, №1. S. 89–102. DOI: 10.17816/ecogen16128
5. Surin N.A., Gerasimov S.A., Lyakhova N.E. Adaptivnost' i ekologicheskaya plastichnost' yachmenya v lesostepnykh usloviyakh Krasnoyarskogo kraya [Adaptability and ecological adaptive ability of barley in forest-steppe conditions of the Krasnoyarsk Territory] // Sibirskii vestnik sel'skokhozyaistvennoi nauki. 2023. №53(6). S. 15–23. DOI: 10.26898/0370-8799-2023-6-2
6. Shirokikh I.G., Bakulina A.V. Podkhody k povysheniyu produktivnosti i adaptivnosti yachmenya s pomoshch'yu tekhnologii geneticheskoi modifikatsii [Approaches to the increase of barley productivity

and adaptability using genetic modification technologies] // Agrarnaya nauka Evro-Severo-Vostoka. 2020. № 1. S. 5–19. DOI: 10.30766/2072-9081.20.1.05-19

7. Yusova O.A., Nikolaev P.N. Effektivnost' primeneniya razlichnykh metodik dlya rascheta plastichnosti i stabil'nosti sortov na primere yarovogo yachmenya [The efficiency of using various methods for calculating adaptability and stability of varieties on the example of spring barley] // Vestnik Ul'yanovskoi gosudarstvennoi sel'skokhozyaistvennoi akademii. 2021. № 1(53). S. 98–104. DOI: 10.18286/1816-4501-2021-1-98-104

8. Elakhdar A., Solanki S., Kubo T., Calvin O. Qualset Barley with Improved Drought Tolerance: Challenges and Perspectives // Environmental and Experimental Botany. 2022. Vol. 201, DOI: 10.1016/J.ENVEXPBOT.2022.104965

9. Filippov E.G., Bragin R.N., Dontsova A.A. Estimation of ecological adaptability and stability of the promising winter barley varieties in a competitive variety testing // E3S Web Conf. XIII International Scientific and Practical Conference "State and Prospects for the Development of Agribusiness – INTERAGROMASH 2020", 2020. Article number: 175. P. 6. DOI: 10.1051/E3SCONF/202017501007

Поступила: 15.09.23; доработана после рецензирования: 26.10.23; принята к публикации: 26.10.23.

Критерии авторства. Авторы статьи подтверждают, что имеют на статью равные права и несут равную ответственность за плагиат.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Авторский вклад. Засыпкина И.М. – выполнение полевых опытов, сбор данных, анализ данных и интерпретация, подготовка рукописи; Донцова А.А. – концептуализация и проектирование исследования, анализ данных и интерпретация, подготовка рукописи

Все авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.

СРАВНИТЕЛЬНАЯ ОЦЕНКА СОРТОВ И ГИБРИДОВ РАПСА ЯРОВОГО В УСЛОВИЯХ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ

Г. Н. Кузнецова, кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник лаборатории селекции семеноводства и агротехники капустных культур, kuznetsovagalina1964@mail.ru, ORCID ID: 0000-0002-1606-9083;

Р. С. Полякова, научный сотрудник лаборатории селекции семеноводства и агротехники капустных культур, 20raisa@mail.ru, ORCID ID: 0000-0002-1082-3057
Сибирская опытная станция – филиал ФГБНУ ФНЦ ВНИИМК,
646025, Омская обл., г. Исилькуль, ул. Строителей, д. 2; e-mail: sosvniimk@mail.ru

Исследования проводили в 2021–2023 гг. в полевых условиях на экспериментальных полях СОС – филиала ВНИИМК. Цель – провести оценку сортов и гибридов рапса ярового различного эколого-географического происхождения по основным хозяйственно ценным признакам для выявления из них наиболее продуктивных и адаптированных для условий Западной Сибири. Объектом исследований послужили 16 сортов и гибридов отечественной и зарубежной селекции. В качестве стандарта использовали сорт Юбилейный и гибрид Озорно. Установлено, что экологическое испытание сортов и гибридов рапса ярового позволило выявить существенные различия по основным хозяйственно ценным признакам. В условиях Западной Сибири среди сортов рапса максимальную урожайность за три года изучения продемонстрировали Яркий (2,50 т/га), Сибиряк 60 (2,43 т/га) и 55регион (2,42 т/га), а среди гибридов выделились по данному показателю ПР46Х75 (2,68 т/га) и Сальса КЛ (2,57 т/га). Наиболее высокая урожайность семян была получена в 2021 г. и варьировала от 2,51 до 3,29 т/га у сортов и от 3,02 до 3,52 т/га у гибридов. Высокая масличность семян отмечена в условиях 2022 г. в сортах Гранит, 55регион, Яркий, Амулет, Герос – она составила 51,2–52,6 %. С коротким вегетационным периодом (до 85 суток) как раннеспелые сорта выделены Амулет, Руян, Эребус и Форпост КЛ. К среднеспелым с вегетационным периодом 88–90 суток относятся следующие сорта: Гранит, Яркий, Прометей и Герос. По высоте растений варьирование составило от 80 до 101 см у гибридов и от 88 до 120 см у сортов рапса. Масса 1000 семян изменялась от 3,6 до 4,2 г. Наибольший интерес по комплексу хозяйственно ценных признаков в условиях южной лесостепи Западной Сибири для практической селекции представляют сорта 55регион, Сибиряк 60, Яркий, Амулет, Прометей и Форпост КЛ.

Ключевые слова: рапс яровой, сорт, гибрид, урожайность, высота растений, вегетационный период.

Для цитирования: Кузнецова Г. Н., Полякова Р. С. Сравнительная оценка сортов и гибридов рапса ярового в условиях Западной Сибири // Зерновое хозяйство России. 2024. Т. 16, № 1. С. 55–60. DOI: 10.31367/2079-8725-2024-90-1-55-60.



COMPARATIVE ESTIMATION OF SPRING RAPE VARIETIES AND HYBRIDS IN WESTERN SIBERIA

G. N. Kuznetsova, Candidate of Agricultural Sciences, leading researcher of the laboratory for seed production and agricultural technology of cabbage crops, kuznetsovagalina1964@mail.ru, ORCID ID: 0000-0002-1606-9083;

R. S. Polyakova, researcher of the laboratory for seed production and agricultural technology of cabbage crop, 20raisa@mail.ru, ORCID ID: 0000-0002-1082-3057
Siberian Experimental Station – branch of the FSBSI FRC VNIIMK,
646025, Omsk region, Isilkul, Stroiteley Str., 2; e-mail: sosvniimk@mail.ru

The current study was carried out on the experimental fields of SES, a branch of VNIIMK in 2021–2023. The purpose was to estimate spring rape varieties and hybrids of various ecological and geographical origins based on the main economically valuable traits, to identify the most productive and adapted to the conditions of Western Siberia. The objects of the study were 16 varieties and hybrids of domestic and foreign breeding. The variety 'Yubileiny' and the hybrid 'Ozorno' were used as a standard. There was established that environmental testing of spring rape varieties and hybrids made it possible to identify significant differences in the main economically valuable traits. In the conditions of Western Siberia, among the rape varieties, the maximum productivity over three years of study was demonstrated by the varieties 'Yarky' (2.50 t/ha), 'Sibiryak 60' (2.43 t/ha) and '55region' (2.42 t/ha), and among the hybrids 'PR46X75' (2.68 t/ha) and 'Salsa KL' (2.57 t/ha) were the best according to this indicator. The highest seed productivity was obtained in 2021 and ranged from 2.51 to 3.29 t/ha for varieties and from 3.02 to 3.52 t/ha for hybrids. High oil content in seeds was noted under the conditions of 2022 in such varieties as 'Granit', '55region', 'Yarkiy', 'Amulet', 'Geros' and amounted to 51.2–52.6 %. With a short vegetation period of up to 85 days, the varieties 'Amulet', 'Ruyan', 'Erebus' and 'Forpost KL' were identified as early maturing varieties. Middle maturing varieties with a vegetation period of 88–90 days included 'Granit', 'Yarkiy', 'Prometey' and 'Geros'. The plant height varied from 80 to 101 cm for hybrids and from 88 to 120 cm for rape varieties. The trait '1000-seed weight' varied from 3.6 to 4.2 g. The varieties '55region', 'Sibiryak 60', 'Yarkiy', 'Amulet', 'Prometey' and 'Forpost KL' were of greatest interest for practical breeding according to the complex of economically valuable traits in the southern forest-steppe of Western Siberia.

Keywords: spring rape, variety, hybrid, productivity, plant height, vegetation period.

Введение. Рапс относится к факультативным самоопылителям, процент перекрестного опыления составляет 10–50, поэтому в селекции этой культуры используют методы как линейной, так и популяционной селекции, а также методы для селекции гибридов и все инновационные методы исследований. Основным методом создания исходного материала, и в конечном итоге сортов, во Всероссийском научно-исследовательском институте масличных культур имени В.С. Пустовойта – это метод Педигри (индивидуальные отборы из внутривидовых и межвидовых гибридных популяций в совокупности с инбридингом) (Горлова и др., 2019). Селекционеры Сибирской опытной станции ВНИИМК используют два наиболее продуктивных и распространенных способа в селекции рапса: метод индивидуально-семейственного отбора при свободном цветении и получаемый результат – сорт-популяция и второй, получивший более высокую признательность у селекционеров, – это метод Педигри и получаемый результат – линейный сорт (Полякова и Кузнецова, 2023).

Общегеномный генетический анализ, проведенный во Всероссийском научно-исследовательском институте масличных культур, продемонстрировал явное различие между российскими сортами рапса и сортами остального мира, включая и европейские, что указывает на то, что селекция рапса в России развивалась в собственном независимом направлении (Gubaev et al., 2020). На урожайность рапса, кроме агрономических методов возделывания, большое влияние оказывают местоположение, тип почвы, климатические условия. При этом правильно подобранный сорт является одним из основных факторов увеличения продуктивности культуры (Серегина, 2018). Агроклиматические условия большинства регионов РФ благоприятны для возделывания рапса ярового.

Рапс – свето- и влаголюбивое растение умеренного климата. В течение вегетации рапса выделяют три периода повышенного влагопотребления: стеблевание, бутонизация и цветение. Рапс яровой демонстрирует относительную устойчивость к пониженным температурам в условиях, где лимитирующим фактором является продолжительность безморозного периода. Температура выше 30 °C подавляет развитие растения и приводит к снижению пылевой продуктивности и завязываемости семян и, как следствие, снижает урожайность. В районах Западной Сибири накапливается больше масла, поскольку маслообразовательные процессы усиливаются при продвижении растений на север. На процесс образования масла оказывает влияние также и влажность почвы (Иванова, 2015).

С каждым годом конкуренция на рынке сортов и семян масличных капустных культур возрастает. Поэтому современные сорта и гибриды рапса должны быть экономически выгодными, обеспечивать высокую и стабильную

урожайность в зоне возделывания и максимальный сбор масла и белка с гектара, обладать высоким качеством масла и шрота, устойчивостью к основным болезням и вредителям, быть пригодными для современных технологичных возделывания и уборки (Карпачев, 2011).

Цель исследований – оценить сорта и гибриды рапса различного эколого-географического происхождения по основным хозяйственно ценным признакам для выявления из них наиболее продуктивных и адаптированных для условий Западной Сибири.

Материалы и методы исследований. Опыт по экологическому сортоиспытанию рапса представлен районированными отечественными и зарубежными двенадцатью сортами: Юбилейный – стандарт, Гранит, 55 регион, Сибиряк 60 (СОС – филиал ФГБНУ ФНЦ ВНИИМК, г. Искиткуль); Яркий (НПССС ООО «Сибирские масло-семена», Омская обл., с. Первотаровка), Руян, Амулет (ФГБНУ ФНЦ ВНИИМК, г. Краснодар); Прометей, Эребус, Форпост КЛ (ЛНИИР – филиал ФГБНУ ФНЦ ВНИИМК, г. Липецк), АНИИСХ 4 (Алтайский научный центр, г. Барнаул), Герос (BASF, Германия) и гибридами: Озорно – стандарт, Сальса КЛ, Люмен, Смилла (LEMBKE KG, Германия), Миракль (DEUTSCHE SAATVEREDELUNG AG BDR) и ПР46Х75 (Пионер, США).

Закладка опытов, фенологические наблюдения, полевые учеты и оценки проводили согласно Методике государственного сортоиспытания (2019) и Методике ВНИИМК (Лукомец и др., 2023). Результаты учетов обрабатывали методами математической статистики (Доспехов, 2014). Предшественник – пар. Посев проводили инкрустированными элитными семенами (Табу НЕО, ск; 7 л/т, д.в. Имидаклоприд+Клотианидин) в оптимальные сроки сева (вторая декада мая) сеялкой СС-11 с нормой высева 1,2 млн всхожих семян/га, площадь одного варианта 20 кв. м, в трехкратной повторности. В фазу 5–6-ти полных листьев (14–16 июня) у рапса и 2–4-х листьев у злаковых сорняков были применены в баковой смеси средства защиты от сорной растительности: противозлаковый гербицид Гурон 0,7 л/га (д.в. Галаксиоп-П-метил 104 г/л); против двудольных сорняков (подмаренник цепкий, виды ромашки, горцы, щирицы, мари, гречишки вьюнковой, виды бодяка, осота и др.) – гербицид Галеон 0,3 л/га д.в. Клопиралид 300 г/л+ Пиклоран 75 г/л); против гусениц капустной моли два раза посе-вы рапса обрабатывали инсектицидом Монарх 30 г/га (д.в. Фипронил).

Почвенный покров опытного участка – чернозем обыкновенный среднесуглинистый с содержанием гумуса 6,4–6,8 %, валового азота – 0,32–0,34 % в слое почвы 0–40 см, валового фосфора – 0,16–0,17 %, подвижного форм (по Чирикову) фосфора – 12,7–13,5 мг и 28,5–33,0 обменного калия мг/100 г почвы, pH 6,6–6,8.

Метеорологические условия в годы исследований были разнообразными по декадным

периодам влагообеспеченности и температурному режиму, что позволило дать объективную оценку влияния этих факторов на продуктивность рапса ярового.

2021 г. характеризовался повышенным температурным режимом и наблюдался резкий недобор осадков. Наиболее жарким был май, когда среднемесячная температура воздуха превысила норму на 4,4 оС, а в июне отмечалось существенное понижение температуры – на 1,4 оС на фоне дефицита осадков (58,6 и 53,1 % от нормы). Июль и август по температурному режиму были на уровне среднепогодных показателей при остром дефиците осадков (37,5 и 51,1 % от нормы). Сложившиеся погодные условия способствовали благоприятному развитию растений, увеличению количества ветвей и стручков и, как следствие, получения высокой урожайности семян. ГТК по Селянинову 0,75 при среднепогодном показателе 0,95.

В 2022 г. май характеризовался сухой и жаркой погодой, среднесуточная температура воздуха оказалась выше нормы на 6,0 оС. Общее количество выпавших осадков составило 34,5 % от нормы. Вторая декада июня характеризовалась жаркой погодой, но 13 и 14 июня выпало 33 мм осадков, что составило 235 % от нормы. В третьей декаде июня температура воздуха была выше нормы на 3 оС. Осадков – 18 мм при норме 20 мм. Сумма осадков за июнь составила 110 % от среднепогодных показателей. В июле продолжалась жаркая сухая погода, что способствовало ускорению вегетации. Количество осадков было критическое и составило 41 % от нормы (26 мм). Вегетация проходила в условиях острого дефицита влаги,

что привело к снижению урожайности семян. В августе погода характеризовалась как умеренно теплая. Осадков выпало 42 % от нормы, это позволило скосить рапс на неделю раньше положенного срока и через 7 дней обмолотить сухие валки. ГТК по Селянинову 0,43 при среднепогодном показателе 0,95.

В 2023 г. вегетационный период развития растений рапса ярового запомнился повышенным температурным режимом на фоне недостатка влаги. Май характеризовался жаркой погодой, среднесуточная температура воздуха оказалась выше нормы на 4,8 оС. Общее количество выпавших осадков составило 35 мм, или 121 % от нормы. Первая декада июня характеризовалась преимущественно жаркой и сухой погодой. Осадков не было, а температура воздуха достигала 38 оС, что на 12,9 оС выше среднепогодных показателей. Сумма осадков за июнь составила всего 34,7 % от среднепогодных показателей. В районе была объявлена чрезвычайная ситуация (ЧС). В 1–3 декадах июля продолжалась жаркая сухая погода, что способствовало ускорению вегетации. Количество осадков было критическое – 23 мм, что составило 41 % от нормы. Вегетация растений рапса проходила в условиях острого дефицита влаги. В августе в среднем по декадам температура воздуха была выше среднепогодных показателей на 2,9 оС. Осадки выпадали неравномерно, сумма осадков составила 106 % от нормы (48 мм при норме 45 мм), большая часть которых пришлось на 3 декаду месяца (23 мм), что затруднило проведение уборочных работ. ГТК по Селянинову 0,50 при среднепогодном показателе 0,95 (табл. 1).

Таблица 1. Температура воздуха и сумма осадков вегетационного периода рапса ярового за 2021–2023 гг. (по данным гидрометеостанции «Исилькульская ГМС»)
Table 1. Air temperature and total precipitation during vegetation period of spring rape in 2021–2023 (according to the hydrometeorological station “Isilkulskaya HMS”)

Месяц	Год	Температура воздуха, оС		Осадки, мм	
		за период	± к норме	за месяц	% от нормы
Май	2021	17,5	+4,4	17	58,6
	2022	19,1	+6,0	10	34,5
	2023	17,9	+4,8	35	120,7
Июнь	2021	16,8	–1,4	26	53,1
	2022	20,3	+2,1	54	110,2
	2023	22,0	+3,8	17	34,7
Июль	2021	20,3	+0,7	21	37,5
	2022	22,9	+3,3	26	46,4
	2023	25,8	+6,2	23	41,1
Август	2021	19,1	+2,1	23	51,1
	2022	22,5	+5,5	19	42,2
	2023	19,9	+2,9	48	106,7

В целом все три года характеризовались высокой среднесуточной температурой воздуха и недобором осадков в сравнении со средними многолетними показателями. Выпавшие осадки в разные периоды вегетации позволили получить неплохой урожай сортов и гибридов рапса ярового.

Результаты и их обсуждение. Урожайность сортов рапса ярового в 2021 г. варьировала от 2,51 (Юбилейный) до 3,29 т/га (55регион). Максимальное превышение по урожайности семян над стандартом (сорт Юбилейный) отмечено в сортах Сибиряк 60, 55регион (Сибирская ОС, г. Исилькуль) и Яркий

(НПССС ООО «Сибирские масло-семена, Омская обл.), что составило 0,63–0,78 т/га. Эти сорта показали стабильно высокую урожайность семян по годам. В годы исследований достоверно выше стандарта (сорт Юбилейный) по урожайности семян были Амулет (ВНИИМК), Прометей и Форпост КЛ (ЛНИИР – филиал ФГБНУ ФНЦ ВНИИМК), в остальных сортах на-

блюдалось нестабильное превышение урожайности семян над стандартом. Среди гибридов более высокая урожайность получена в образце ПР46Х75 (2,18–3,52 т/га). Средние показатели урожайности сортов рапса составили: в 2021 г. – 2,93, в 2022 г. – 1,93 и в 2023 г. – 1,99 т/га, а урожайность гибридов соответственно 3,32; 2,12 и 2,10 т/га (табл. 2).

Таблица 2. Урожайность и масличность семян сортов и гибридов рапса ярового в годы исследований (2021–2023 гг.)

Table 2. Productivity and oil content in seeds of spring rape varieties and hybrids during the years of study (2021–2023)

Сорт, гибрид	Урожайность семян, т/га			Среднее	Масличность семян, %			Среднее
	2021	2022	2023		2021	2022	2023	
Юбилейный, st	2,51	1,82	1,84	2,06	49,1	49,2	48,1	48,8
Гранит	2,87	1,94	2,02	2,28	49,1	51,2	50,2	50,2
55регион	3,29	2,04	1,95	2,42	50,2	52,6	51,8	51,5
Сибиряк 60	3,14	2,03	2,11	2,43	49,7	50,4	50,3	50,1
Яркий	3,21	2,14	2,16	2,50	50,8	51,5	50,3	50,9
Амулет	3,01	1,97	2,09	2,36	49,6	52,0	49,9	50,5
Руян	2,60	1,79	1,85	2,08	49,6	50,2	48,9	49,6
Прометей	3,00	1,90	2,04	2,31	47,3	49,9	48,4	48,5
Эребус	2,99	1,83	2,02	2,28	47,2	49,5	47,5	48,1
Форпост КЛ	3,05	1,96	1,98	2,33	49,5	49,1	47,0	48,5
АНИИСХ 4	2,78	1,93	1,78	2,16	47,8	48,2	46,4	47,5
Герос	2,71	1,87	2,04	2,21	50,1	51,8	49,4	50,4
<i>Среднее</i>	2,93	1,93	1,99	2,29	49,1	50,5	49,0	49,5
НСР ₀₅	0,3	0,1	0,2	–	0,5	0,6	0,5	–
Озорно, st	3,25	2,16	2,18	2,53	49,5	50,1	48,9	49,5
Сальса КЛ	3,40	2,08	2,22	2,57	48,2	48,8	47,9	48,3
Миракль	3,32	2,16	1,98	2,52	49,9	51,3	49,2	50,1
Люмэн	3,42	2,14	2,06	2,54	50,2	50,9	48,5	49,9
Смилла	3,02	1,98	1,83	2,28	45,9	46,5	44,9	45,8
ПР46Х75	3,52	2,18	2,33	2,68	48,9	50,5	50,2	49,9
<i>Среднее</i>	3,32	2,12	2,10	2,52	48,8	49,7	48,2	48,9
НСР ₀₅	0,1	0,1	0,1	–	0,5	0,5	0,6	–

Масличность семян относится к устойчивому и генетическому признаку и в годы исследований в среднем по сортам составила 49,0–50,5 %, а у гибридов изменялась от 48,2 % (2023 г.) до 49,7 % (2022 г.). Более высокая масличность семян отмечена в условиях 2022 г. в сортах Гранит, 55регион, Яркий, Амулет и Герос и составила 51,2–52,6 %.

Немаловажное значение для возделывания рапса в Сибири имеет период вегетации. Продолжительность вегетационного периода характеризует не только урожайность сорта, но и его приспособленность к засухе, болезням и другим стрессовым факторам. С коротким вегетационным периодом (до 85 суток) как раннеспелые сорта выделены Амулет, Руян,

Эребус и Форпост КЛ. К среднеспелым с вегетационным периодом 88–90 суток относятся сорта Гранит, Яркий, Прометей, АНИИСХ 4 и Герос. Сорта с вегетационным периодом более 90 суток – Юбилейный (st), 55регион и Сибиряк 60 относятся к среднепоздним и в условиях Западной Сибири способны давать среднюю урожайность семян 2,06–2,43 т/га с масличностью семян 48,8–51,5 %. В условиях Западной Сибири изучаемые гибриды были отнесены к ранней и средней группам спелости. При этом раннеспелый гибрид Смилла с вегетационным периодом 79 суток в условиях Западной Сибири имел сравнительно невысокие показатели по продуктивности (урожайность, масличность семян и сбор масла) (табл. 3).

Таблица 3. Характеристика сортов и гибридов рапса ярового по основным хозяйственно полезным признакам (2021–2023 гг.)

Table 3. Characteristics of spring rape varieties and hybrids according to main economically useful traits (2021–2023)

Сорт, гибрид	Вегетационный период, сутки	Сбор масла, кг/га	Количество стручков на растении, шт.	Масса 1000 семян, г	Высота растения, см	Глюкозинолаты, мкмоль/г	Эруковая кислота, %
Юбилейный, st	91	905	75	3,6	115	16,4	0,03
Гранит	88	1030	90	3,8	95	15,9	0,03

Продолжение табл. 3

Сорт, гибрид	Вегетационный период, сутки	Сбор масла, кг/га	Количество стручков на растении, шт.	Масса 1000 семян, г	Высота растения, см	Глюкозинолаты, мкмоль/г	Эруковая кислота, %
55регион	92	1122	118	3,8	115	14,7	0,09
Сибиряк 60	91	1096	120	3,9	110	15,3	0,04
Яркий	88	1145	134	4,0	120	14,9	0,02
Амулет	83	1073	116	3,9	94	15,6	0,03
Руян	82	929	85	3,9	88	15,1	0,02
Прометей	88	1008	110	3,7	99	15,7	0,17
Эребус	84	987	98	3,7	97	17,9	0,12
Форпост КЛ	84	1017	112	3,7	101	15,9	0,11
АНИИСХ 4	88	923	101	4,0	102	18,2	1,39
Герос	89	1002	105	4,2	103	18,1	0,13
НСР ₀₅	1,3	160,0	10,1	0,2	7,4	0,7	0,1
Озорно, st	85	1127	120	3,8	88	15,2	0,04
Сальса КЛ	87	1117	116	3,8	90	16,8	0,06
Миракль	83	1136	128	4,2	99	18,4	0,04
Люмэн	84	1141	130	4,0	97	15,4	0,06
Смилла	79	939	100	3,8	80	19,2	0,02
ПР46Х75	83	1195	143	3,8	101	15,5	0,02
НСР ₀₅	1,5	59,0	9,0	0,1	6,3	0,6	0,1

Структурный анализ по количеству стручков на растении подтверждает средние показатели урожайности семян по сортам и гибридам. Наибольшая семенная продуктивность в среднем за годы исследований отмечена в сортах 55регион (2,42 т/га), Сибиряк 60 (2,43 т/га), Яркий (2,50 т/га), Амулет (2,36 т/га), Прометей (2,31 т/га) и Форпост КЛ (2,33 т/га) при среднем показателе варьирования количества стручков на растении (110–134 шт.) В среднем за три года испытания по урожайности семян гибридов рапса достоверно превысил ПР46Х75 с максимальным количеством стручков на растении 143 шт. Скороспелый и низкорослый гибрид Смилла по основным показателям уступал гибридам и даже некоторым сортам, и наоборот, среднеспелый высокорослый и высокопродуктивный сорт Яркий по показателям достоверно превысил стандарт Юбилейный и был на уровне гибридов по основным хозяйственно ценным признакам. Высота растений в сортах изменялась от 88 см (Руян) до 120 см (Яркий), а у гибридов – соответственно от 80 см (Смилла) до 101 см (ПР46Х75). По массе 1000 семян сорта и гибриды не имели особых отличий, и этот показатель в среднем варьировал от 3,6 до 4,2 г. По крупнотелости выделились сорта Яркий, АНИИСХ 4, Герос, гибриды Миракль и Люмэн.

Современные сорта ярового рапса, используемые для производства пищевого масла и кормового белка, сочетают в себе безэруковость масла (тип 0) с низкоглюкозинолатностью семян (тип 00). В соответствии с новыми требованиями (ГОСТ Р 52325-2005) в оригинальных семенах и семенах элиты (ОС, ЭС) допускается содержание эруковой кислоты в масле для рапса не более 1 %; содержание глюкози-

нолатов в семенах – не более 15 мкмоль/г. В товарных семенах содержание эруковой кислоты не должно превышать 3 %, а глюкозинолатов – 20 мкмоль/г. Не все представленные сорта и гибриды рапса ярового отвечают международным стандартам качества по этим показателям. Более высокое содержание глюкозинолатов в семенах отмечено в сортах Эрббус, АНИИСХ 4, Герос, из гибридов – Миракль и Смилла. Все образцы имели низкое содержание эруковой кислоты в масле (0,02–0,17 %), за исключением сорта АНИИСХ 4 (1,39 %).

Выводы.

1. Экологическое испытание сортов и гибридов рапса ярового позволило выявить существенные различия по основным хозяйственно ценным признакам. В условиях Западной Сибири среди сортов рапса максимальной урожайностью за три года изучения продемонстрировали Яркий (2,50 т/га), Сибиряк 60 (2,43 т/га) и 55регион (2,42 т/га), а среди гибридов выделились по данному показателю ПР46Х75 (2,68 т/га) и Сальса КЛ (2,57 т/га). Наиболее высокая урожайность семян была получена в 2021 г. и варьировала от 2,51 до 3,29 т/га у сортов и от 3,02 до 3,52 т/га у гибридов. Высокая масличность семян отмечена в условиях 2022 г. в сортах Гранит, 55регион, Яркий, Амулет, Герос и составила 51,2–52,6 %. С коротким вегетационным периодом (до 85 суток) как раннеспелые сорта выделены Амулет, Руян, Эрббус и Форпост КЛ.

2. С комплексом хозяйственно ценных признаков наибольший интерес для практической селекции представляют сорта 55регион, Сибиряк 60, Яркий, Амулет, Прометей и Форпост КЛ.

Библиографические ссылки

1. Горлова Л.А., Бочкарева Э.Б., Стрельников Е.А., Сердюк В.В. Использование классических и современных методов в селекции рапса (*Brassica napus*) во ВНИИМК // Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции. 2019. № 180(4). С. 126–131. DOI: 10.30901/2227-8834-2019-4-126-131
2. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). 5-е изд., перераб. и доп. М.: Альянс, 2014. 351 с.
3. Иванова С.С. Биохимия растительного сырья. Иваново: Иван. гос. хим.-технол. ун-т, 2015. 72 с.
4. Карпачев В.В. Приоритеты селекции ярового рапса в условиях меняющегося климата // Масличные культуры. 2011. Вып. 2(148–149). С. 57–61.
5. Лукомец В.М., Тишков Н.М., Трунова М.В., Семеренко С.А. Методика проведения агротехнических исследований в опытах с масличными культурами (Сообщение 3. Исследования в опытах с рапсом) // Масличные культуры. 2023. Вып. 3(195). С. 48–57. DOI: 10.25230/2412-608X-2023-3-195-48-57
6. Методика Государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур. М., 2019. 329 с.
7. Полякова Р.С., Кузнецова Г.Н. Методы отбора и оценка селекционного материала рапса ярового по основным хозяйственно ценным признакам // International agricultural journal. 2023. № 1. С. 363–375. DOI: 10.55186/25876740-2023-7-1-27
8. Серегина Н.В. Зависимость урожайности ярового рапса от параметров его адаптивности // Вестник аграрной науки. 2018. № 4(73). С. 47–52. DOI: 10.15217/48484
9. Gubaev R., Boldyrev S., Gorynova S., Gorunov D., Mazin P., Chernova A., Martynova E., Khaitovich P., Gorlova L., Demurin Y. Genetic Characterization of Russian Rapeseed Collection and Association Mapping of Novel Loci Affecting Glucosinolate Content // Biology, Agricultural and Food Sciences. 2020. Т. 11, № 8. С. 1–15. DOI: 10.3390/genes11080926

References

1. Gorlova L.A., Bochkareva E.B., Strel'nikov E.A., Serdyuk V.V. Ispol'zovanie klassicheskikh i sovremennykh metodov v selektsii rapsa (*Brassica napus*) vo VNIIMK [Use of classical and modern methods in rape (*Brassica napus*) breeding at VNIIMK] // Trudy po prikladnoi botanike, genetike i selektsii. 2019. № 180(4). С. 126–131. DOI: 10.30901/2227-8834-2019-4-126-131
2. Dospekhov B.A. Metodika polevogo opyta (s osnovami statisticheskoi obrabotki rezul'tatov issledovaniy) [Methodology of a field trial (with the basics of statistical processing of the study results)]. 5-e izd., pererab. i dop. M.: Al'yans, 2014. 351 s.
3. Ivanova S.S. Biokhimiya rastitel'nogo syr'ya [Biochemistry of plant materials]. Ivanovo: Ivan. gos. khim.-tekhnol. un-t, 2015. 72 s.
4. Karpachev V.V. Prioritety selektsii yarovogo rapsa v usloviyakh menyayushchegosya klimata [Breeding priorities for spring rape under changing climate conditions] // Maslichnye kul'tury. 2011. Vyp. 2(148–149). S. 57–61.
5. Lukomets V.M., Tishkov N.M., Trunova M.V., Semerenko S.A. Metodika provedeniya agrotekhnicheskikh issledovaniy v opytakh s maslichnymi kul'turami (Soobshchenie 3. Issledovaniya v opytakh s rapsom) [Methodology for conducting agrotechnical research in the trials with oilseeds (Message 3. Research in the trials with rapeseed)] // Maslichnye kul'tury. 2023. Vyp. 3(195), S. 48–57. DOI: 10.25230/2412-608Kh-2023-3-195-48-57
6. Metodika Gosudarstvennogo sortoispytaniya sel'skokhozyaistvennykh kul'tur [Methodology of the State variety testing of agricultural crops]. M., 2019. 329 s.
7. Polyakova R.S., Kuznetsova G.N. Metody otbora i otsenka selektsionnogo materiala rapsa yarovogo po osnovnym khozyaistvenno tsennym priznakam [Methods of selection and estimation of spring rape breeding material based on the main economically valuable traits] // International agricultural journal. 2023. №1. S. 363–375. DOI: 10.55186/25876740-2023-7-1-27
8. Seregina, N. V. Zavisimost' urozhainosti yarovogo rapsa ot parametrov ego adaptivnosti [Dependence of spring rape productivity on its adaptability parameters] // Vestnik agrarnoi nauki. 2018. № 4(73). S. 47–52. DOI: 10.15217/48484
9. Gubaev R., Boldyrev S., Gorynova S., Gorunov D., Mazin P., Chernova A., Martynova E., Khaitovich P., Gorlova L., Demurin Y. Genetic Characterization of Russian Rapeseed Collection and Association Mapping of Novel Loci Affecting Glucosinolate Content // Biology, Agricultural and Food Sciences. 2020. Т. 11, № 8. С. 1–15. DOI: 10.3390/genes11080926

Поступила: 29.01.24; доработана после рецензирования: 06.02.24; принята к публикации: 06.02.24.

Критерии авторства. Авторы статьи подтверждают, что имеют на статью равные права и несут равную ответственность за плагиат.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Авторский вклад. Кузнецова Г.Н. – концептуализация и проектирование исследования, анализ данных и интерпретация, подготовка рукописи; Полякова Р.С. – выполнение полевых опытов и сбор данных, подготовка рукописи.

Все авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.

ПРОВОДЯЩАЯ СИСТЕМА ЛИСТЬЕВ РИСА В ЗАВИСИМОСТИ ОТ УРОВНЯ ПЛОИДНОСТИ

П. И. Костылев, доктор сельскохозяйственных наук, главный научный сотрудник лаборатории селекции и семеноводства риса, ORCID ID: 0000-0002-4371-6848;

Е. Ю. Черпакова, агроном лаборатории клеточной селекции, ORCID ID: 0000-0002-6268-7915;

Н. В. Яновская, агроном лаборатории клеточной селекции, ORCID ID: 0000-0001-6198-6270

ФГБНУ «Аграрный научный центр «Донской»,

347740, Ростовская область, г. Зерноград, ул. Научный городок, д. 3.; e-mail: vniizk30@mail.ru

В статье приводятся данные по изучению проводящей системы флаговых листьев растений риса, выращенных в условиях теплицы в период 2022–2023 годов. Объектами исследования были 24 образца риса, созданные в ФГБНУ «АНЦ «Донской» методом андрогенеза и культуры клеток. Целью этой работы являлось определение степени развития проводящей системы флаговых листьев растений-регенерантов риса с различным уровнем ploidy (1n, 2n, 4n). При изучении проводящей системы листьев растений (количество и площадь пучков) было установлено, что у гаплоидных растений проводящие пучки были меньше по сравнению с ди- и тетраплоидными образцами. Средний диаметр пучка имел размеры 59,5, 69,3 и 75,3 мкм, площадь одного пучка – 2815,6, 3827,2 и 4540,5 мкм² соответственно. В листьях образцов риса с увеличением уровня ploidy формируется большее количество мелких и крупных проводящих пучков. У гаплоидов их количество составило 36–44, у диплоидов – 40–52, у тетраплоидов – 52–60 шт. Среднее количество пучков было 40,3, 46,6 и 55,2 шт. соответственно. Рисунок жилкования индивидуален для каждого образца. Между одиночными крупными пучками размещаются от одного до семи мелких жилок, чаще всего 4–6 шт. Таким образом, образцы с различным уровнем ploidy отличаются по анатомическому строению листьев, что в конечном счете влияет на их морфологию и продуктивность.

Ключевые слова: рис, сорт, образец, проводящая система, лист.

Для цитирования: Костылев П. И., Черпакова Е. Ю., Яновская Н. В. Проводящая система листьев риса в зависимости от уровня ploidy // Зерновое хозяйство России. 2024. Т. 16, № 1. С. 61–69. DOI: 10.31367/2079-8725-2024-90-1-61-69.



VASCULAR SYSTEM OF RICE LEAVES DEPENDING ON PLOIDY LEVEL

P. I. Kostylev, Doctor of Agricultural Sciences, senior researcher of the laboratory for rice breeding and seed production, ORCID ID: 0000-0002-4371-6848;

E. Yu. Cherpakova, agronomist of the laboratory for cell breeding, ORCID ID: 0000-0002-6268-7915;

N. V. Yanovskaya, agronomist of the laboratory for cell breeding, ORCID ID: 0000-0001-6198-6270

FSBSI Agricultural Research Center "Donskoy",

347740, Rostov region, Zernograd, Nauchny Gorodok, 3; e-mail: vniizk30@mail.ru

The current paper has provided data on the study of the vascular system of flag leaves of rice plants grown in a greenhouse in the period 2022–2023. The objects of the study were 24 rice samples developed at the FSBSI "ARC "Donskoy" using the method of androgenesis and cell culture. The purpose of the work was to determine the degree of development of the vascular system of flag leaves of regenerated rice plants with different ploidy levels (1n, 2n, 4n). When studying the vascular system of plant leaves (the number and area of bundles), it was found that haploid plants had smaller vascular bundles compared to di- and tetraploid samples. The average bundle diameter had dimensions of 59.5, 69.3 and 75.3 μm, the area of one bundle was 2815.6, 3827.2 and 4540.5 μm², respectively. In the leaves of rice samples, a larger number of small and large vascular bundles have been formed with increasing ploidy level. Their number was 36–44 in haploids, 40–52 in diploids, 52–60 in tetraploids. The average number of bundles was 40.3, 46.6 and 55.2, respectively. The venation pattern was individual for each sample. Between single large bundles there are from one to seven small veins, most often 4–6 pieces. Thus, samples with different ploidy levels differ in the anatomical structure of the leaves, which ultimately affects their morphology and productivity.

Keywords: rice, variety, sample, vascular system, leaf.

Введение. Листья являются основным местом фотосинтеза и ключевым фактором, определяющим архитектуру растения, тесно связанную с факторами окружающей среды, такими как интенсивность освещения, температура и влажность. Эти факторы влияют на транспирацию растений, устойчивость к стрессу, эффективность фотосинтеза и другие физиологические характеристики (Kubo et al., 2016; Tanaka et al., 2023; Wang et al., 2020).

Понимание механизмов, лежащих в основе архитектуры растений, обеспечивает теоретическую основу для дальнейшего улучшения селекции не только риса, но и других сельскохозяйственных культур (Salsinha et al., 2021; Ионина и др., 2011).

Морфологию листьев определяет трехмерная осевая полярность, которая включает адаксиально-абаксиальную, проксимально-дистальную и срединно-латеральную полярность. У риса образуются тонкие листья, которые со-

стоят из листовой пластинки и влагалища, соединенные воротником, несущим язычок и ушки. Два типа сосудистой сети, большой и малый сосудистые пучки, проходят параллельно вместе с прочной структурой – средней жилкой. Ширина листа влияет на количество жилок, как крупных, так и мелких (Itoh et al., 2005).

Нормальное развитие сосудистых пучков, включающих флоэму и ксилему, луковичеобразных клеток, эпидермиса, устьиц, склеренхимы, мезофилла и др. формирует предпосылки для поддержания архитектуры изобилатерального листа риса (рис. 1).



Рис. 1. Поперечный разрез листа риса (фото авторов)
Fig. 1. Cross section of a rice leaf (the authors' photo)

Луковичеобразные, или моторные, клетки – это большие пузырьковидные эпидермальные клетки, которые расположены группами на верхней поверхности листьев. При нехватке влаги они сокращаются, и лист скручивается в трубку.

Проводящая система растений обеспечивает поступление, движение воды в растениях и ее испарение. Проводящие пучки являются основным структурным и функциональным компонентом листьев растений риса. Они обеспечивают реализацию трофической, транспирационной, регуляторной и механической функций растения. Передвигается вода в растениях по клеткам коровой паренхимы до центрального цилиндра корня, затем по проводящей системе до листовой паренхимы. Вода и растворенные в ней минеральные соли поступают в растение благодаря слаженной работе двух концевых двигателей: нагнетающего корневого и присасывающего листового (Sage et al., 2009).

Архитектура жилкования листьев представляет собой идеальную, высокоструктурированную и эффективную систему водоснабжения и является ключевым фактором, определяющим гидравлическую проводимость, которая жизненно важна для роста растений, особенно в условиях дефицита воды.

Проводящие ткани в листьях объединены в закрытые коллатеральные пучки, которые вместе с окружающими их тканями называются жилками. Крупные жилки сильно выдаются над поверхностью листа, мелкие пучки полностью погружены в мезофилл. Проводящие пучки составляют основу жилкования листа, обеспечивают мезофилл растворами солей и водой, а также осуществляют отток пластических веществ, представляющих собой ор-

ганические соединения, которые являются конечными продуктами в процессе фотосинтетической фиксации и восстановления углекислоты в растениях.

Развитие проводящих пучков как основных элементов проводящей системы влияет на продуктивность растений и их адаптацию к условиям произрастания и устойчивость к стресс-факторам. Число и параметры проводящих пучков в значительной мере определяются видовыми и сортовыми особенностями риса. Сосудистые пучки можно разделить в зависимости от их размера на жилки первого порядка (более развитые и крупные) и второго порядка, менее развитые и меньших размеров (Scarpella et al., 2003; Жайлыбай и др., 2014). Жилки состоят из сосудов флоэмы и ксилемы, окруженных клетками оболочки пучка. Они размещаются в паренхиме, соприкасаясь со склеренхимой. Ксилема повернута к верхней, а флоэма – к нижней стороне листа. При такой организации проводящие ткани стебля и листьев образуют единую непрерывную систему (Sakaguchi and Fukuda, 2008).

Последовательность и повторяющийся рисунок второстепенных и главных жилок обычно симметричны относительно средней жилки и хорошо сохраняются между листьями, при этом вариации обычно наблюдаются только вблизи краев листа. Обычно две второстепенные жилки присутствуют рядом со средней жилкой перед первой основной жилкой, после чего между каждой основной жилкой повторяется рисунок из пяти второстепенных жилок, пока последняя главная жилка не достигнет края листа. Таким образом, соотношение крупных и мелких жилок в листьях риса составляет 1 : 3,3. Продемонстрированы значительные различия в расположении жилок и последо-

вательном распределении крупных и второстепенных жилок по ширине листа, хотя существует значительная корреляция между общим количеством присутствующих жилок и шириной листа (Smillie et al., 2012).

Листовые жилки различаются по размерам и функциям. Толстые жилки обладают лучшей способностью к транспортировке воды и перемещению сахара из-за большого размера сосудов ксилемы и флоэмы. Небольшое количество проводящих пучков и малые размеры их площади задерживают движение и накопление ассимилятов в листьях растений, снижаются функции дыхания, транспирации, фотосинтеза и замедляется рост. Детальное понимание координации анатомии листьев, ассимиляции углерода и переноса воды может обеспечить более четкую способность переходить от физиологических процессов к функционированию всего листа. Необходимы дальнейшие исследования, чтобы понять эволюционную основу для такой координации, особенно в динамичных условиях окружающей среды (Xiong et al., 2017).

И поэтому исследование строения проводящей системы листьев растений риса является актуальным.

Цель исследований – определение степени развития проводящей системы флаговых листьев растений-регенерантов риса с различным уровнем пloidности.

Материалы и методы исследований.

В работе были использованы 24 андрогенных растения регенеранта риса, выращенных в теплице АНЦ «Донской» в 2022–2023 гг.: 4641 [(Inbara-3 x Контакт) x (Khao Hlan On x Кубояр)] – 14 шт., 4565 (IR64 x Магнат) – 2 шт., 5009 [(Inbara 3 x Новатор) x Контакт] – 3 шт., 5010 [(Inbara 3 x Новатор) x Контакт] – 6 шт. Их развитие продолжалось в 2023 г. до цветения, образования семян и созревания.

Для световой просвечивающей микроскопии делали поперечные срезы флаговых листьев риса. Они имеют большое значение для оттока ассимилятов в метелку. Это последние листья побега, поэтому их легко сравнивать между собой у разных растений. Срезы ли-

ста были сделаны вручную из самой широкой средней части листа в трех местах с помощью лезвия бритвы, помещены на предметное стекло и окрашены 1%-м раствором метиленового синего в течение 15 с, а затем промыты дистиллированной водой (Ионова и др., 2011). Срезы просматривали с помощью микроскопа Soptor SZX12, а изображения снимали цифровой камерой DXM 1200 (Nikon). Изображения срезов листьев были получены с помощью компьютерной программы ToupView.Ink Optiphot.

В ходе исследования с помощью микрометра были измерены архитектура жилкования листьев, включая количество больших и малых пучков на срезе листа, их диаметр, площадь одного и всех пучков на срезе листа, а также толщина листа, в том числе центральной жилки.

Результаты и их обсуждение. Фертильные растения риса с нормальными морфологическими признаками являлись дигаметами. Гаметами растения имели малую высоту растений, узкие листья и очень мелкие стерильные колоски. Тетраплоиды отличались высоким ростом, формировали широкие листья, крупные колоски с остевидными отростками и низкой фертильностью. Из 14 растений-регенерантов гибрида 4641 9 были диплоидными и образовали нормальные семена, а 5 – тетраплоидными. Образец 4565 был представлен двумя гаплоидами, 5009 – одним диплоидом и двумя гаплоидами, 5010 – одним диплоидом и четырьмя гаплоидами. Гаметных растений было изучено 8, диплоидных – 11, тетраплоидных – 5.

Листья растений имели нормальную продолговато-ланцетную форму и типичный рисунок полосатого жилкования, в котором основные продольные жилки трех порядков – средняя, большие и малые жилки лежат параллельно вдоль оси листа и соединены поперечно мелкими спаячными жилками.

Оценка степени развития проводящей системы флаговых листьев риса показала значительные различия среди образцов по общему количеству проводящих пучков на листьях, соотношению крупных и мелких второстепенных жилок и их размерам (табл. 1).

Таблица 1. Средние величины параметров пучков проводящей системы флаговых листьев растений риса
Table 1. Average values of the parameters of the bundles of the vascular system of flag leaves of rice plants

№ образца	Количество пучков, шт.	Диаметр пучка, мкм	Площадь одного пучка, мкм ²	Площадь всех пучков, мкм ²	Толщина листа, мкм	Толщина центральной жилки листа, мкм
Гаплоиды						
5009/1	41	59,2	2751	112797	181,0	479,5
5009/3	39	67,0	3524	137431	170,5	451,8
4565/1	44	54,4	2322	102188	167,0	442,7
4565/2	36	50,0	1963	70650	126,3	371,9
5010/1	43	52,9	2193	94317	160,2	424,5
5010/2	42	58,0	2641	110911	159,4	388,4
5010/3	36	68,6	3690	132838	165,9	439,5
5010/5	41	66,2	3441	141073	147,1	389,9
Средние	40,3	59,5	2815,6	112776	159,7	423,5
Ошибка	1,1	2,7	249,1	9067,8	6,3	14,0

Продолжение табл. 1

№ образца	Количество пучков, шт.	Диаметр пучка, мкм	Площадь одного пучка, мкм ²	Площадь всех пучков, мкм ²	Толщина листа, мкм	Толщина центральной жилки листа, мкм
Диплоиды						
4641/1	45	72,0	4069	183125	184,1	459,0
4641/2	48	71,1	3968	190480	182,0	482,2
4641/3	40	57,4	2586	103455	165,8	439,3
4641/5	49	67,0	3524	172669	192,8	504,2
4641/7	49	72,0	4069	199403	162,9	464,1
4641/8	52	62,3	3047	158434	180,0	477,1
4641/10	48	78,8	4874	233972	185,8	492,3
4641/11	47	80,2	5049	237310	192,5	510,1
4641/12	46	55,1	2383	109630	178,6	473,2
5009/2	43	64,6	3276	140865	160,0	424,1
5010/6	48	81,8	5253	252126	272,4	722,0
Средние	46,6	69,3	3827,2	180134	187,0	495,2
Ошибка	1,0	2,8	306,6	15745,7	9,6	25,2
Тетраплоиды						
4641/4	52	58,2	2659	138267	189,5	502,1
4641/6	60	71,7	4036	242136	230,0	609,5
4641/9	55	74,5	4357	239632	165,4	438,4
4641/13	54	83,3	5447	294140	188,1	510,9
4641/14	55	88,9	6204	341221	291,1	727,7
Средние	55,2	75,3	4540,5	251079	212,8	557,7
Ошибка	1,5	5,9	680,9	37846,2	24,8	56,5

Установлено, что гаплоидные растения отличаются меньшими количеством пучков, их диаметрами и площадью поперечного сечения по сравнению с диплоидами и тетраплоидами. Среднее количество пучков у гаплоидов составило 40,3 шт., у диплоидов – 46,6 шт., а у тетраплоидов – 55,2 шт. Средний диаметр пучка имел размеры 59,5, 69,3 и 75,3 мкм, площадь одного пучка – 2815,6, 3827,2 и 4540,5 мкм² соответственно. В зависимости от уровня плоидности увеличивается и толщина листа (от 159,7 до 212,8 мкм), и толщина его центральной жилки (от 423,5 до 557,7 мкм). Эти два признака имели очень высокую корреляцию между собой ($r = 0,99 \pm 0,03$). Корреляция их с уровнем плоидности составила $0,53 \pm 0,18$ и $0,54 \pm 0,18$ соответственно.

При этом количество проводящих пучков варьировало в широких пределах в каждой группе. У гаплоидов колебания составили от 36 (5010/3) до 44 шт. (4565/1), у диплоидов – от 40 (4641/3) до 52 шт. (4641/8), у тетраплоидов – от 52 (4641/4) до 60 шт. (4641/6). Чем больше сосудистых пучков в листе, по которым проходят питательные вещества, тем лучше развивается растение и формируется больше колосков в метелке.

Толщина листа, а также средней жилки тоже показали значительные различия между образцами. Гаплоиды в среднем по группе имели значительно меньшие значения этих параметра (159,7 и 423,5 мкм), чем диплоиды (187,0 и 495,2 мкм), а тетраплоиды значительно увеличили их (212,8 и 557,7 мкм).

Корреляция уровня плоидности составила с количеством пучков $0,87 \pm 0,11$, диаметром

пучка – $0,53 \pm 0,18$, площадью одного пучка – $0,54 \pm 0,18$, площадью всех пучков – $0,72 \pm 0,15$, количеством мелких пучков – $0,90 \pm 0,09$, количеством крупных пучков – $0,33 \pm 0,20$, соотношением по количеству М/К – $0,68 \pm 0,16$, диаметру мелкого пучка – $0,50 \pm 0,18$, диаметру крупного пучка – $0,67 \pm 0,16$. Таким образом, максимальная корреляция была с количеством мелких пучков, минимальная – крупных. Этот признак можно использовать в качестве диагностического при определении плоидности.

В качестве примера на рисунке 2 представлены поперечные срезы листа у гаплоида, диплоида и тетраплоида.

У гаплоида (5010/2) толщина средней жилки и листа рядом с ней составила 388,4 и 159,4, у диплоида (4641/7) – 464,1 и 162,9, у тетраплоида (4641/13) – 510,9 и 188,1 мкм соответственно.

Количество, размеры и расположение трех классов проводящих пучков следуют определенной регулярной схеме структуры жилкования. Одиночные крупные жилки чередуются с несколькими мелкими (рис. 3).

Количество мелких пучков (М) у гаплоидов варьировало от 27 до 33 шт. (в среднем 30,5 шт.), у диплоидов – от 32 до 40 шт. (в среднем 35,8 шт.), у тетраплоидов – от 42 до 48 шт. (в среднем 44,2 шт.) (табл. 2). Таким образом, наблюдается значительное повышение их числа при увеличении уровня плоидности. Если рассматривать крупные пучки (К), то разница была незначительной: у гаплоидов в среднем 9,8 шт., у остальных – по 11,0 шт. Соотношение количества крупных и мелких пучков К/М варьировало у всех образцов от 2,6 до 4,4, в среднем 3,4.

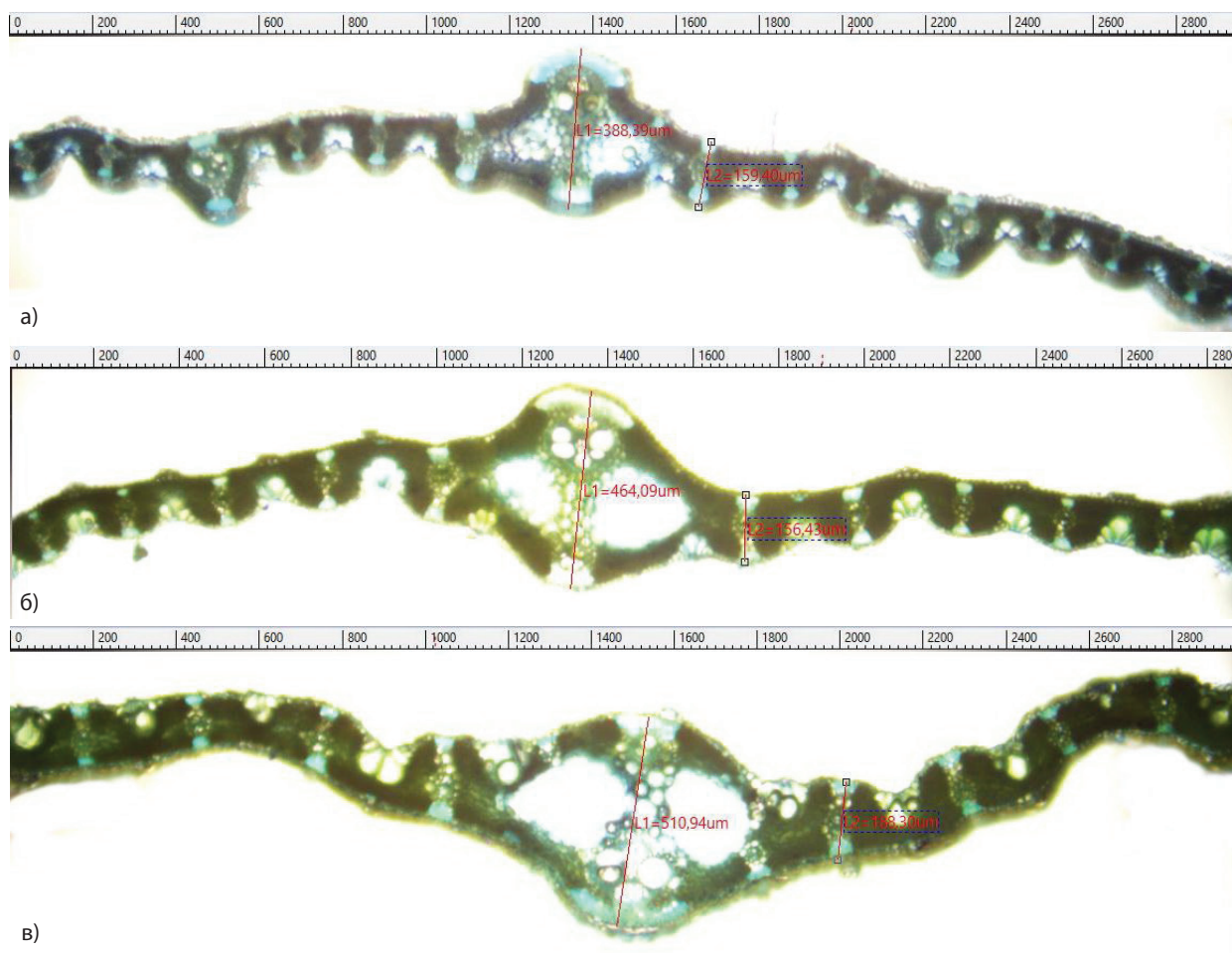


Рис. 2. Поперечные срезы флаговых листьев образцов риса с расположенной по центру средней жилкой:
а – 5010/2 (гаплоид), б – 4641/7 (диплоид), в – 4641/13 (тетраплоид)

Fig. 2. Cross sections of flag leaves of rice samples with a centrally located midvein:
а – 5010/2 (haploid), б – 4641/7 (diploid), в – 4641/13 (tetraploid)

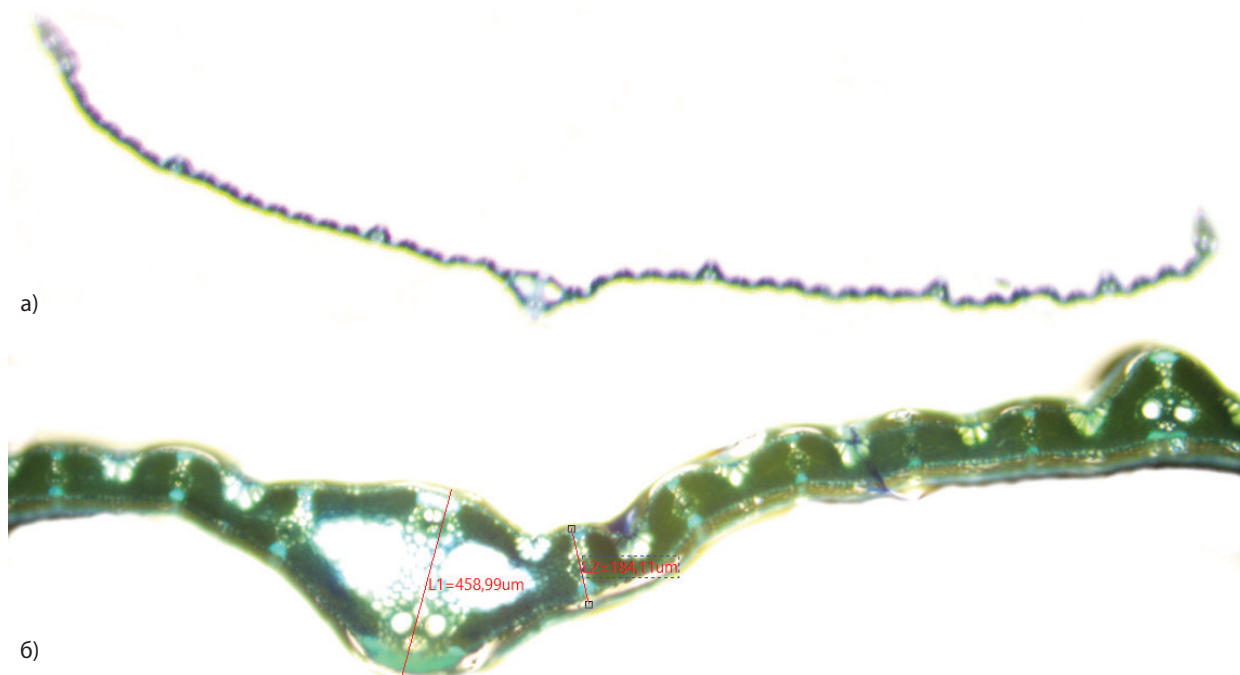


Рис. 3. Поперечный разрез середины листа образца 4641/1 при разном увеличении:
а – $\times 15$, б – $\times 70$, ширина листа в месте среза – 12 мм

Fig. 3. Cross section of the middle of a leaf of sample 4641/1 at different magnifications:
а – $\times 15$, б – $\times 70$, leaf width at the cut point – 12 mm

Средняя толщина крупных жилок составляла у гаплоидов 117,2 мкм с диапазоном от 98,8 до 144,4 мкм. У диплоидов толщина крупных жилок увеличилась в среднем до 139,7 мкм, варьируя от 116,6 до 172,0 мкм, а у тетраплоидов – до 161,1 мкм в пределах от 135,7 до 191,4 мкм (табл. 2). Толщина мелких

жилок в среднем по группам была в 2,72–2,95 меньше основных. У гаплоидов она варьировала от 35,1 до 54,0, в среднем 43,0 мкм, у диплоидов – от 38,9 до 61,7, в среднем 51,7 мкм, у тетраплоидов – от 45,1 до 63,8, в среднем 54,8 мм.

Таблица 2. Характеристики крупных и мелких пучков проводящей системы листьев риса
Table 2. Characteristics of large and small bundles of the vascular system of rice leaves

№ образца	Количество мелких пучков (М), шт.	Количество крупных пучков (К), шт.	Соотношение М/К	Диаметр мелкого пучка, мкм	Диаметр крупного пучка, мкм	Соотношение К/М
Гаплоиды						
5009/1	31	10	3,1	40,9	116,1	2,84
5009/3	29	10	2,9	40,3	144,4	3,59
4565/1	33	11	3,0	43,7	108,3	2,48
4565/2	28	8	3,5	35,1	98,8	2,81
5010/1	33	10	3,3	39,0	110,0	2,82
5010/2	32	10	3,2	44,4	109,7	2,47
5010/3	27	9	3,0	47,0	111,0	2,36
5010/5	31	10	3,1	54,0	139,2	2,58
Средние	30,5	9,8	3,1	43,0	117,2	2,74
Ошибка	0,9	0,3	0,1	2,2	6,0	0,1
Диплоиды						
4641/1	35	10	3,5	50,9	141,5	2,78
4641/2	37	11	3,4	51,3	137,8	2,69
4641/3	32	8	4,0	45,6	119,2	2,62
4641/5	39	10	3,9	48,3	140,1	2,90
4641/7	39	10	3,9	53,0	145,9	2,75
4641/8	40	12	3,3	44,3	132,3	2,99
4641/10	35	13	2,7	56,7	129,8	2,29
4641/11	34	13	2,6	61,5	143,9	2,34
4641/12	35	11	3,2	38,9	116,6	3,00
5009/2	32	11	2,9	61,7	172,0	2,79
5010/6	36	12	3,0	56,4	158,1	2,80
Средние	35,8	11,0	3,3	51,7	139,7	2,72
Ошибка	0,9	0,5	0,2	2,3	5,1	0,1
Тетраплоиды						
4641/4	42	10	4,2	47,9	148,0	3,09
4641/6	48	12	4,0	45,1	148,1	3,28
4641/9	44	11	4,0	54,4	135,7	2,49
4641/13	44	10	4,4	63,8	191,4	3,00
4641/14	43	12	3,6	62,8	182,5	2,91
Средние	44,2	11,0	4,0	54,8	161,1	2,95
Ошибка	1,1	0,5	0,1	4,2	12,1	0,1

Таким образом, вариационные ряды этих признаков перекрывались между группами образцов, однако средние значения повышались с увеличением уровня пloidности.

Сравнение листьев разных образцов показало, что у них отличаются все параметры рисунка жилкования. Фактически, количество мелких жилок между двумя крупными у гаплоидов уменьшено по сравнению с ди- и тетраплоидами (рис. 4).

Количество мелких жилок между двумя крупными жилками у гаплоидов варьировало от 3 до 5, у диплоидов и тетраплоидов – от 1 до 7, однако чаще всего 5–6. Центральная жилка у всех образцов самая крупная, однако не намного больше, чем остальные крупные

пучки. Расстояние между крупными жилками в центре и по краям листа меньше, чем в других его частях. Наблюдается также небольшая срединно-латеральная асимметрия листа. Так, у образца 4565/2 из 36 пучков центральный – № 17, у 4641/1 из 45 – № 25, у 4641/14 из 55 – № 26 (рис. 4).

Развитие проводящей системы тесно связано с органогенезом. Общие размеры растений гаплоидов были значительно меньше, чем у ди- и тетраплоидов. Длина метелки у гаплоидов была в среднем 11,3 см, у диплоидов – 14,1 см, у тетраплоидов – 15,3 см, количество колосков на метелке – 85,0, 94,0 и 48,8 шт., длина колоска – 5,0, 7,5 и 9,0 мм, его масса – 3,0; 26,1 и 34,5 мг соответственно (у гаплоидов пустые колоски).

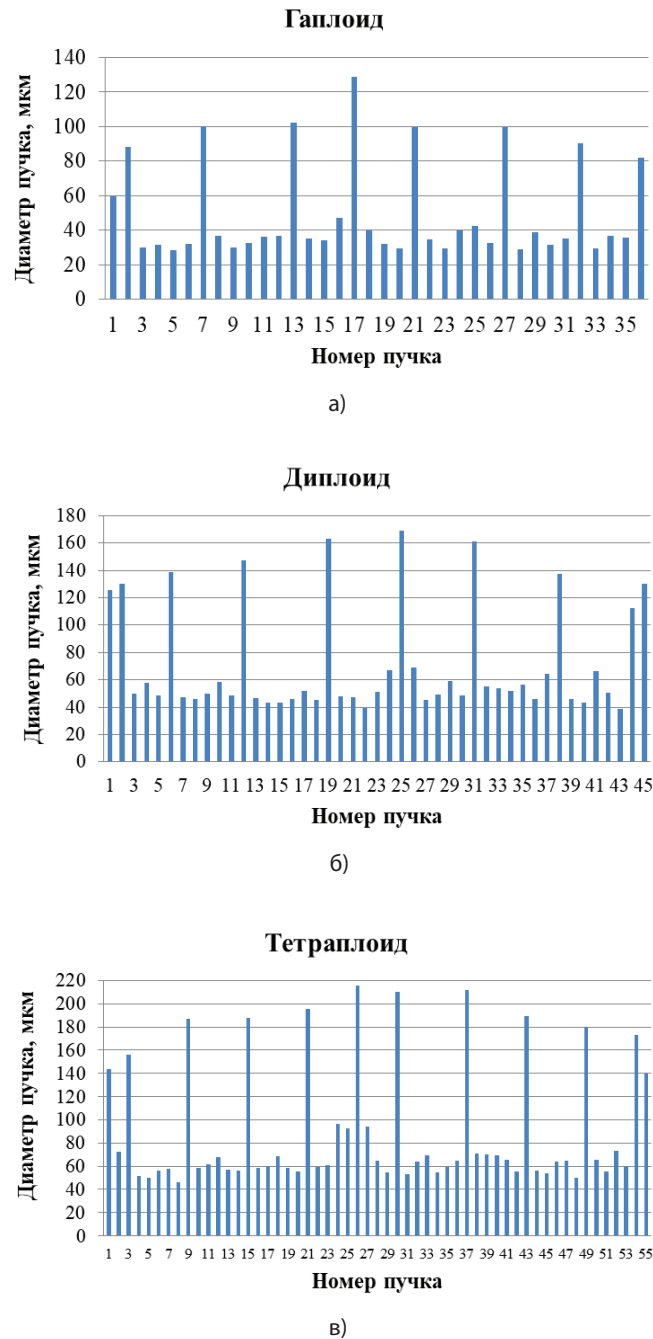


Рис. 4. Порядок чередования крупных и мелких жилок риса и их диаметры:

а – образец 4565/2, б – образец 4641/1, в – образец 4641/14

Fig. 4. The order of alternation of large and small veins of rice and their diameters:

a – sample 4565/2, b – sample 4641/1, c – sample 4641/14

Таким образом, в результате проведенных исследований установлено, что образцы с различным уровнем пloidности отличаются по анатомическому строению листьев, что в конечном счете влияет на их морфологию и продуктивность.

Выводы.

1. В результате оценки проводящей системы флагового листа растений риса установлено, что у гаплоидных растений проводящие пучки были меньше по сравнению с ди- и тетраплоидными образцами. Средний диаметр пучка имел размеры 59,5, 69,3 и 75,3 мкм, площадь

одного пучка – 2815,6, 3827,2 и 4540,5 мкм² соответственно.

2. В листьях образцов риса с увеличением уровня пloidности формируется большее количество мелких и крупных проводящих пучков. У гаплоидов их количество составило 36–44, у диплоидов – 40–52, у тетраплоидов – 52–60 шт. Среднее количество пучков было 40,3, 46,6 и 55,2 шт. соответственно.

3. Рисунок жилкования индивидуален для каждого образца. Между одиночными крупными пучками размещаются от одного до семи мелких, чаще всего 4–6 штук.

4. Образцы риса с различным уровнем строения листьев, что в конечном счете влияет на их морфологию и продуктивность.

Библиографические ссылки

1. Жайлыбай К.Н., Медеуова Г.Ж. Формирование анатомической структуры вегетативных органов риса в зависимости от агроэкологических факторов // Успехи современного естествознания. 2014. № 12–2. С. 25–32.
2. Ионова Е.В., Самофалова Н.Е., Гричаникова Т.А., Газе В.Л. Лист пшеницы и величина его проводящей системы в условиях засухи // Зерновое хозяйство России. 2011. № 5(17). С. 16–18.
3. Itoh J.I., Nonomura K.I., Ikeda K., Yamaki S., Inukai Y., Yamagishi H., Kitano H., Nagato Y. Rice Plant Development: from Zygote to Spikelet // Plant Cell Physiol. 2005. Vol. 46(1), P. 23–47. DOI: 10.1093/pcp/pci501
4. Kubo F.C., Yasui Y., Kumamaru T., Sato Y., Hirano H.Y. Genetic analysis of rice mutants responsible for narrow leaf phenotype and reduced vein number // Genes & Genetic Systems. 2016. Vol. 91(4), P. 235–240. DOI: 10.1266/ggs.16-00018
5. Sage T.L., Sage R.F. The Functional Anatomy of Rice Leaves: Implications for Refixation of Photorespiratory CO₂ and Efforts to Engineer C₄ Photosynthesis into Rice // Plant and Cell Physiology. 2009. Vol. 50, Iss. 4. P. 756–772. DOI: 10.1093/pcp/pcp033
6. Sakaguchi J., Fukuda H. Cell differentiation in the longitudinal veins and formation of commissural veins in rice (*Oryza sativa*) and maize (*Zea mays*) // Journal of Plant Research. 2008. Vol. 121(6), P. 593–602. DOI: 10.1007/s10265-008-0189-1
7. Salsinha Y.C.F., Maryani, Indradewa D., Purwestri Y.A., Rachmawati D. Leaf physiological and anatomical characters contribute to drought tolerance of Nusa Tenggara Timur local rice cultivars // Journal of Crop Science and Biotechnology. 2021. Vol. 24, P. 337–348. DOI: 10.1007/s12892-020-00082-1
8. Scarpella E., Rueb S., Meijer A. The RADICLELESS₁ gene is required for vascular pattern formation in rice // Development. 2003. Vol. 130(4), P. 645–658. DOI: 10.1242/dev.00243
9. Smillie I.R.A., Pyke K.A., Murchie E.H. Variation in vein density and mesophyll cell architecture in a rice deletion mutant population // Journal of Experimental Botany. 2012. Vol. 63, Iss. 12. P. 4563–4570. DOI: 10.1093/jxb/ers142
10. Tanaka W., Yamauchi T., Tsuda K. Genetic basis controlling rice plant architecture and its modification for breeding // Breeding Science. 2023. Vol. 73(1), P. 3–45. DOI: 10.1270/jsbbs.22088
11. Wang J., Xu J., Qian Q., Zhang G. Development of rice leaves: how histocytes modulate leaf polarity establishment // Rice Science. 2020. Vol. 27(6), P. 468–479. DOI: 10.1016/j.rsci.2020.09.004
12. Xiong D., Flexas J., Yu T., Peng S., Huang J. Leaf anatomy mediates coordination of leaf hydraulic conductance and mesophyll conductance to CO₂ in *Oryza* // New Phytol. 2017. Vol. 213(2), P. 572–583. DOI: 10.1111/nph.14186

References

1. Zhailybai K.N., Medeuova G.Zh. Formirovaniye anatomicheskoi struktury vegetativnykh organov risa v zavisimosti ot agroekologicheskikh faktorov [Formation of the anatomical structure of the vegetative rice organs depending on agro-ecological factors] // Uspekhi sovremennogo estestvoznaniya. 2014. № 12–2. S. 25–32.
2. Ionova E.V., Samofalova N.E., Grichanikova T.A., Gaze V.L. List pshenitsy i velichina ego provodyashchei sistemy v usloviyakh zasukhi [Wheat leaf and the size of its vascular system under drought conditions] // Zernovoe khozyaistvo Rossii. 2011. № 5(17). S. 16–18.
3. Itoh J.I., Nonomura K.I., Ikeda K., Yamaki S., Inukai Y., Yamagishi H., Kitano H., Nagato Y. Rice Plant Development: from Zygote to Spikelet // Plant Cell Physiol. 2005. Vol. 46(1), P. 23–47. DOI: 10.1093/pcp/pci501
4. Kubo F.C., Yasui Y., Kumamaru T., Sato Y., Hirano H.Y. Genetic analysis of rice mutants responsible for narrow leaf phenotype and reduced vein number // Genes & Genetic Systems. 2016. Vol. 91(4), P. 235–240. DOI: 10.1266/ggs.16-00018
5. Sage T.L., Sage R.F. The Functional Anatomy of Rice Leaves: Implications for Refixation of Photorespiratory CO₂ and Efforts to Engineer C₄ Photosynthesis into Rice // Plant and Cell Physiology. 2009. Vol. 50, Iss. 4. P. 756–772. DOI: 10.1093/pcp/pcp033
6. Sakaguchi J., Fukuda H. Cell differentiation in the longitudinal veins and formation of commissural veins in rice (*Oryza sativa*) and maize (*Zea mays*) // Journal of Plant Research. 2008. Vol. 121(6), P. 593–602. DOI: 10.1007/s10265-008-0189-1
7. Salsinha Y.C.F., Maryani, Indradewa D., Purwestri Y. A., Rachmawati D. Leaf physiological and anatomical characters contribute to drought tolerance of Nusa Tenggara Timur local rice cultivars // Journal of Crop Science and Biotechnology. 2021. Vol. 24, P. 337–348. DOI: 10.1007/s12892-020-00082-1
8. Scarpella E., Rueb S., Meijer A. The RADICLELESS₁ gene is required for vascular pattern formation in rice // Development. 2003. Vol. 130(4), P. 645–658. DOI: 10.1242/dev.00243
9. Smillie I.R.A., Pyke K.A., Murchie E.H. Variation in vein density and mesophyll cell architecture in a rice deletion mutant population // Journal of Experimental Botany. 2012. Vol. 63, Iss. 12. P. 4563–4570. DOI: 10.1093/jxb/ers142
10. Tanaka W., Yamauchi T., Tsuda K. Genetic basis controlling rice plant architecture and its modification for breeding // Breeding Science. 2023. Vol. 73(1), P. 3–45. DOI: 10.1270/jsbbs.22088
11. Wang J., Xu J., Qian Q., Zhang G. Development of rice leaves: how histocytes modulate leaf polarity establishment // Rice Science. 2020. Vol. 27(6), P. 468–479. DOI: 10.1016/j.rsci.2020.09.004
12. Xiong D., Flexas J., Yu T., Peng S., Huang J. Leaf anatomy mediates coordination of leaf hydraulic conductance and mesophyll conductance to CO₂ in *Oryza* // New Phytol. 2017. Vol. 213(2), P. 572–583. DOI: 10.1111/nph.14186

Поступила: 18.01.24; доработана после рецензирования: 15.02.23; принята к публикации: 15.02.23.

Критерии авторства. Авторы статьи подтверждают, что имеют на статью равные права и несут равную ответственность за плагиат.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Авторский вклад. Костылев П.И. – научное руководство, постановка цели и задач, анализ литературных данных, формирование методологии исследования, анализ данных, написание текста статьи; Яновская Н.В. – отбор листьев растений для анализа, приготовление препаратов поперечных срезов; Черпакова Е.Ю. – сбор данных, промеры и подсчеты, заполнение таблиц.

Все авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.

ОБЩЕЕ ЗЕМЛЕДЕЛИЕ И РАСТЕНИЕВОДСТВО

УДК 633.16:631.531.048

DOI: 10.31367/2079-8725-2024-90-1-70-76

СОРТОВЫЕ ОСОБЕННОСТИ НОВОГО СОРТА ЯЧМЕНЯ ЛЮБОЯР ПРИ ВОЗДЕЛЫВАНИИ С РАЗНОЙ ГУСТОТОЙ ПОСЕВА

О. В. Левакова, кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник отдела селекции и первичного семеноводства, levakova.olga@bk.ru, ORCID ID: 0000-0002-5400-669X
Институт семеноводства и агротехнологий – филиал
Федерального бюджетного научного учреждения
«Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ»,
390502, Рязанская обл., с. Подвьязь, ул. Парковая, д. 1; e-mail: podvyaze@bk.ru

Цель исследований – выявить оптимизированную норму высева семян ярового ячменя Любояр для получения экономически выгодного урожая в условиях Нечерноземной полосы Центрального региона РФ на темно-серых лесных почвах среднего уровня плодородия. Опыты проводили в 2022–2023 гг. в условиях Рязанской области в селекционном севообороте по предшественнику чистый пар. Схема опытов предусматривала изучение 6 вариантов: 3,0; 3,5; 4,0; 4,5; 5,0 и 5,5 млн всхожих зерен на 1,0 га. Установлено, что оптимальным вариантом по показателям полевой всхожести и сохранности растений к уборке является норма 4,0 млн на 1,0 га – 89,5 и 77,5 % соответственно. Число сохранившихся растений перед уборкой, количество продуктивных стеблей, высота растений, длина колоса, число зерен в колосе и масса зерна с колоса оказывают существенное влияние на урожайность культуры ($r = +0,727 \dots +0,955$). Предельные количество стеблей (924 шт./м²) и длину колоса (9,2 см) проявил вариант с нормой высева 4,5 млн, высота (83 см) – 5,0 млн, продуктивная кустистость (3,1) – 5,0–5,5 млн, число зерен в колосе (23,9 шт.) – 4,0 млн, масса зерна с колоса (1,2 г) – 4,0–4,5 млн, масса 1000 зерен (47,5 г) – 3,0 млн всх. зерен/га. Установлено, что с повышением нормы высева увеличивается число растений перед уборкой, количество продуктивных стеблей, высота растений, коэффициент кущения и длина колоса – $r = +0,543 \dots +0,889$, но происходит снижение таких показателей, как масса колоса ($r = -0,355$) и особенно масса 1000 зерен ($r = -0,752$). Наибольшая урожайность получена при норме высева 4,0 млн на га – 7,05 т/га, на втором месте вариант с нормой 4,5 млн /га – 6,90 т/га. При нормах высева 4,0–4,5 млн всх. зерен на 1,0 га отмечена наибольшая рентабельность – 67,2–60,2 %.

Ключевые слова: *Hordéum vulgäre*, норма высева, урожайность, структурные элементы, содержание белка, экономическая эффективность.

Для цитирования: Левакова О. В. Сортвые особенности нового сорта ячменя Любояр при возделывании с разной густотой посева // Зерновое хозяйство России. 2024. Т. 16, № 1. С. 70–76. DOI: 10.31367/2079-8725-2024-90-1-70-76.

**VARIETAL CHARACTERISTICS OF THE NEW BARLEY VARIETY 'LYUBOYAR' WHEN CULTIVATED WITH DIFFERENT SOWING DENSITY**

O. V. Levakova, Candidate of Agricultural Sciences, leading researcher of the department of breeding and primary seed production, levakova.olga@bk.ru, ORCID ID: 0000-0002-5400-669X
Institute of Seed production and Agrotechnologies, Branch of the Federal Budgetary Scientific Institution
"Federal Research Agro-Engineering Center VIM",
390502, Ryazan Region, Ryazan district, v. of Podvyaze, Parkovaya Str., 1; e-mail: podvyaze@bk.ru

The purpose of the current study was to identify the optimized seeding rate of the spring barley variety 'Lyuboyar' to obtain an economically profitable yield in the conditions of the non-blackearth part of the Central region of the Russian Federation on dark gray forest soils of a mean fertility level. The trials were carried out in the conditions of the Ryazan region in the selection crop rotation when sown in "black" fallow in 2022–2023. The trial scheme included the study of 6 options: 3.0; 3.5; 4.0; 4.5; 5.0 and 5.5 million germinating seeds per 1 hectare. There has been established that the optimal option in terms of field germination and preservation of plants for harvesting is the norm of 4.0 million per 1 ha with 89.5 % and 77.5 %, respectively. The number of survived plants before harvesting, the number of productive stems, plant height, head length, number of grains per head and grain weight per head have a significant contribution to crop productivity ($r = +0.727 \dots +0.955$). The maximum number of stems (924 pcs/m²) and head length (9.2 cm) was demonstrated by the variant with a seeding rate of 4.5 million, height (83 cm) with 5.0 million, productive tillering (3.1) with 5.0–5.5 million, number of grains per head (23.9 pcs.) with 4.0 million, weight of grain per head (1.2 g) with 4.0–4.5 million, 1000-grain weight (47.5 g) with 3.0 million seeds per hectare. It was found that with an increase in the seeding rate, the number of plants increases before harvesting, the number of productive stems, plant height, tillering coefficient and head length increase with $r = +0.543 \dots +0.889$, but there has been a decrease in indicators such as head weight ($r = -0.355$) and, especially, 1000-grain weight ($r = -0.752$). The largest productivity of 7.05 t/ha was obtained with a seeding rate of 4.0 million seeds per hectare, in the second place there was 6.90 t/ha with a rate of 4.5 million seeds per ha. At seeding rates of 4.0–4.5 million germ. seeds per 1 ha, the highest profitability was 67.2–60.2 %.

Keywords: *Hordéum vulgäre*, seeding rate, productivity, structural elements, protein percentage, economic efficiency.

Введение. Обширные регионы РФ характеризуются большим разнообразием почвенно-климатических условий, на территории которых селекционные учреждения ежегодно создают новые генотипы ячменя как культуры, имеющей важное экономическое значение (Левакова и др., 2023).

Уровень развития и доведения до производства новых коммерческих генотипов агрокультур в растениеводстве является репрезентативным и рентабельным развитием АПК РФ (Алабушев, 2019).

Одним из важных резервов подъема урожайности считается обоснование оптимальных зональных характеристик агротехнологий. Установлено, что индивидуальная отзывчивость конкретного генотипа на различный рода приемы возделывания требует разработки сортовых технологий (Блохин и др., 2019; Якушев и др., 2015; Hossain et al., 2021), одним из приемов которого является обоснованная густота посева, позволяющая оптимизировать освещенность растений и площадь питания. Данные факторы имеют прямое влияние на структурные элементы урожая. Исходная густота стояния растений у зерновых культур является одними из важнейших факторов, определяющих процесс формирования зерновых агрофитоценозов и основных элементов их продуктивности: кустистость, сохранность растений и стеблей, количество стеблей с колосом, озерненность колоса, массу 1000 зерен и зерна в колосе, урожайность, а также экономические показатели (Ламажап, 2021; Еряшев и др., 2021; Васильченко и др., 2022). Есть связь – недостающее развитие одного из составляющих структуры урожая имеет возможность компенсироваться большим развитием другого (Левакова, 2022).

Экологические различия по районам РФ связаны с ландшафтными, температурными и почвенными особенностями, суммой осадков и др. Каждый новый сорт обладает совокупностью требований, которые он выдвигает к условиям произрастания. Становится ясным, что нет и не может быть сортов с одинаковой нормой высева для всех районов и зон (Якушев и др., 2022). Поэтому один из главных элементов технологии возделывания ярового ячменя в Центральном регионе РФ – выбор оптимальной нормы высева, что в свою очередь сказывается на продуктивной густоте стеблестоя культуры и, в частности, конкретного сорта.

Целью исследований было выявление оптимизированной нормы высева семян ярового ячменя Любояр для получения экономически выгодного урожая в условиях Нечерноземной полосы Центрального региона России на темно-серых лесных почвах среднего уровня плодородия.

Материалы и методы исследований. Полевую закладку опыта проводили на полях Института семеноводства и агротехнологий – филиале Федерального государственного

бюджетного научного учреждения «Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ» (Рязанская область), расположенного в лесостепной зоне Нечерноземной полосы Центрального региона РФ, в 2022–2023 годах. Объект исследований – новый коммерческий сорт ячменя ярового Любояр (патент № 12857), внесенный в 2023 г. в Государственный реестр селекционных достижений РФ по Северо-Западному (2), Центральному (3) и Волго-Вятскому (4) регионам. При средней урожайности сорта Любояр 7,12 т/га в конкурсном сортоиспытании (2019–2023 гг.) выявлено преимущество над стандартным сортом Надежный на 8,7 %.

Почвенный покров на опытном участке представлен темно-серой лесной тяжелосуглинистой почвой среднего уровня плодородия с содержанием органического вещества 5,60 %, pH солевой вытяжки – 4,88 ед., P_2O_5 (по Кирсанову) – 378 мг/кг почвы, K_2O – 275,0 мг/кг почвы.

Закладку опыта с учетной площадью 10 м² проводили систематическим расположением делянок с 4-кратной повторностью в оптимальные сроки сева культуры для Нечерноземной полосы Центрального региона в селекционном севообороте. Посев рядовой с шириной междурядий 15 см проводили сеялкой ССКФ-7М по предшественнику чистый пар. Под предпосевную культивацию вносили минеральные удобрения из расчета (NPK)₆₄ д.в. в виде азофоски ($N_{16}P_{16}K_{16}$). Полевые опыты осуществляли по следующей схеме – норма высева млн всхожих семян на 1,0 га: 1) 3,0; 2) 3,5; 3) 4,0; 4) 4,5; 5) 5,0; 6) 5,5.

Для контроля сорной растительности и вредителей посевов проводили обработку баковой смесью гербицидов (Балерина, СЭ – 0,4 л/га + Магнум, ВДГ – 7 г/га) с добавлением инсектицида Борея, СК – 0,1 л/га. Элементы структуры урожая определяли со снопового материала с учетных площадок, взятых с площади 0,25 м² в 4 повторениях. Биохимические показатели качества зерна ячменя (содержание белка, %) определены методом ИК – инфракрасной спектроскопии с использованием прибора Unity Scientific Spectra Star 2400 (Дания), подсчет массы 1000 семян осуществляли с помощью автоматического счетчика семян SLY-C Plus (Китай). Статистическую обработку экспериментальных данных методами дисперсионного и корреляционного анализов провели по соответствующей методике с использованием компьютерной программы Microsoft Office Excel и «Diana». Уборку опытных делянок осуществляли с помощью селекционного комбайна SAMPO-130, урожайные данные приводили к стандартной 14%-й влажности.

Метеорологические условия май-июль (по данным метеостанции ИСА – филиал ФГБНУ ФНАЦ ВИМ) за весь период исследований представлены на рисунке 1.

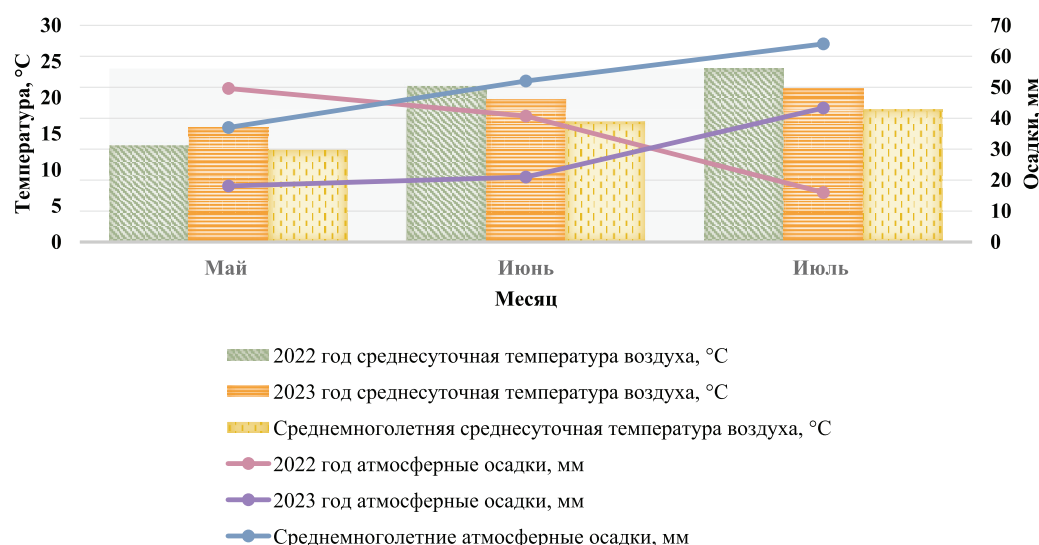


Рис. 1. Метеорологические условия (распределение атмосферных осадков и среднесуточные температуры воздуха) периода вегетации ярового ячменя, май–июль 2022–2023 гг.

Fig. 1. Meteorological conditions (distribution of precipitation and average daily air temperatures) during spring barley vegetation period, May–July 2022–2023

Вегетационный период 2022 г. являлся засушливым (ГТК = 0,53). Температура мая была умеренно теплой и практически соответствовала среднемноголетним значениям с превышением количества осадков на 134,1 % (49,6 мм). Температурный режим июня был оптимальным для роста и развития ярового ячменя, а осадков выпало меньше среднемноголетних значений на 21,7 % (40,7 мм). В июле среднесуточная температура имела повышенные значения, дневные температуры достигали 28–34 °C, а среднесуточные – на 5,2 °C больше среднемноголетних значений. Осадков выпало 25,0 % от нормы (ГТК = 0,22). Так, первая декада июля, совпавшая с фазами цветения и налива зерна, сопровождалась повышенной температурой воздуха – 25,4 °C (+7,1 °C) и полным отсутствием осадков. Вторая и третья декады месяца характеризовались аналогичным температурным режимом и малым количеством осадков – 33,2–39,5 % от среднемноголетней нормы.

Вегетационный период 2023 г. характеризовался оптимальным значением по гидротермическому коэффициенту – ГТК = 0,9. Температурный режим практически соответствовал среднемноголетним значениям, а осадки выпадали крайне неравномерно и в виде ливневых дождей. Но важные этапы органогенеза (кущение, выход в трубку, колошение) проходили со значительным недобором влаги в почве. Фаза кущения ячменя (конец первой – начало второй декады мая) проходила при оптимальных среднесуточных температурах (19,3–21,2 °C) и отсутствии осадков. В фазу выхода в трубку (третья декада мая) отмечены повышение среднесуточных температур на 5,2 °C (максимальная температура в этот период достигала 26,5 °C) и недобор осадков на 53,6 %. Первая и вторая декады июня также характеризовались недобором осадков (ГТК = 0,17–0,04 соответственно) на 60,0–95,3 % и превышением среднесуточной температуры

на 3,5–4,6 °C в сравнении с среднемноголетними значениями. Отмечена по сумме осадков третья декада июня (осадки в общей сумме 31,5 мм, что на 165,8 % выше нормы). Июль в целом характеризовался оптимальными условиями по гидротермическому (ГТК = 1,30) и температурному (21,2 °C) режимам.

Результаты и их обсуждение. Выбор оптимальной густоты стояния растений, зависящий от обоснованной нормы высева семян, имеет большое практическое значение в растениеводческой отрасли. При определении оптимальной предуборочной густоты и нормы высева необходимо иметь определенные показатели полевой всхожести и сохранности растений.

За годы исследований средняя полевая всхожесть ячменя колебалась от 76,7 (3,0 млн на 1,0 га) до 89,5 % (4,0 млн на 1,0 га). Значимой разницы в увеличении полевой всхожести от возрастающих норм высева ($y = 0,5714x + 80$, $R^2 = 0,0602$) не обнаружено, и коэффициент корреляции равен +0,245. Прослеживается средний положительный тренд ($r = +0,543^*$) сохранности растений перед уборкой с увеличением нормы высева ячменя сорта Любояр ($y = -5,0943x + 83,913$, $R^2 = 0,7511$) (рис. 2).

Установлено, что величина урожая сорта Любояр в первую очередь зависит от числа растений, сохранившихся к уборке ($r = +0,955^{**}$). Максимальные показатели сохранности растений перед уборкой (77,5 %) зафиксированы у варианта с нормой высева семян 4,0 млн на 1,0 га, минимальные (49,8 %) – с самой высокой нормой 5,5 млн на 1,0 га.

Анализ полученных данных выявил, что оптимальным вариантом по данным показателям является норма высева 4,0 млн на 1,0 га, имеющая оптимальные показатели полевой всхожести (89,5 %) и сохранности растений перед уборкой (77,5 %).

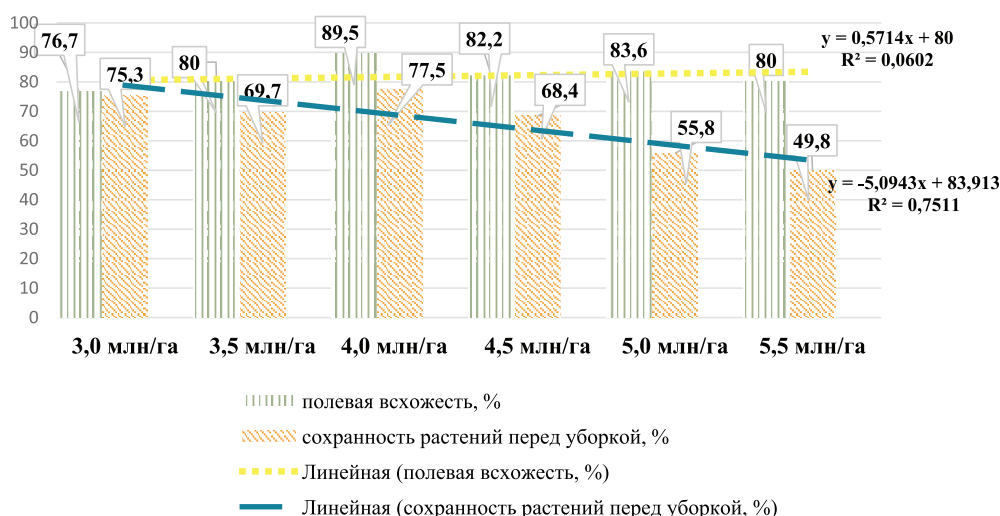


Рис. 2. Полевая всхожесть и сохранность растений к уборке (среднее за 2022–2023 гг.)
 Fig. 2. Field germination and safety of plants for harvesting (mean in 2022–2023)

Важно отметить, что проведенный биометрический анализ урожайности при различных нормах высева, представленный в таблице 1, указывает на то, что в опыте на продуктивность данного сорта статистически значимо повлия-

ли: число растений перед уборкой, количество продуктивных стеблей, высота растений, длина колоса, количество зерен в колосе, масса зерна с колоса – $r = +0,727...+0,955$.

Таблица 1. Индивидуальная продуктивность сорта Любояр в зависимости от нормы высева (среднее за 2022–2023 гг.)
 Table 1. Individual productivity of the variety 'Lyuboyar' depending on the seeding rate (mean in 2022–2023)

Вариант опыта	Число растений перед уборкой, шт./м ²	Количество продуктивных стеблей, шт./м ²	Высота, см	Коэффициент кущения	Длина колоса, см	Количество зерен в колосе, шт.	Масса колоса, г	Масса 1000 зерен, г
3,0 млн /га	226±19	588±43	72±1,1	2,6±0,38	7,5±0,41	22,1±0,3	1,1±0,05	47,5±0,7
3,5 млн /га	244±21	708±27	75±0,7	2,9±0,26	8,7±0,23	21,9±0,2	1,1±0,05	44,1±1,1
4,0 млн /га	310±18	836±31	82±0,4	2,7±0,42	9,1±0,21	23,9±0,1	1,2±0,03	47,1±1,8
4,5 млн /га	308±20	924±19	82±0,3	3,0±0,10	9,2±0,20	23,5±0,1	1,2±0,01	43,4±2,1
5,0 млн /га	279±12	864±16	83±0,6	3,1±0,04	8,7±0,17	22,8±0,4	1,1±0,02	42,4±0,8
5,5 млн /га	274±14	848±21	81±0,5	3,1±0,03	8,8±0,09	21,3±0,6	1,0±0,01	43,2±0,3
НСР ₀₅	3,6	5,3	6,7	0,16	0,31	1,1	0,14	0,93
Коррелируемые с урожайностью показатели, r								
+0,304	+0,955**	+0,756**	+0,769*	-0,075	+0,727*	+0,891**	+0,751*	-0,007
Коррелируемые с нормой высева показатели, r								
x	+0,543*	+0,803**	+0,813*	+0,889*	+0,579*	-0,091	-0,355*	-0,752*

Примечание. * – значимо при $p = 0,05$; ** – значимо при $p = 0,01$.

Наибольшее количество продуктивных стеблей (924 шт./м²) и длина колоса (9,2 см) зафиксированы у варианта с нормой высева 4,5 млн, наибольшая высота растений (83 см) – 5,0 млн, наибольший коэффициент кущения (3,1) – 5,0–5,5 млн, наибольшее количество зерен в колосе (23,9 шт.) – 4,0 млн, масса колоса (1,2 г) – 4,0–4,5 млн, масса 1000 зерен (47,5 г) – 3,0 млн всх. зерен на 1,0 га.

Выявлено, что с повышением нормы высева увеличивается число растений перед уборкой, количество продуктивных стеблей, высота растений, коэффициент кущения и длина колоса – $r = +0,579...+0,889$, но происходит снижение

таких показателей, как масса колоса ($r = -0,355$) и особенно масса 1000 зерен ($r = -0,752$).

Исследования выявили, что более благоприятные условия для развития нового сорта создаются при средних (из испытываемых) нормах высева семян – 4,0–4,5 млн на 1,0 га. Максимальные показатели урожайности получены при норме высева 4,0 млн на 1,0 га – 7,05 т/га, имея весомое преимущество по урожайности до 35,6 % с нормой высева 3,0 млн на 1,0 га. На втором месте по урожайности находится вариант 4,5 млн на 1,0 га – 6,90 т/га (рис. 3).

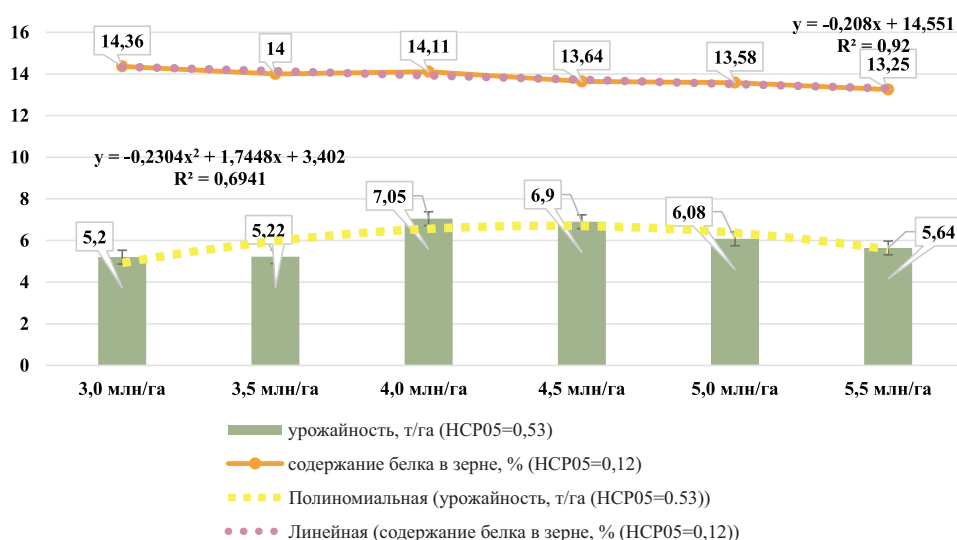


Рис. 3. Средняя урожайность и содержание белка в зерне сорта Любояр при разных нормах высева
Fig. 3. Mean productivity and protein percentage in grain of the variety 'Lyuboyar' at different seeding rates

Установлена существенная отрицательная (близкая к функциональной) зависимость содержания белка в зерне у исследуемого сорта от густоты стояния растений ($r = -0,959$) – с повышением нормы высева происходит снижение белка в зерне. При минимальной норме высева 3,0 млн /га содержание белка составляет 14,36 %, при максимальной (5,5 млн на 1,0 га) – 13,25 %.

Нужно принимать во внимание и то условие, что отечественные сельхозпроизводители на первый план выдвигают финансовую целесообразность агротехнологий. Стоимость валовой продукции зависит от рыночной стоимости фуражного зерна ячменя. При расчете на величину урожайности стоимость валовой продукции находилась в пределах 44200–59925 руб./га (табл. 2).

Таблица 2. Экономическая эффективность возделывания нового сорта ячменя Любояр в зависимости от нормы высева
Table 2. Economic cultivating efficiency of the new barley variety 'Lyuboyar' depending on a seeding rate

№ варианта	Урожайность, т/га	Стоимость валовой продукции, руб./га*	Производственные затраты, руб./га	Себестоимость зерна, руб./т	Условно чистый доход, руб./га	Уровень рентабельности, %
3,0 млн /га	5,20	44200	34280	6892	9920	28,9
3,5 млн /га	5,22	44370	35060	6866	9310	26,6
4,0 млн /га	7,05	59925	35840	5084	24085	67,2
4,5 млн /га	6,90	58650	36620	5194	22030	60,2
5,0 млн /га	6,08	51680	37400	5895	14280	38,2
5,5 млн /га	5,64	47940	38180	6354	9760	25,6
НСР ₀₅	0,53	–	–	–	–	–

Примечание. * – цена за 1 т фуражного зерна ячменя 8500 рублей.

Наибольшую стоимость валовой продукции имела норма 4,0–4,5 млн на 1,0 га, наименьшую – 3,0 млн на 1,0 га. Себестоимость продукции во всех вариантах опыта была ниже рыночной цены на фуражное зерно ячменя ярового в регионе исследования. Наименьшая себестоимость отмечалась в вариантах 4,0–4,5 млн на 1,0 га – 5084–5194 руб./т соответственно. Увеличение условно чистого дохода положительно отразилось на рентабельности производства. Высокий уровень рентабельности (67,2–60,2 %) возделывания ячменя ярового сорта Любояр при нормах 4,0–4,5 млн на 1,0 га свидетельствует о выгоде возделывания данного сорта в Рязанской области при указанных нормах.

Выводы. Установлено, что выбор оптимальной густоты стояния растений имеет большое практическое значение. В результате полевых исследований в 2022–2023 гг. выявлено, что на урожайность ($r = +0,304$) и ее структурные элементы – число растений перед уборкой ($r = +0,543$), количество продуктивных стеблей ($r = +0,803$), высоту растений ($r = +0,813$), коэффициент кущения ($r = +0,889$), длину колоса ($r = +0,579$), содержание белка ($r = -0,959$) – в зерне ячменя сорта Любояр в условиях Рязанской области на темно-серой лесной почве среднего уровня плодородия значительно влияет норма высева семян данного сорта. Наивысший показатель урожайности за годы исследований, являющийся главным

критерием оценки данного опыта, был достигнут при нормах высева от 4,0 до 4,5 млн всх. зерен на 1,0 га – 7,05–6,90 т/га соответственно. Максимальные показатели условно чистого до-

хода (24085–22030 руб./га) и уровня рентабельности (67,2–60,2 %) всецело подтвердили преимущество выделенных норм высева.

Библиографические ссылки

1. Алабушев А.В. Экспортные поставки и современное состояние рынка зерна пшеницы в России и мире // Достижения науки и техники АПК. 2019. Т. 33, № 2. С. 68–70. DOI: 10.24411/0235-2451-2019-10216.2
2. Блохин В.И., Сержанов И.М., Ланочкина М.А., Ганиева И.С., Каримов Х. З. Отзывчивость сорта ярового ячменя Камашевский на норму высева // Достижения науки и техники АПК. 2019. Т. 33, № 5. С. 39–41. DOI: 10.24411/0235-2451-2019-10509
3. Васильченко С.А., Метлина Г.В., Ковтунов В.В. Влияние сроков, способов посева и норм высева на продуктивность сорго зернового сорта Зерноградское 88 // Зерновое хозяйство России. 2022. Т. 14, № 4. С. 91–96. DOI: 10.31367/2079-8725-2022-82-4-91-96
4. Еряшев А.П., Козлова А.А., Железнов А.С. Эффективность возделывания пивоваренного ячменя на разных фонах минерального питания и нормах высева // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. 2021. Т. 1, № 53. С. 40–45. DOI: 10.18286/1816-4501-2021-1-40-45
5. Ламажап Р.Р. Изучение влияния норм высева и сроков посева на урожайность сортов ярового ячменя // The Scientific Heritage. 2021. Vol. 1, № 74. P. 8–10. DOI: 10.24412/9215-0365-2021-74-1-8-10
6. Левакова О.В., Гладышева О.В., Ерошенко Л.М. Адаптированный к условиям Центрального региона новый сорт ячменя ярового Рафаэль // Зерновое хозяйство России. 2023. № 1. С. 42–49. DOI: 10.31367/2079-8725-2023-84-1-42-49
7. Левакова О.В. Вариабельность элементов структуры урожая ярового ячменя в зависимости от гидротермических условий вегетации // Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2022. Т. 23, № 3. С. 327–333. DOI: 10.30766/2072-9081.2022.23.3.327-333
8. Якушев В.П., Михайленко И.М., Драгавцев В.А. Агротехнологические и селекционные резервы повышения урожаев зерновых культур в России // Сельскохозяйственная биология. 2015. Т. 50, № 5. С. 550–560.
9. Якушев В.П., Канаш Е.В., Русаков Д.В., Якушев В.В., Блохина С.Ю., Петрушин А.Ф., Блохин Ю.И., Митрофанова О.А., Митрофанов Е.П. Корреляционные зависимости между вегетационными индексами, урожаем зерна и оптическими характеристиками листьев пшеницы при разном содержании в почве азота и густоте посева // Сельскохозяйственная биология. 2022. Т. 1, № 57. С. 98–112. DOI: 10.15389/agrobiology.2022.1.98rus
10. Hossain A., Skalicky M., Brestic M., Maitra S., Ashraful Alam M., Abu Syed M., Hossain J., Sarkar S., Saha S., Bhadra P., Shankar T., Bhatt R., Chaki A. K., EL Sabagh A., Islam T. Consequences and Mitigation Strategies of Abiotic Stresses in Wheat (*Triticum aestivum* L.) under the Changing Climate // Agronomy. 2021. Vol. 11, № 2. Article number: 241. DOI: 10.3390/agronomy11020241

References

1. Alabushev, A.V. Eksportnye postavki i sovremennoe sostoyanie rynka zerna pshenitsy v Rossii i mire [Export supplies and the current state of the wheat grain market in Russia and the world] // Dostizheniya nauki i tekhniki APK. 2019. T. 33, № 2. S. 68–70. DOI: 10.24411/0235-2451-2019-10216.2
2. Blokhin V.I., Serzhanov I.M., Lanochkina M.A., Ganieva I.S., Karimov Kh.Z. Otzyvchivost' sorta yarovogo yachmenya Kamashevskii na normu vyseva [Responsiveness of the spring barley variety 'Kamashevsky' to the seeding rate] // Dostizheniya nauki i tekhniki APK. 2019. T. 33, № 5. S. 39–41. DOI: 10.24411/0235-2451-2019-10509
3. Vasil'chenko S.A., Metlina G.V., Kovtunov V.V. Vliyaniye srokov, sposobov poseva i norm vyseva na produktivnost' sorgo zernovogo sorta Zernogradskoe 88 [The effect of terms, sowing methods and seeding rates on productivity of the grain sorghum variety 'Zernogradskoe 88'] // Zernovoe khozyaistvo Rossii. 2022. T. 14, № 4. S. 91–96. DOI: 10.31367/2079-8725-2022-82-4-91-96
4. Eryashev A.P., Kozlova A.A., Zheleznov A.S. Effektivnost' vzdelyvaniya pivovarenного yachmenya na raznykh fonakh mineral'nogo pitaniya i normakh vyseva [Efficiency of malting barley cultivation on different backgrounds of mineral nutrition and seeding rates] // Vestnik Ul'yanovskoi gosudarstvennoi sel'skokhozyaistvennoi akademii. 2021. T. 1, № 53. S. 40–45. DOI: 10.18286/1816-4501-2021-1-40-45
5. Lamazhap R.R. Izuchenie vliyaniya norm vyseva i srokov poseva na urozhainost' sortov yarovogo yachmenya [Study of the effect of seeding rates and sowing dates on productivity of spring barley varieties] // The Scientific Heritage. 2021. Vol. 1, № 74. P. 8–10. DOI: 10.24412/9215-0365-2021-74-1-8-10
6. Levakova O.V., Gladysheva O.V., Eroshenko L.M. Adaptirovannyi k usloviyam Tsentral'nogo regiona novyi sort yachmenya yarovogo Rafael' [The new spring barley variety 'Rafael' adapted to the conditions of the Central region] // Zernovoe khozyaistvo Rossii. 2023. №1. S. 42–49. DOI: 10.31367/2079-8725-2023-84-1-42-49
7. Levakova O.V. Variabel'nost' elementov struktury urozhaya yarovogo yachmenya v zavisimosti ot gidrotermicheskikh uslovii vegetatsii [Variability of spring barley yield structure elements depending on hydrothermal vegetation conditions] // Agrarnaya nauka Euro-Severo-Vostoka. 2022. T. 23, № 3. S. 327–333. DOI: 10.30766/2072-9081.2022.23.3.327-333
8. Yakushev V.P., Mikhailenko I.M., Dragavtsev V.A. Agrotekhnologicheskie i selektsionnye rezervy povysheniya urozhayev zernovykh kul'tur v Rossii [Agrotechnological and breeding reserves for improving grain yields in Russia] // Sel'skokhozyaistvennaya biologiya. 2015. T. 50, № 5. S. 550–560.

9. Yakushev V.P., Kanash E.V., Rusakov D.V., Yakushev V.V., Blokhina S.Yu., Petrushin A.F., Blokhin Yu.I., Mitrofanova O.A., Mitrofanov E. P. Korrelyatsionnye zavisimosti mezhdu vegetatsionnymi indeksami, urozhaem zerna i opticheskimi kharakteristikami list'ev pshenitsy pri raznom soderzhanii v pochve azota i gustote poseva [Correlation between vegetation indices, grain productivity and optical characteristics of wheat leaves at different nitrogen content in soil and sowing density] // Sel'skokhozyaistvennaya biologiya. 2022. T. 1, № 57. S. 98–112. DOI: 10.15389/agrobiolgy.2022.1.98rus

10. Hossain A., Skalicky M., Brestic M., Maitra S., Ashraful Alam M., Abu Syed M., Hossain J., Sarkar S., Saha S., Bhadra P., Shankar T., Bhatt R., Chaki A.K., EL Sabagh A., Islam T. Consequences and Mitigation Strategies of Abiotic Stresses in Wheat (*Triticum aestivum* L.) under the Changing Climate // Agronomy. 2021. Vol. 11, № 2. Article number: 241. DOI: 10.3390/agronomy11020241

Поступила: 27.10.23; доработана после рецензирования: 13.12.23; принята к публикации: 18.12.23.

Критерии авторства. Автор статьи подтверждает, что имеет на статью полное право и несет ответственность за плагиат.

Конфликт интересов. Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

Авторский вклад. Левакова О.В. – концептуализация исследования, анализ данных и их интерпретация, подготовка рукописи.

Автор прочитал и одобрил окончательный вариант рукописи.

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ЭЛЕМЕНТОВ ТЕХНОЛОГИИ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ ГОРЧИЦЫ САРЕПТСКОЙ (*BRASSICA JUNCEA* L.) НА ЧЕРНОЗЕМЕ ВЫЩЕЛОЧЕННОМ ЗАПАДНОГО ПРЕДКАВКАЗЬЯ

О. Д. Занозина, аспирант, младший научный сотрудник лаборатории селекции горчицы,
olesya.zanozina@mail.ru, ORCID ID: 0000-0002-4486-1692
ФГБНУ «ФНЦ «Всероссийский научно-исследовательский институт масличных культур
им. В. С. Пустовойта»,
350038, г. Краснодар, ул. им. Филатова, д. 17; e-mail: vniimk@vniimk.ru

Увеличивающийся интерес у сельскохозяйственных производителей к перспективной многоцелевой культуре – горчице сарептской яровой требует совершенствования элементов технологии ее возделывания для получения стабильно высоких урожаев. Исследования проводили в 2021–2022 гг. на опытных полях центральной экспериментальной базы ФГБНУ «ФНЦ «Всероссийский научно-исследовательский институт масличных культур им. В. С. Пустовойта». Цель исследований – изучение и научное обоснование отдельных элементов технологии (срок посева, норма высева семян и уровень минерального питания) возделывания горчицы сарептской на семенную продуктивность культуры, выращиваемой на черноземе выщелоченном Западного Предкавказья. Установлено, что наибольшая урожайность (1,42 т/га) и сбор масла (0,60 т/га) культуры наблюдаются при раннем сроке посева (первый срок (ранний) – II декада апреля) с минимальной нормой высева семян 1,3 млн шт./га. Однократная подкормка горчицы сарептской яровой аммонийной селитрой в дозе N_{60} в фазе всходов способствует получению максимальной урожайности – 2,08 т/га и сбора масла – 0,87 т/га. Но наибольшее содержание масла в семенах (47,1 %) наблюдалось в варианте с внесением азотного удобрения в дозе N_{30} дробно в равных частях: в фазе «всходы» (N_{15}) и «стеблевание» (N_{15}) культуры. Некорневая обработка посевов горчицы сарептской яровой смесями гелиев (гель Микро в дозе 1 л/га и гель Брассика в дозе 2 л/га) в фазе стеблевания культуры позволило получить наибольшую урожайность – 1,85 т/га, масличность семян – 47,9 % и сбор масла – 0,80 т/га.

Ключевые слова: горчица сарептская, срок посева, норма высева семян, макроудобрения, микроудобрения, аммонийная селитра.

Для цитирования: Занозина О. Д. Совершенствование элементов технологии возделывания горчицы сарептской (*Brassica juncea* L.) на черноземе выщелоченном Западного Предкавказья // Зерновое хозяйство России. 2024. Т. 16, № 1. С. 77–82. DOI: 10.31367/2079-8725-2024-90-1-77-82.



IMPROVING THE ELEMENTS OF CULTIVATING TECHNOLOGY FOR SAREPTA MUSTARD (*BRASSICA JUNCEA* L.) ON LEACHED BLACK EARTH OF WESTERN CISCAUCASIA

O. D. Zanozina, postgraduate, junior researcher, mustard breeding laboratories,
ORCID ID: 0000-0002-4486-1692
FSBSI “FRC “All-Russian Scientific Research Institute of Oil Crops by the name of Pustovoi V. S.”,
350038, Krasnodar, Filatov Str., 17; e-mail: olesya.zanozina@mail.ru

Increasing interest among agricultural producers in Sarepta spring mustard as a promising, multi-purpose crop requires improving the elements of its cultivation technology to obtain consistently high yields. The current study was carried out in 2021–2022 on the experimental fields of the central experimental base of the FSBSI “FRC “All-Russian Scientific Research Institute of Oil Crops by the name of Pustovoi V. S.”. The purpose of the research was to study and scientifically substantiate individual elements of the technology (sowing time, seed sowing rate and level of mineral nutrition) for Sarepta mustard's cultivation on seed productivity of the crop grown on leached blackearth (chernozem) of Western Ciscaucasia. There has been established that the highest yield (1.42 t/ha) and oil yield (0.60 t/ha) of the crop is obtained at an early sowing time (the first term (early) is in the 2nd decade of April) with a minimum seed sowing rate (1.3 million units/ha). Sarepta spring mustard's single feeding of with ammonium nitrate at a dose of N_{60} in the seedling phase has helped to obtain maximum yield of 2.08 t/ha and 0.87 t/ha of oil. But the largest oil content in seeds (47.1 %) was identified in the variant with the application of nitrogen fertilizer at a dose of N_{30} fractionally in equal parts, i.e. in the stages of germination (N_{15}) and booting (N_{15}). Foliar treatment of Sarepta spring mustard with helium mixtures (Micro gel at a dose of 1 l/ha and Brassica gel at a dose of 2 l/ha) in the booting stage allowed obtaining the highest yield of 1.85 t/ha, with 47.9 % of oil in seeds and 0.80 t/ha of oil yield.

Keywords: Sarepta mustard, sowing time, seed sowing rate, macrofertilizers, microfertilizers, ammonium nitrate.

Введение. Горчица является древнейшей культурой многоцелевого использования. В конце XVIII в. на приеме у императрицы Екатерины Великой граф Н.А. Бекетов попробовал горчичное масло, привозимое из Англии. После этого он в своем имении Отрада начал

опыты по выращиванию горчицы. Скрестив дикорастущую горчицу с английской и французской, граф получил новый сорт. С этого времени начинается ее история как культурного растения, возделываемого на территории Российской империи. Очень долгое вре-

мя, примерно до 1931 г., горчица являлась практически основной масличной культурой в СССР, но с расширением ассортимента культур у сельскохозяйственных производителей интерес к горчице постепенно уменьшался. Но в некоторые годы посевные площади под горчицей были значительными, так, например, в 1961 г. они составили около 380 тыс. га. В 2000-е гг. у фермеров интерес к горчице сохранялся на очень низком уровне, т.е. посевные площади под культурой не превышали 160 тыс. га, а в 2022 г. они занимали 247 тыс. га, что свидетельствует об увеличении внимания к данной перспективной культуре на сегодняшний день. Горчицу можно высевать в Краснодарском крае как в зерново-травяно-пропашных, рисовых, так и в кормовых севооборотах. Однако ввиду ее слабого распространения в производстве недостаточно полно изучено влияние элементов технологии на продуктивность горчицы сарептской. Поэтому многие фермеры возделывают ее по традиционным технологиям, тем же, что и рапс яровой, что, безусловно, ведет к снижению урожая и, как следствие, потере интереса к возделыванию данной культуры. В связи с этим возникает острая необходимость в разработке и совершенствовании агроприемов, которые сочетают в себе как особенности биологии культуры, так и почвенно-климатические условия региона возделывания, что позволит обеспечить получение стабильно высоких урожаев горчицы сарептской яровой с высокой рентабельностью производства.

Технология возделывания сельскохозяйственной культуры включает следующие агроприемы:

- 1) выбор сорта;
- 2) выбор систем обработки почвы и удобрений;
- 3) посев (сроки, нормы высева, глубина заделки семян, способ посева);
- 4) уход за посевами (обработка почвы, подкормки, защита растений от вредителей, болезней и сорняков) (Клименко и др., 2022).

Территория Краснодарского края (регион закладки эксперимента) относится к зоне рискованного земледелия, а биологические особенности горчицы сарептской яровой позволяют производить ее посев в ранневесенние сроки, то есть при наступлении физической спелости почвы, а средства химизации (пестициды) имеют регламентированные нормы/дозы. Из этого следует, что изучение таких агроприемов, как срок посева, норма высева семян и уровень минерального питания может оказать более существенное влияние на семенную продуктивность культуры, в отличие от агроприемов, которые нельзя менять (нормы/дозы средств защиты растений) или изучение, которых осложняется погодно-климатическими условиями региона возделывания (механическая обработка почвы). Поэтому цель работы состоит в изучении и научном обосновании отдельных элементов технологии (срок посева, норма высева и уровень минерального пита-

ния) возделывания горчицы сарептской на семенную продуктивность культуры, выращиваемой на черноземе выщелоченном Западного Предкавказья.

Материалы и методы исследования.

В период с 2021 по 2022 г. на опытных полях центральной экспериментальной базе ФГБНУ «ФНЦ «Всероссийский научно-исследовательский институт масличных культур им. В.С. Пустовойта» по методикам, разработанным во ВНИИ масличных культур, проводили исследования по совершенствованию элементов технологии возделывания горчицы сарептской яровой для получения высоких урожаев семян культуры. Предмет исследования – сроки посева, нормы высева семян, макро- и микроудобрения. Объект исследования – сорт горчицы сарептской яровой Юнона, который в 2016 г. внесен в Государственный реестр селекционных достижений по Российской Федерации.

Исследования проводили в трех полевых опытах с рендомизированным размещением делянок в 4-кратной повторности с учетной площадью делянок 7,5 м².

Схема опыта первого эксперимента включала три срока посева (первый – при прогревании почвы в 10-сантиметровом слое до 8–12 °С, второй – через 10 дней после первого и третий – через 20 дней после первого) и 5 норм высева семян (1,3; 1,7; 2,0; 2,3 и 2,7 млн шт./га).

Схема опыта второго полевого опыта включала: 1 – контроль, без удобрений; 2 – однократное внесение N₃₀ в фазе всходов горчицы; 3 – дробное внесение по N₁₅ в фазе всходов и стеблевания горчицы; 4 – однократное внесение N₃₀ в фазе стеблевания горчицы; 5 – однократное внесение N₆₀ в фазе всходов горчицы; 6 – однократное внесение N₆₀ в фазе стеблевания горчицы; 7 – дробное внесение по N₃₀ в фазе всходов и стеблевания горчицы; 8 – дробное внесение N₆₀ в фазе всходов (N₁₅) и стеблевания (N₄₅) горчицы; 9 – дробное внесение N₆₀ в фазе всходов (N₄₅) и стеблевания (N₁₅) горчицы.

В качестве азотного удобрения использовали аммонийную селитру (34,6 %). Сухие туки разбрасывали вручную по поверхности почвы без заделки.

Схема третьего полевого опыта включала различные варианты внесения микроудобрений: 1 – контроль, без удобрений; 2 – в фазе стеблевания горчицы гелем Брассика в дозе 2 л/га; 3 – в фазе всходов горчицы гелем Вегетатив в дозе 2 л/га; 4 – в фазе стеблевания горчицы смесь гелей Кальцибор и Брассика в дозе по 2 л/га; 5 – в фазе стеблевания горчицы смесь гелей Микро в дозе 1 л/га и Брассика в дозе 2 л/га; 6 – в фазе всходов гелем Вегетатив в дозе 2 л/га и в фазе стеблевания гелем Брассика в дозе 2 л/га.

Некорневое опрыскивание микроудобрениями проводили ручным опрыскивателем с помпой Solo 408. Микроудобрения были представлены гелеобразными комплексными микроудобрениями бельгийской фирмы «GroGreen». Данные микроудобрения содер-

жат в своем составе микроэлементы (медь, цинк, бор, марганец, молибден) в доступной для питания растений форме. Также к преимуществам удобрения относится наличие в его составе прилипателей и смачивателей, из-за чего снижаются потери микроудобрения, а растения лучше усваивают из него элементы минерального питания. Объем рабочего раствора составил в пересчете на 1 га 300 л.

Почва опытного участка представлена черноземом выщелоченным слабогумусным сверхмощным тяжелосуглинистым на лессовидных тяжелых суглинках, который обрабатывали с помощью улучшенной зяби с осенним выравниванием. Почвенный покров опытного участка характеризуется низким содержанием гумуса (3,4 %) в почвенном профиле. Согласно агрохимическому обследованию, в пахотном слое чернозема выщелоченного опытного участка содержится: от 14,2 до 27,0 мг/кг минерального азота, 21 мг/кг подвижного фосфора и 313 мг/кг обменного калия, что соответствует III (по фосфору) и IV классу (по калию) агрохимической обеспеченности. Также было определено содержание подвижных форм микроэлементов: бора – 0,26 мг/кг, меди – 0,30 мг/кг, молибдена – 0,14 мг/кг, цинка – 0,25 мг/кг, что свидетельствует о дефиците в почвенном профиле подвижных форм микроэлементов для нормального роста и развития горчицы сарептской яровой.

Агрохимическое обследование почвы опытного участка производили по заранее составленному маршруту (по двум диагоналям), отборы почвенных образцов осуществляли с помощью почвенного бура перед посевом горчицы сарептской на глубину пахотного слоя (A_p) 0–20 см. Были проведены следующие агрохимические анализы почвенных образцов. Гумус определяли по методу И.В. Тюрина в модифика-

ции В.Н. Симакова. Нитратный азот определяли ионометрическим методом по ГОСТ 26951-86, аммонийный азот – колориметрическим методом с реактивом Несслера. Вытяжку для определения фосфора и калия в почвенном образце готовили по методу Мачигина в модификации ЦИНАО (ГОСТ 26205-91). Микроэлементы определяли по ЦИНАО.

В исследовании проводили учеты и фенологические наблюдения по методикам, разработанным во ВНИИ масличных культур (Лукомец, 2019). Анализ по определению масличности семян проводили с помощью ИК-спектрометра (Matrix-1) в лаборатории биохимии ФГБНУ ФНЦ ВНИИМК (ГОСТ 8.597-2010).

При расчете окупаемости затрат возделывания горчицы сарептской взяты цены на удобрения (аммонийную селитру и гели) и семена горчицы на август 2022 года.

Результаты и их обсуждение. Сельхозпроизводителям для реализации генетического потенциала продуктивности сорта и получения максимальной урожайности культуры с единицы площади конкретного региона возделывания необходимо подбирать оптимальный срок посева и норму высева семян. За годы исследований (2021–2022 гг.) было установлено, что третий срок посева (поздний) горчицы сарептской яровой в среднем способствует недобору урожая до 0,35 т/га и сбору масла до 0,13 т/га в сравнении с первым и вторым сроками посева (табл. 1). Однако учеными (Samota et al., 2022) из Индии были сделаны противоположные выводы. У них максимальная прибавка урожайности (30 %) горчицы отмечалась при посеве ее в более поздний (третий) срок посева, в отличие от посева горчицы в ранний (первый) и оптимальный (второй) срок посева (Samota et al., 2022).

Таблица 1. Влияние сроков посева и норм высева семян на продуктивность горчицы сарептской яровой, ФГБНУ ФНЦ ВНИИМК (2021–2022 гг.)
Table 1. The effect of sowing time and seed sowing rates on productivity of Sarepta spring mustard (2021–2022)

Срок посева	Норма высева, семян млн шт./га	Урожайность, т/га	Масличность семян, %	Сбор масла, т/га
Первый	1,3	1,42	45,6	0,60
	1,7	1,19	46,8	0,55
	2,0	1,22	46,1	0,51
	2,3	1,19	46,7	0,49
	2,7	1,41	46,3	0,58
Второй	1,3	1,31	46,2	0,58
	1,7	1,14	46,1	0,54
	2,0	1,29	46,2	0,48
	2,3	1,23	46,0	0,52
	2,7	1,33	45,8	0,54
Третий	1,3	0,91	45,9	0,38
	1,7	0,95	45,9	0,40
	2,0	0,95	45,9	0,41
	2,3	0,92	46,3	0,40
	2,7	0,92	46,3	0,43
НСР ₀₅ для сроков посева		0,11	0,7	0,03
НСР ₀₅ для норм высева семян		0,14	0,8	0,04
НСР ₀₅ для средних частных		0,25	1,4	0,07

Из приведенных данных по урожайности, масличности семян и сбору масла в таблице 1 следует, что срок посева культуры оказывает влияние на эти показатели, то есть чем позже в условиях Краснодарского края произведен посев горчицы сарептской яровой, тем меньше и худшего качества получен урожай культуры. Такое отрицательное воздействие позднего срока посева на продуктивность может быть связано с недостатком влаги в почвенном профиле (иссушение и растрескивание почвы) и с массовым выходом крестоцветных вредителей (крестоцветная блошка, капустная моль) вследствие повышения температуры окружающей среды (воздух, почва). Посев горчицы сарептской в первый и во второй сроки с минимальной (1,3 млн шт./га) и максимальной (2,7 млн шт./га) нормой высева семян способствовал получению наибольшей урожайности и сбору масла по сравнению с другими нормами высева семян, однако при третьем сроке посева с данными нормами высева была получена наименьшая урожайность (1,3 млн шт./га – 0,91 т/га и 2,7 млн шт./га – 0,92 т/га).

Интенсификация сельского хозяйства предполагает применение минеральных удобрений для предотвращения отрицательного баланса элементов минерального питания в почве. Всем сельскохозяйственным растениям в первую очередь необходимы макроэлементы (NPK), так как они являются основными структурными единицами растительного организма, их содержание в растениях превышает 0,1 % су-

хой массы. Чернозем выщелоченный обладает химической и обменной поглотительной способностью, благодаря чему фосфор и калий закрепляются в почвенном профиле, в отличие от азота, который вымывается (выщелачивается) за его пределы (Шеуджен и др., 2019). Процесс вымывания азота из корнеобитаемого слоя растений приводит к дефициту данного элемента в питании сельскохозяйственных растений, из-за чего необходимо с помощью удобрений производить его восполнение. Однако применение удобрений должно быть научно обосновано, так как бездумное их применение может вызывать отрицательный эффект (отрицательный хемотропизм, химический ожог, полегание растений), поэтому нами были изучены имеющиеся исследования по применению азотных удобрений для установления наиболее рациональной дозы азотных удобрений. В своем руководстве по удобрению капустных культур Е.И. Волошин и А.Н. Авитисян рекомендуют вносить азотные удобрения в дозе от N_{60} до N_{90} для получения высокого урожая горчицы (Волошин и Авитисян, 2017). Но исследования Е.Н. Ростовской на черноземе южном малогумусном при норме высева семян 0,5 млн шт./га показали, что применение азотных удобрений больше N_{60} является экономически нецелесообразным (Ростова, 2021), поэтому изучалось применение N_{30} и N_{60} в разные фазы (всходы и стебление) развития горчицы сарептской на ее семенную продуктивность (табл. 2).

Таблица 2. Продуктивность горчицы сарептской в зависимости от норм и сроков внесения аммонийной селитры (2021–2022 гг.)
Table 2. Productivity of Sarepta spring mustard depending on the rates and time of ammonium nitrate application (2021–2022)

№ п/п	Доза подкормки		Урожайность, т/га	Масличность семян, %	Сбор масла, т/га
	фаза всходов	фаза стеблевания			
1	Контроль, без удобрений		1,47	46,2	0,61
2	N_{30}	N_0	1,99	46,6	0,83
3	N_{15}	N_{15}	1,96	47,1	0,83
4	N_0	N_{30}	1,82	46,0	0,75
5	N_{60}	N_0	2,08	46,0	0,87
6	N_0	N_{60}	1,89	47,0	0,80
7	N_{30}	N_{30}	2,00	47,0	0,85
8	N_{15}	N_{45}	1,95	46,4	0,81
9	N_{45}	N_{15}	2,04	46,9	0,86
НСР ₀₅			0,19	0,25	0,12

Максимальная урожайность (2,08 т/га) отмечается в варианте с внесением аммонийной селитры в дозе N_{60} однократно в фазе всходов горчицы сарептской яровой. Применение N_{30} в фазе стеблевания уменьшало в семенах горчицы сарептской содержание масла на 0,2 % по сравнению с контролем. Наибольшее содержание масла в семенах составило 47,1 % и наблюдалось в варианте с внесением азотных удобрений (N_{30}) дробно в фазе «всходы» (N_{15}) и «стебление» (N_{15}). В сравнении с контролем

применение азотных удобрений способствовало увеличению сбора масла на 0,14–0,26 т/га.

Сельскохозяйственным растениям для нормального роста и развития, кроме основных элементов питания (макроэлементов), необходимы вспомогательные (микроэлементы), так как они отвечают за многие жизненно важные процессы (обмен веществ, входят в состав ферментов и катализаторов). Микроэлементы являются второстепенными и вспомогательными из-за того, что их содержание в сухой массе

растений варьирует от 0,0001 до 0,01 %, но ими не стоит пренебрегать, так как они способствуют получению прибавки сельскохозяйственных культур. Так, применение микроудобрений на колосовых культурах позволило увеличить урожайность озимой пшеницы и ярового ячменя до 8 % (Налиухин и др., 2022), а урожайность риса – до 10 % (Sheujen et al., 2021). Также некорневые подкормки посевов горчицы сарептской способствовали получению прибавки

урожаю до 24 %, что свидетельствует о высокой отзывчивости горчицы сарептской на применение микроудобрения (Медведев и др., 2013).

Некорневые подкормки комплексными микроудобрениями способствовали увеличению урожайности на 0,15–0,53 т/га, масличности семян на – 0,3–1,9 % и сбора масла на – 0,05–0,25 т/га в сравнении с вариантом без применения микроудобрений (табл. 3).

Таблица 3. Влияние комплексных микроудобрений на продуктивность горчицы сарептской яровой (2021–2022 гг.)
Table 3. The effect of complex microfertilizers on productivity of Sarepta spring mustard (2021–2022)

№ п/п	Вариант	Урожайность, т/га	Масличность семян, %	Сбор масла, т/га
1	Контроль, без удобрений	1,32	46,0	0,55
2	Гель Брассика, 2 л/га	1,82	46,3	0,76
3	Гель Вегетатив, 2 л/га	1,64	47,3	0,68
4	Гель Кальцибор + Гель Брассика, 2 л/га	1,49	47,1	0,66
5	Гель Микро, 1 л/га + Гель Брассика, 2 л/га	1,85	47,9	0,80
6	Гель Вегетатив + Гель Брассика, 2 л/га	1,47	47,7	0,60
НСР ₀₅		0,14	0,19	0,10

Некорневая обработка горчицы сарептской сорта Юнона в фазе стеблевания гелем Брассика в дозе 2 л/га способствовала получению хорошей прибавки урожая – 0,50 т/га и сбора масла – 0,21 т/га, однако некорневая подкормка смесью гелей (гель Микро в дозе 1 л/га и гель Брассика в дозе 2 л/га) позволила получить максимальную урожайность культуры – 1,85 т/га, масличность семян – 47,9 % и сбор масла – 0,80 т/га по сравнению с контрольным вариантом. Получение такого эффекта по увеличению семенной продуктивности горчицы сарептской при применении смеси гелей (гель Микро в дозе 1 л/га и гель Брассика в дозе 2 л/га) может быть связано с получением дополнительного азота в виде аминокислот, который входит в состав геля Микро, что стимулировало рост урожайности и качества семян горчицы.

Выводы.

1. В условиях Краснодарского края на черноземе выщелоченном слабогумусном сверхмощном тяжелосуглинистом на лессовидных тяжелых суглинках в годы исследования (2021–2022 гг.) наилучшим сочетанием факторов являлся ранний срок посева (первый) с минимальной нормой высева семян

(1,3 млн шт./га), так как позволяет получить наибольшую продуктивность горчицы сарептской сорта Юнона: урожайность – 1,42 т/га и сбор масла – 0,60 т/га.

2. Однократное применение аммонийной селитры в фазе всходов и стеблевания горчицы сарептской в дозе N₆₀ обеспечило получение максимальной урожайности. Данный способ внесения макроудобрения стимулировал растения на начальных этапах роста и развития, что способствовало получению высокой урожайности – 2,08 т/га и сбора масла – 0,87 т/га. Окупаемость затрат в этом варианте составила 3,05 раза.

3. Применение некорневой подкормки смесями гелей (гель Микро в дозе 1 л/га и гель Брассика в дозе 2 л/га) в фазе стеблевания культуры позволило получить максимальную урожайность культуры – 1,85 т/га, масличность семян – 47,9 % и сбор масла – 0,80 т/га. Окупаемость затрат на возделывание горчицы сарептской в данном варианте составила 3,18 раза.

Благодарность. Работа выполнена под руководством кандидата сельскохозяйственных наук, доцента Александра Сергеевича Бушнева.

Библиографические ссылки

1. Волошин Е.И., Аветисян А.Т. Руководство по удобрению капустных культур (ярового рапса, сурепицы, горчицы и редьки масличной): методические рекомендации [Электронный ресурс]. Краснояр. гос. аграр. ун-т. Красноярск, 2017. 28 с.
2. Зональные системы земледелия Ростовской области на 2022–2026 годы / А.И. Клименко, А.В. Гринько, А.И. Грабовец и др. – Министерство сельского хозяйства и продовольствия Ростовской области (Минсельхозпрод РО); Федеральный Ростовский аграрный научный центр. Ростов н/Д.: Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Федеральный Ростовский аграрный научный центр», 2022. – 736 с.
3. Медведев Г.А., Михальков Д.Е., Семенова Е.С. Продуктивность масличных культур в зависимости от приемов агротехники в условиях Волгоградской области // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. 2013. № 3(31). С. 115–119.

4. Налиухин А.Н., Бижан С.П., Старостина Е.Н. Эффективность применения микроудобрений при возделывании зерновых культур на тяжелосуглинистых дерново-подзолистых почвах Центрального Нечерноземья // Известия Тимирязевской сельскохозяйственной академии. 2022. № 4. С. 5–15.
5. Ростова Е.Н. Влияние элементов технологии на засоренность и продуктивность посевов горчицы сарептской (*Brassica juncea*) // Зерновое хозяйство России. 2021. № 3(75). С. 75–81.
6. Шеуджен А.Х., Нещадим Н.Н., Гайдукова Н.Г., Шабанова И.В. Влияние природных и антропогенных факторов на физико-химические свойства чернозема выщелоченного и его загрязнение тяжелыми металлами // Агрохимия. 2019. № 1. С. 19–28. DOI: 10.1134/S0002188119010095
7. Samota S.K., Sharma R, Paliwal H.B. Effect of different sowing dates and varieties on mustard growth and yield in Prayagraj conditions // International Journal of Environment and Climate Change. 2022. Vol. 12(11), P. 2316–2322. DOI: 10.9734/ijec/2022/v12i1131226
8. Sheujen A.H., Podkolzin O.A., Esipenko S.V., Khachmamuk P.N., Perepelin M.A. Action of innovative forms of copper and zink on photosynthetic activity of rice plants under conditions of delta zone of Kuban // In the collection: IOP Conference Series: Earth and Environmental Science: Krasnoyarsk Science and Technology City Hall. Krasnoyarsk, 2021. Article number: 22031.

References

1. Voloshin E.I., Avetisyan A.T. Rukovodstvo po udobreniyu kapustnykh kul'tur (yarovogo rapsa, surepitsy, gorchitsy i red'ki maslichnoi): metodicheskie rekomendatsii [Recommendations on fertilizing cabbage crops (spring rape, rapeseed, mustard, and oilseed radish): methodical recommendations] [Elektronnyi resurs]. Krasnoyarsk gos. agrar. un-t. Krasnoyarsk, 2017. 28 s.
2. Zonal'nye sistemy zemledeliya Rostovskoi oblasti na 2022–2026 gody [Zonal farming systems of the Rostov region for 2022–2026] / A.I. Klimenko, A.V. Grin'ko, A.I. Grabovets i dr. – Ministerstvo sel'skogo khozyaistva i prodovol'stviya Rostovskoi oblasti (Minsel'khosprod RO); Federal'nyi Rostovskii agrarnyi nauchnyi tsentr. Rostov n/D.: Federal'noe gosudarstvennoe byudzhethoe nauchnoe uchrezhdenie «Federal'nyi Rostovskii agrarnyi nauchnyi tsentr», 2022. – 736 s.
3. Medvedev G.A., Mikhalkov D.E., Semenova E. S. Produktivnost' maslichnykh kul'tur v zavisimosti ot priemov agrotekhniki v usloviyakh Volgogradskoi oblasti [Productivity of oilseeds depending on agricultural methods in the conditions of the Volgograd region] // Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: Nauka i vysshee professional'noe obrazovanie. 2013. № 3(31). S. 115–119.
4. Naliukhin A.N., Bizhan S.P., Starostina E.N. Effektivnost' primeneniya mikroudobrenii pri vozdel'nykh kul'tur na tyazhelosuglinistykh dervno-podzolistykh pochvakh Tsentral'nogo Nечернозем'ya [Efficiency of using microfertilizers when cultivating grain crops on heavy loamy soddy-podzolic soils of the Central Non-Blackearth Region] // Izvestiya Timirязevskoi sel'skokhozyaistvennoi akademii. 2022. № 4. S. 5–15.
5. Rostova E.N. Vliyanie elementov tekhnologii na zasorennost' i produktivnost' posevov gorchitsy sarepskoi (*Brassica juncea*) [The effect of technology elements on weediness and productivity of Sarepta mustard crops (*Brassica juncea*)] // Zernovoe khozyaistvo Rossii. 2021. № 3(75). S. 75–81.
6. Sheudzen A.Kh., Neshchadim N.N., Gaidukova N.G., Shabanova I.V. Vliyanie prirodnykh i antropogennykh faktorov na fiziko-khimicheskie svoistva chernozema vyshchelochennogo i ego zagryaznenie tyazhelymi metallami [The effect of natural and anthropogenic factors on the physicochemical properties of leached blackearth (chernozem) and its contamination with heavy metals] // Agrokhimiya. 2019. № 1. S. 19–28. DOI: 10.1134/S0002188119010095
7. Samota S.K., Sharma R, Paliwal H.B. Effect of different sowing dates and varieties on mustard growth and yield in Prayagraj conditions // International Journal of Environment and Climate Change. 2022. Vol. 12(11), P. 2316–2322. DOI: 10.9734/ijec/2022/v12i1131226
8. Sheujen A.H., Podkolzin O.A., Esipenko S.V., Khachmamuk P.N., Perepelin M.A. Action of innovative forms of copper and zink on photosynthetic activity of rice plants under conditions of delta zone of Kuban // In the collection: IOP Conference Series: Earth and Environmental Science: Krasnoyarsk Science and Technology City Hall. Krasnoyarsk, 2021. Article number: 22031

Поступила: 31.08.23; доработана после рецензирования: 15.10.23; принята к публикации: 08.11.23.

Критерии авторства. Автор статьи подтверждает, что имеет на статью полное право и несет ответственность за плагиат.

Конфликт интересов. Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

Авторский вклад. Занозина О.Д. – концептуализация исследования, анализ литературных данных и их интерпретация, подготовка рукописи.

Автор прочитал и одобрил окончательный вариант рукописи.

ВЛИЯНИЕ НОРМ ВЫСЕВА СЕМЯН НА ПРОДУКТИВНОСТЬ ЯРОВОЙ ТВЕРДОЙ ПШЕНИЦЫ

А. Г. Ложкин¹, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры земледелия, растениеводства, селекции и семеноводства, Lozhkin_tmvl@mail.ru, ORCID ID: 0000-0002-1859-3794;

В. Л. Димитриев¹, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры земледелия, растениеводства, селекции и семеноводства, dimitrieff.vladislav@yandex.ru, ORCID ID: 0000-0003-4757-6173;

П. Н. Мальчиков², доктор сельскохозяйственных наук, главный научный сотрудник, заведующий лабораторией селекции яровой твердой пшеницы, sags-mal@mail.ru, ORCID ID: 0000-0002-2141-6836.

¹ФГБОУ ВО «Чувашский государственный аграрный университет», 428003, Чувашская Республика, г. Чебоксары, ул. К. Маркса, д. 29;

²Самарский научно-исследовательский институт сельского хозяйства им. Н.М. Тулайкова – филиал СамНЦ РАН, 446254, Самарская обл., Безенчукский р-н. п.г.т. Безенчук, ул. К. Маркса, д. 41; e-mail: samniish@mail.ru

Цель исследований – установить влияние норм высева яровой твердой пшеницы на ее продуктивность. Выяснено, что уменьшение норм высева семян с 7 до 3 млн всх. семян на 1 га способствует сокращению сроков вегетации сортов яровой твердой пшеницы на 6–7 дней. Максимальная густота продуктивного стеблестоя двух сортов отмечена при норме высева 6 и 7 млн шт. всхожих семян на 1 га. Наибольшую продуктивную кустистость по двум сортам яровой твердой пшеницы обеспечил вариант с нормой 5 млн всх. семян. Так, по сорту Безенчукская Нива в среднем за два года высота растений по вариантам опыта составила 70,6 см на контрольном варианте и 81,8 см при норме высева 5 млн семян. Сорт Безенчукская Золотистая сформировал самые высокие растения – 79,5 см при норме высева 4 млн семян. Отмечено, что длина колоса также возрастает с уменьшением нормы высева, так, у сорта Безенчукская Нива максимальные показатели главного колоса сформировались при норме высева 5 млн шт. семян, где максимальная длина главного колоса составила 6,7 см, количество зерен – 27,5 шт. с массой 1,47 г. У сорта Безенчукская Золотистая максимальная длина колоса составила 5,6 см и количество зерен 24 шт. при норме 4 млн шт. семян. Наиболее полновесное зерно у сорта Безенчукская Нива (с массой 1000 зерен 53,4 г) сформировано при норме высева 5 млн шт. семян на 1 га, сорт Безенчукская Золотистая – 50,4 г при норме 6 млн шт. семян на 1 га. Максимальная урожайность сорта Безенчукская Нива составила 3,54 т/га при норме высева в 5 млн всх. семян на 1 га, сорт Безенчукская Золотистая сформировал урожай 3,23 т/га при норме высева 6 млн всх. семян на 1 га.

Ключевые слова: яровая твердая пшеница, сорт, норма высева, структура урожая, урожайность.

Для цитирования: Ложкин А. Г., Димитриев В. Л., Мальчиков А. П. Влияние норм высева семян на продуктивность яровой твердой пшеницы // Зерновое хозяйство России. 2024. Т. 16, № 1. С. 83–88. DOI: 10.31367/2079-8725-2024-90-1-83-88.



THE EFFECT OF SEED SOWING RATES ON SPRING DURUM WHEAT PRODUCTIVITY

A. G. Lozhkin¹, Candidate of Agricultural Sciences, associate professor of the department of farming, plant production, breeding and seed production, Lozhkin_tmvl@mail.ru, ORCID ID: 0000-0002-1859-3794;

V. L. Dimitriev¹, Candidate of Agricultural Sciences, associate professor of the department of farming, plant production, breeding and seed production, dimitrieff.vladislav@yandex.ru, ORCID ID: 0000-0003-4757-6173;

P. N. Malchikov², Doctor of Agricultural Sciences, senior researcher, head of the laboratory of Spring Durum Wheat Breeding, sags-mal@mail.ru, ORCID ID: 0000-0002-2141-6836

¹FSBEI HE “Chuvash State Agrarian University”, 428003, Chuvash Republic, Cheboksary, Karl Marks Str., 29;

²Samarsky Research Institute of Agriculture named after N.M. Tulaykov, a branch of the Samarsky Federal Research Center RAS, 446254, Samara region, v. of Bezenchuk, Karl Marks Str., 41; e-mail: samniish@mail.ru

The purpose of the current study was to establish the effect of sowing rates of spring durum wheat on its productivity. There has been established that reducing seed sowing rates from 7 to 3 million germinated seeds per 1 ha allows reducing spring durum wheat vegetation period by 6–7 days. There has been identified maximum density of productive stems of the two varieties at a seeding rate of 6 and 7 million germinated seeds per 1 ha. The highest productive tillering capacity for two spring durum wheat varieties was obtained at the variant with a norm of 5 million germinated seeds per 1 ha. Thus, according to the experimental variants, the average plant height of the variety ‘Bezenchukskaya Niva’ was 70.6 cm in the control variant and 81.8 cm at a sowing rate of 5 million germinated seeds per 1 ha. The variety ‘Bezenchukskaya Zolotistaya’ has produced the tallest plants of 79.5 cm, with a seeding rate of 4 million

germinated seeds per 1 ha. There has been established that the length of a head also increases with a seeding rate decrease; for example, in the variety 'Bezenchukskaya Niva', the maximum indicators of the main head were formed at a seeding rate of 5 million germinated seeds per 1 ha, where the maximum length of the main head was 6.7 cm, the number of grains was 27.5 pieces with a weight of 1.47 g. For the variety 'Bezenchukskaya Zolotistaya', the maximum head length was 5.6 cm, and the number of grains was 24 pieces at a rate of 4 million germinated seeds per 1 ha. The fullest grain of the variety 'Bezenchukskaya Niva' with 53.4 g of '1000-grain weight' was formed at a seeding rate of 5 million germinated seeds per 1 ha; the variety 'Bezenchukskaya Zolotistaya' was 50.4g with a norm of 6 million germinated seeds per 1 ha. The maximum productivity of the variety 'Bezenchukskaya Niva' was 3.54 t/ha with a seeding rate of 5 million germinated seeds per 1 ha. The variety 'Bezenchukskaya Zolotistaya' formed a yield of 3.23 t/ha with a seeding rate of 6 million germinated seeds per 1 ha.

Keywords: *spring durum wheat, variety, seeding rate, yield structure, productivity.*

Введение. Яровая твердая пшеница предъявляет высокие требования к условиям произрастания, поэтому возделывание данной культуры не получило широкого распространения. Согласно статистике, ежегодно на территории России получают в среднем более 600 тыс. т зерна яровой твердой пшеницы, что составляет менее 2,0% от общемирового производства этой культуры (Беляев и др., 2023; Денисов и др., 2023).

Зерно твердой пшеницы ценится за свои диетические и питательные свойства. Твердая пшеница является основным сырьем для производства высококачественных макарон (паста), крупы и муки для хлебопечения. Но несмотря на востребованность продуктов переработки зерна твердой пшеницы, темпы роста площадей производства культуры в целом по стране незначительны (Васильев и др., 2016; Цыганков и др., 2022; Шашкаров и Малов, 20018).

В настоящее время твердая пшеница возделывается в основном в Оренбургской, Саратовской, Самарской и Челябинской областях, в Алтайском и Ставропольском краях, а также небольшие объемы яровой твердой пшеницы производят в Ростовской и Волгоградской областях, Республике Башкортостан (Васин и др., 2021; Иванисова и др., 2023).

В связи с увеличением спроса на высококачественные макаронные изделия, крупу, пшеничный хлеб с низким гликемическим индексом некоторые крупные российские компании начали осуществлять масштабные проекты по интенсивному выращиванию сортов твердой пшеницы (Lozhkin et al., 2019; Ложкин и др., 2020; Ложкин и Мальчиков, 2018). Чувашская Республика не является традиционным регионом возделывания яровой твердой пшеницы, и данная культура впервые изучается в полевых опытах с целью расширения ее ареала в юго-восточной части Волго-Вятского региона. Поэтому разработка элементов технологии возделывания яровой твердой пшеницы в условиях Чувашской Республики является актуальной задачей.

Цель исследований – установить влияние норм высева яровой твердой пшеницы на ее продуктивность.

Материалы и методы исследований.

Деляночные двухфакторные опыты проведены на опытных полях УНПЦ «Студенческий» ФГБОУ ВО Чувашской ГАУ в 2020–2021 годах. Почвы опытных участков по типу светло-серые лесные, по гранулометрическому составу – среднесуглинистые, интервал содержания гу-

муса 2–3,5 %, фосфора – 140–175 мг/кг, калия – 125–165 мг/кг и pH сол. – 5,3–5,8.

Метеорологические условия 2020–2021 гг. были разными, но в целом вполне благоприятными для роста и развития растений яровой твердой пшеницы. В 2020 г. избыток влаги наиболее остро ощущался на фоне низких температур. Наиболее оптимальным по температурному режиму и количеству осадков был 2021 год. Среднедневная температура была выше многолетних данных на 2–4 оС во все декады, кроме 2-й и 3-й декады июля.

В качестве объекта исследований выбраны 2 сорта яровой твердой пшеницы: Безенчукская Золотистая и Безенчукская Нива (фактор А). Безенчукская Золотистая – сорт среднеспелый, продолжительность вегетации 77–88 дней. Безенчукская Нива – среднеспелый сорт, вегетационный период 75–96 дней. Оба сорта рекомендованы к возделыванию в Саратовской, Самарской, Оренбургской областях и Уральском регионе.

Изучалось влияние норм высева от 3 до 7 млн всх. семян на 1 га (фактор Б) на показатели продуктивности сортов пшеницы. Всего в опыте 10 вариантов, площадь каждой делянки – 24,2 м², повторность опыта четырехкратная, размещение делянок – рендомизированное, общая площадь опыта – 912 м².

Посев яровой твердой пшеницы в 2020 г. проведен 8 мая, а в 2021 г. – 19 мая. Предшественник – озимая пшеница, технология обработки включала зяблевую вспашку после уборки озимой пшеницы, ранневесеннее боронование и предпосевную культивацию.

Контролем в опытах служит вариант с общепринятой для Чувашской Республики нормой высева яровой пшеницы 6 млн шт. всх. семян на 1 га.

Все учеты и наблюдения в опыте, в том числе определение густоты стеблестоя, высоты растений, кушения и урожайности зерна, проводили согласно Методике государственного сортоиспытания (Методика государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур, 1985). Массу 1000 зерен определяли согласно ГОСТ 12042-80. Математическую обработку полученных данных проводили методом дисперсионного анализа по Б.А. Доспехову.

Результаты и их обсуждение. Продолжительность фаз роста и развития сорта яровой твердой пшеницы Безенчукская Нива составила от 100 до 108 дней и сорта Безенчукская Золотистая – от 97 до 104 дней (табл. 1.)

Таблица 1. Влияние норм высева на продолжительность вегетации яровой пшеницы (2020–2021 гг.)
Table 1. The effect of seeding rates on the length of spring wheat vegetation period (2020–2021)

Норма посева, млн шт. всх. семян/га	Сорта	Фенологические фазы развития пшеницы, дней				
		всходы – выход в трубку	всходы – колошение и цветение	всходы – молочная спелость	всходы – восковая спелость	всходы – полная спелость
7	Б. Нива	36	57	75	96	107
	Б. Золотистая	35	56	73	95	103
6 (контроль)	Б. Нива	35	57	73	94	106
	Б. Золотистая	34	52	73	93	101
5	Б. Нива	34	57	75	93	104
	Б. Золотистая	33	53	71	93	101
4	Б. Нива	32	53	69	85	99
	Б. Золотистая	33	49	69	83	97
3	Б. Нива	33	55	71	89	101
	Б. Золотистая	34	51	70	86	96
НСР ₀₅ по фактору А		–	–	–	–	1,0
НСР ₀₅ по фактору Б		–	–	–	–	2,0

Отмечено, что при уменьшении нормы высева семян с 7 до 3 млн всх. семян на 1 га снижается вегетационный период сортов на 6–7 дней. Так, продолжительность вегетации сорта Безенчукская Нива составила на контрольном варианте 106 дней, а при норме высева 4 млн шт. всх. семян на 1 га – 85 дней. По сорту Безенчукская Золотистая при норме посева в 3 млн шт. всх. семян на 1 га продол-

жительность вегетации составила 96 дней, что на 5 дней меньше контрольного варианта. Также следует отметить, что сорт Безенчукская Золотистая имеет более короткий срок вегетации, чем другой сорт твердой пшеницы.

Показатели продуктивности растений яровой твердой пшеницы в среднем за 2 года показаны в таблице 2.

Таблица 2. Показатели продуктивности яровой твердой пшеницы (2020–2021 гг.)
Table 2. Productivity indicators of spring durum wheat (2020–2021)

Норма посева, млн шт. всх. семян/га/га	Сорта	Продуктивные стебли, шт./м ²	Высота растений, см	Кустистость	
				общая	продуктивная
7	Б. Нива	450	70,6	1,0	1,0
	Б. Золотистая	441	72,2	1,0	1,0
6 (контроль)	Б. Нива	420	73,6	1,1	1,0
	Б. Золотистая	449	69,5	1,1	1,1
5	Б. Нива	377	81,8	1,7	1,6
	Б. Золотистая	392	70,5	1,8	1,8
4	Б. Нива	330	79,5	1,4	1,4
	Б. Золотистая	313	79,3	1,2	1,2
3	Б. Нива	283	80,5	1,5	1,5
	Б. Золотистая	238	72,4	1,1	1,0
НСР ₀₅ по фактору А		21,5	2,7	0,1	0,1
НСР ₀₅ по фактору Б		8,3	1,4	0,1	0,1

У сорта Безенчукская Нива наиболее высокие растения (81,8 см) сформированы при норме высева 5 млн всх. семян и дальнейшее уменьшение нормы высева ведет к уменьшению высоты. У сорта Безенчукская Золотистая максимальный показатель высоты (79,3 см) при норме высева 4 млн всх. семян. Изменение норм высева семян влияет на показатели общей и продуктивной кустистости сортов пшеницы. Максимальное кущение обоих сортов отмечено при норме высева 5 млн всх. семян и составило у сорта Безенчукская Нива 1,7–1,6, у сорта Безенчукская Золотистая – 1,8–1,8.

Количество продуктивных стеблей перед уборкой в зависимости от норм высева составило у сорта Безенчукская Нива 283–450 шт./м², где максимальное количество колосоносных стеблей отмечено на варианте с нормой высева 6 млн всх. семян. Сорт Безенчукская Золотистая сформировал максимальное количество продуктивных стеблей (449 шт./м²) также при норме высева 6 млн всх. семян.

Продуктивность колоса и масса 1000 зерен сортов яровой твердой пшеницы приведены в таблице 3. Отмечены изменения показателей главного колоса от разных норм высева.

Таблица 3. Продуктивность колоса и масса 1000 зерен (2020–2021 гг.)
Table 3. Productivity of the head and 1000-grain weight (2020–2021)

Норма посева, млн шт. всх. семян/га	Сорта	Главный колос			Масса 1000 зерен, г
		длина, см	число зерен, шт.	масса зерен в колосе, г	
7	Б. Нива	5,4	17,0	0,75	44,1
	Б. Золотистая	5,4	24,2	1,09	43,2
6 (контроль)	Б. Нива	5,8	16,1	0,70	43,4
	Б. Золотистая	5,3	22,0	1,12	50,4
5	Б. Нива	6,7	27,5	1,47	53,4
	Б. Золотистая	5,3	21,6	1,09	46,3
4	Б. Нива	6,0	25,0	1,28	51,2
	Б. Золотистая	5,6	24,0	1,10	45,8
3	Б. Нива	6,6	32,4	1,55	47,8
	Б. Золотистая	5,3	24,1	1,03	42,7
НСП ₀₅ по фактору А		0,3	4,3	0,17	1,6
НСП ₀₅ по фактору Б		0,2	3,7	0,08	2,1

Так, по сорту Безенчукская Нива наибольшая длина главного колоса (6,7 см) по сравнению с контролем сформирована при норме 5 млн всх. семян. Вполне очевидно, что в крупном колосе больше зерен по количеству и массе. По сорту Безенчукская Золотистая существенных изменений параметров главного колоса (длина, число и масса зерен) от разных норм высева нами не отмечено, так как разница показателей по сравнению с контрольным вариантом находится в пределах ошибки полевого опыта. Анализ результатов по показателю «масса 1000 зерен» также позволил выявить у сорта Безенчукская Нива преимущество вариан-

та при норме высева семян 5 млн всх. семян (53,4 г), сорт Безенчукская Золотистая сформировал наибольший показатель при норме высева 6 млн всх. семян (50,4 г). При этом следует отметить, что сорт Безенчукская Нива формирует более полновесное зерно, чем Безенчукская Золотистая.

Погодные условия 2020 г. позволили сформировать сортам пшеницы более высокий урожай, чем в 2021 году. Сорт Безенчукская Нива сформировал по вариантам опыта в 2020 г. урожайность 2,41–3,81 т/га и в 2021 г. – 2,27–3,26 т/га (табл. 4).

Таблица 4. Урожайность яровой твердой пшеницы, т/га
Table 4. Productivity of spring durum wheat, t/ha

Норма посева, млн шт. всх. семян/га	Сорта	2020 г.	2021 г.	В среднем, т/га
7	Б. Нива	2,41	2,27	2,34
	Б. Золотистая	2,93	2,67	2,80
6 (контроль)	Б. Нива	3,27	2,63	2,95
	Б. Золотистая	3,31	3,15	3,23
5	Б. Нива	3,81	3,26	3,54
	Б. Золотистая	3,12	2,90	3,01
4	Б. Нива	3,21	2,81	3,01
	Б. Золотистая	2,60	2,29	2,44
3	Б. Нива	2,33	2,04	2,18
	Б. Золотистая	2,21	1,71	1,96
НСП ₀₅ по фактору А		0,11	0,14	0,12
НСП ₀₅ по фактору Б		0,24	0,31	0,27

Наименьшая урожайность по годам отмечена на варианте 3 млн всх. семян и максимальная урожайность при норме высева 5 млн всх. семян. Урожайность сорта Безенчукская Золотистая составила в 2020 г. по вариантам опыта от 2,21–3,31 т/га и в 2021 г. – 1,71–3,15 т/га. В оба года максимальная урожайность получена на контрольном варианте. Урожайные данные в среднем за 2 года также свидетельствуют в пользу норм высева 5 и 6 млн всх. семян на 1 га. При этом урожайность сорта Безенчукская Нива достоверно превышала урожайность сорта Безенчукская Золотистая.

Выводы.

Таким образом, по результатам двухлетних исследований можно сделать следующие выводы.

1. На светло-серых лесных почвах Чувашской Республики возможно производство яровой твердой пшеницы сортов Безенчукская Нива и Безенчукская Золотистая.

2. Уменьшение нормы высева семян с 7 до 3 млн всх. семян на 1 га способствует снижению вегетационного периода сортов яровой твердой пшеницы, увеличению густоты продуктивного стеблестоя и продуктивной

кустистости. Максимальная урожайность сорта Безенчукская Нива составила 3,54 т/га при норме высева 5 млн всх. семян на 1 га, сорт Безенчукская Золотистая сформировал урожай 3,01–3,23 т/га при норме посева 5 и 6 млн всх. семян на 1 га.

3. В условиях Чувашской Республики рекомендуем к возделыванию сорта яровой твердой пшеницы Безенчукская Нива с нормой высева 5 млн шт. всх. семян на 1 га и Безенчукская Золотистая – 5 и 6 млн всх. семян на 1 га.

Библиографические ссылки

1. Беляев В.И., Соколова Л.В., Рудев Н.В. Структура урожая и качество зерна сортов яровой мягкой пшеницы различных групп спелости (Тюменцевский район, Алтайский край) // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. 2023. № 4(222). С. 5–11. DOI: 10.53083/1996-4277-2023-222-4-5-11
2. Васильев О.А., Зайцева Н.Н., Кирьянов Д.П. Эффективность использования отходов биогазовой установки в качестве некорневой подкормки яровой пшеницы на серых лесных почвах // Вестник Башкирского государственного аграрного университета. 2016. № 4(40). С. 7–12.
3. Васин В.Г., Бурунов А.Н., Стрижаков А.О. Формирование агрофитоценоза и продуктивность яровой твердой пшеницы при применении минеральных удобрений // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. 2021. № 1(53). С. 25–32. DOI: 10.18286/1816-4501-2021-1-25-32
4. Денисов К.Е., Гераскина А.А., Никитин А.Н., Кондаков К.С. Оценка эффективности применения минеральных и микробиологических удобрений для повышения качества зерна яровой твердой пшеницы // Аграрный научный журнал. 2023. № 5. С. 10–15. DOI: 10.28983/asj.y2023i5pp10-15
5. Иванисова А.С., Иличкина Н.П., Самофалова Н.Е., Кабанова Н.В., Кипина И.М. Урожайность и качество зерна озимой твердой пшеницы различных групп спелости // Зерновое хозяйство России. 2023. Т. 15, № 1. С. 70–75. DOI: 10.31367/2079-8725-2023-84-1-70-75
6. Ложкин А.Г., Васильев О.А., Дмитриев В.Л., Крамаренко А.В. Влияние препаратов Bloom & Grow и Immune system на продуктивность яровой твердой и мягкой пшеницы в условиях Чувашской Республики // Зерновое хозяйство России. 2020. № 2(68). С. 39–43. DOI: 10.31367/2079-8725-2020-68-2-39-43
7. Ложкин А.Г., Мальчиков П.Н. Продуктивность сортов яровой твердой пшеницы в Чувашской Республике // Аграрный научный журнал. 2018. № 12. С. 31–33. DOI: 10.28983/asj.v0i12.414
8. Цыганков В.И., Губашева Б.Е., Аккереева Э.К., Цыганков А.В. Биохимическая и технологическая оценка зерна сортов яровой твердой пшеницы в засушливых условиях Западного Казахстана // Наука и образование. 2022. № 2(67). С. 130–139. DOI: 10.56339/2305-9397-2022-1-2-130-140
9. Шашкаров Л.Г., Малов Н.П. Густота всходов, полевая всхожесть и выживаемость растений яровой пшеницы в зависимости от сорта // Вестник Казанского государственного аграрного университета. 2018. Т. 13, № 3 (50). С. 65–68. DOI: 10.12737/article_5bcf556e27c338.79719264
10. Lozhkin A.G., Shashkarov L.G., Eliseeva L.V., Alexandrova A.N. Formation of elements of the harvesting structure of spring durum wheat in agroecological conditions of the Chuvash // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, Macau, 21–24 July 2019, Macau: Institute of Physics Publishing, 2019. Article number: 012054. DOI: 10.1088/1755-1315/346/1/012054

References

1. Belyaev V.I., Sokolova L.V., Rudev N.V. Struktura urozhaya i kachestvo zerna sortov yarovoi myagkoi pshenitsy razlichnykh grupp spelosti (Tyumentsevskii raion, Altaiskii krai) [Yield structure and grain quality of spring common wheat varieties of different maturity groups (Tyumentsevsky district, Altai Territory)] // Vestnik Altaiskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2023. № 4(222). S. 5–11. DOI: 10.53083/1996-4277-2023-222-4-5-11
2. Vasil'ev O.A., Zaitseva N.N., Kir'yanov D.P. Effektivnost' ispol'zovaniya otkhodov biogazovoi ustanovki v kachestve nekornevoi podkormki yarovoi pshenitsy na serykh lesnykh pochvakh [Efficiency of using biogas plant waste as foliar feeding of spring wheat on gray forest soils] // Vestnik Bashkirskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2016. № 4 (40). S. 7–12.
3. Vasin V.G., Burunov A.N., Strizhakov A.O. Formirovanie agrofitotsenoza i produktivnost' yarovoi tverdoi pshenitsy pri primenenii mineral'nykh udobrenii [Formation of agrophytocenosis and productivity of spring durum wheat when using mineral fertilizers] // Vestnik Ul'yanovskoi gosudarstvennoi sel'skokhozyaistvennoi akademii. 2021. № 1(53). S. 25–32. DOI: 10.18286/1816-4501-2021-1-25-32
4. Denisov K.E., Geraskina A.A., Nikitin A.N., Kondakov K.S. Otsenka effektivnosti primeneniya mineral'nykh i mikrobiologicheskikh udobrenii dlya povysheniya kachestva zerna yarovoi tverdoi pshenitsy [Estimation of the efficiency of the use of mineral and microbiological fertilizers to improve grain quality of spring durum wheat] // Agrarnyi nauchnyi zhurnal. 2023. № 5. S. 10–15. DOI: 10.28983/asj.y2023i5pp10-15
5. Ivanisova A.S., Ilichkina N.P., Samofalova N.E., Kabanova N.V., Kipina I.M. Urozhainost' i kachestvo zerna ozimoi tverdoi pshenitsy razlichnykh grupp spelosti [Productivity and grain quality of winter durum wheat of various maturity groups] // Zernovoe khozyaistvo Rossii. 2023. T. 15, № 1. S. 70–75. DOI: 10.31367/2079-8725-2023-84-1-70-75
6. Lozhkin A.G., Vasil'ev O.A., Dimitriev V.L., Kramarenko A.V. Vliyanie preparatov Bloom & Grow i Immune system na produktivnost' yarovoi tverdoi i myagkoi pshenitsy v usloviyakh Chuvashskoi Respubliki [The effect of 'Bloom & Grow' and 'Immune system' on productivity of spring durum and common wheat in the conditions of the Chuvash Republic] // Zernovoe khozyaistvo Rossii. 2020. № 2(68). S. 39–43. DOI: 10.31367/2079-8725-2020-68-2-39-43

7. Lozhkin A.G., Mal'chikov P.N. Produktivnost' sortov yarovoi tverdoi pshenitsy v Chuvashskoi Respublike [Productivity of spring durum wheat varieties in the Chuvash Republic] // Agrarnyi nauchnyi zhurnal. 2018. № 12. S. 31–33. DOI: 10.28983/asj.v0i12.414

8. Tsygankov V.I., Gubasheva B.E., Akkereeveva E.K., Tsygankov A.V. Biokhimicheskaya i tekhnologicheskaya otsenka zerna sortov yarovoi tverdoi pshenitsy v zasushlivykh usloviyakh Zapadnogo Kazakhstana [Biochemical and technological estimation of grain of spring durum wheat varieties in the arid conditions of Western Kazakhstan] // Nauka i obrazovanie. 2022. № 2(67). S. 130–139. DOI: 10.56339/2305-9397-2022-1-2-130-140

9. Shashkarov L.G., Malov N.P. Gustota vskhodov, polevaya vskhozhest' i vyzhivaemost' rastenii yarovoi pshenitsy v zavisimosti ot sorta [Seedling density, field germination and survival of spring wheat plants depending on the variety] // Vestnik Kazanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2018. T. 13, № 3 (50). S. 65–68. DOI: 10.12737/article_5bcf556e27c338.79719264

10. Lozhkin A.G., Shashkarov L.G., Elisëeva L.V., Alexandrova A.N. Formation of elements of the harvesting structure of spring durum wheat in agroecological conditions of the Chuvash // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, Macau, 21–24 July, 2019. Macau: Institute of Physics Publishing, 2019. Article number: 012054. DOI: 10.1088/1755-1315/346/1/012054

Поступила: 24.10.23; доработана после рецензирования: 24.11.23; принята к публикации: 07.12.23.

Критерии авторства. Авторы статьи подтверждают, что имеют на статью равные права и несут равную ответственность за плагиат.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Авторский вклад. Ложкин А.Г. – концептуализация исследования; Димитриев В.Л. – анализ данных и их интерпретация; Мальчиков А.П. – подготовка рукописи.

Все авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.

АНАЛИЗ ИЗМЕНЧИВОСТИ МОРФОМЕТРИЧЕСКИХ И ФИЗИОЛОГИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ЗЕРНОВЫХ КУЛЬТУР ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ БИОУДОБРЕНИЯ

Д. Г. Федорова, кандидат биологических наук, руководитель научной группы ботанического сада, доцент кафедры биологии и почвоведения, DaryaOrlova24@rambler.ru, ORCID ID: 0000-0002-5323-4965;

Л. В. Галактионова, кандидат биологических наук, заведующая кафедрой биологии и почвоведения, ORCID ID: 0000-0003-0781-3752
ФГБОУ ВО «Оренбургский государственный университет»,
460018, г. Оренбург, пр-т Победы д. 13.

В настоящее время актуальным является решение проблемы повышения продуктивности сельскохозяйственных культур. Параметры фотосинтетической деятельности играют важную роль в фотосинтезе и обеспечивают эффективное функционирование растений в различных условиях. Понимание этих процессов помогает нам лучше понять механизмы роста и развития растений, а также разрабатывать методы повышения урожайности и устойчивости к стрессовым условиям. Цель исследования – оценить влияние биоудобрений на функционирование фотосинтетического аппарата и изменчивость площади листовых пластинок сельскохозяйственных зерновых культур (твердая пшеница, ячмень яровой), а также установить зависимость урожайности от применяемого мелиоранта. Объектами исследования были выбраны ячмень яровой Анна и пшеница твердая Оренбургская. Площадь листовой пластинки измеряли методом сканирования, используя программу APFill Ink&Toner Coverage Meter. Для определения содержания хлорофилла использовали портативный прибор N-тестер. Авторами достоверно установлены положительные взаимосвязи между ростом урожайности и размером листовой пластинки исследуемых опытных растений. Внесение исследуемого биоудобрения оказало положительное влияние на увеличение хлорофилла в листовых пластинках у ячменя. Это объясняет возможность изменения исследуемых параметров агротехническими средствами (внесением удобрения). Отмечена существенная корреляционная зависимость (при $p < 0,05$) между параметрами высоты с количеством семян в колосе ($r = 0,63$) и площадью листовой пластинки ($r = 0,69$), количеством семян в колосе и урожайностью ($r = 0,86$). В результате проведенных исследований установлена зависимость некоторых количественных параметров семенного материала между собой (длина колоса – количество семян в колосе), а также положительная корреляционная зависимость отмечена у площади листьев и длины колоса ($r = 0,69$). Достоверно получена значимая зависимость урожайности ячменя от используемого мелиоранта. При этом увеличение урожайности при применении удобрения по сравнению с контролем в результате полевого опыта составило 58,9 %.

Ключевые слова: пшеница твердая, ячмень яровой, хлорофилл, площадь листа, урожайность, биоудобрение.

Для цитирования: Федорова Д. Г., Галактионова Л. В.. Анализ изменчивости морфометрических и физиологических показателей зерновых культур при использовании биоудобрения // Зерновое хозяйство России. 2024. Т. 16, № 1. С. 89–96. DOI: 10.31367/2079-8725-2024-90-1-89-96.



ANALYSIS OF THE VARIABILITY OF MORPHOMETRIC AND PHYSIOLOGICAL PARAMETERS OF GRAIN CROPS WHEN USING BIOFERTILIZERS

D. G. Fedorova, Candidate of Biological Sciences, head of the research group of botanic garden, associate professor of the department of biology and soil study, DaryaOrlova24@rambler.ru, ORCID ID: 0000-0002-5323-4965;

L. V. Galaktionova, Candidate of Biological Sciences, head of the department of biology and soil study, ORCID ID: 0000-0003-0781-3752
FSBEI HE "Orenburg State University",
460018, Orenburg, Pobeda Av., 13

Currently, solving the problem of improving agricultural crops' productivity is of great relevance. The parameters of photosynthetic activity play an important role in photosynthesis and ensure the efficient functioning of plants under various conditions. Understanding of these processes helps better understand the mechanisms of plant growth and development, as well as develop methods to increase productivity and resistance to stress conditions. The purpose of the current study was to estimate the effect of biofertilizers on the functioning of the photosynthetic apparatus and the variability of the area of leaf blades of agricultural grain crops (durum wheat, spring barley), and to establish the dependence of productivity on the ameliorant used. The objects of study were the spring barley variety 'Anna' and the durum wheat variety 'Orenburgskaya'. The area of the leaf blade was measured by scanning using the AP-Fill Ink&Toner Coverage Meter program. To determine the chlorophyll content, there was used a portable N-tester. There has been reliably established positive correlation between productivity increase and the size of the leaf blade of the experimental plants. The application of the studied biofertilizer has had a positive effect on chlorophyll increase in the barley leaf blades. This explains the possibility of changing the studied parameters by agricultural methods (fertilizer application). There has been found a significant correlation (at $p < 0.05$) between the height parameters with a number of seeds in a head ($r = 0.63$) and a leaf blade area ($r = 0.69$), a number of seeds in a head and productivity

($r = 0.86$). As a result of the study, there has been established a relationship between some quantitative parameters of the seed material (head length – number of seeds in a head), and a positive correlation was identified between a leaf area and a head length ($r = 0.69$). There has been obtained a significant dependence of barley productivity on the ameliorant used. At the same time, the productivity increase when using fertilizer compared to the control was 58.9 %.

Keywords: durum wheat, spring barley, chlorophyll, leaf area, productivity, biofertilizer.

Введение. Физиолого-биохимические процессы, связанные с фотосинтезом, играют важную роль в общей продуктивности и урожайности сельскохозяйственных культур. Оптимизация работы фотосинтетического аппарата может значительно повысить производительность растений – до 60 %.

Главным органом фотосинтеза является лист, который выполняет сложные оптические процессы, преобразуя солнечную энергию в химическую энергию органических веществ (Agarie et al., 1992). Вещества, полученные листьями в процессе фотосинтеза, используются для образования биомассы и поддержания метаболических процессов растения.

Оптимизация фотосинтеза может быть достигнута различными способами. Например, улучшение фотосинтетической эффективности листьев может быть получено путем изменения хлоропластов или их структуры. Также оптимальное освещение и температура окружающей среды могут существенно повысить производительность фотосинтетического процесса. Но помимо оптимизации фотосинтеза, важно обеспечить достаточное поступление питательных веществ и воды к растениям. Недостаток питательных веществ или нарушение водного баланса может существенно снизить производительность фотосинтеза и, как следствие, урожайность культур. Кроме того, современные исследования также уделяют внимание генетической модификации растений с целью увеличения их фотосинтетической эффективности. Некоторые генетические изменения позволяют растениям лучше использовать световую энергию и увеличивают производство фотосинтатов (Agarie et al., 1992). Оптимизация фотосинтеза и обеспечение растений необходимыми ресурсами играют решающую роль в повышении продуктивности и урожайности сельскохозяйственных культур.

В листьях высших растений присутствуют две формы хлорофилла – Chl a и Chl b (Resende et al., 2023). Эти формы пигмента содержат магний и являются основными компонентами фотосинтеза. Хлорофилл играет роль светособирающих комплексов, которые поглощают световую энергию и направляют ее в реакционные центры. Растения с высоким содержанием зеленого пигмента способны поглощать больше энергии, что способствует более интенсивному фотосинтезу и росту биомассы. Исследования показывают, что оптимальные уровни хлорофилла способствуют повышению урожайности и качества сельскохозяйственных культур (Колесников и др., 2014).

Еще одним из показателей, характеризующих фотосинтетическую деятельность, является площадь листовой пластинки растений.

Научно подтверждено, что площадь листьев напрямую влияет на урожайность зерна и биомассы (Сидько и др., 2017; Rahimzaden, 2017). Размеры поверхности листа – важное условие хорошей продуктивности культуры. Чем больше размер листьев, тем выше интенсивность фотосинтеза и, соответственно, выше нарастание биомассы. При меньшей площади листьев наблюдается неполное использование световой энергии и снижение накопления органического вещества. Размеры и нарастание листовой поверхности зависят от различных факторов, таких как плотность посева, фаза развития растений и условия окружающей среды (Корягин и Корягина, 2018).

Параметры фотосинтетической деятельности играют важную роль в фотосинтезе и обеспечивают эффективное функционирование растений в различных условиях. Понимание этих процессов помогает нам лучше понять механизмы роста и развития растений, а также разрабатывать методы повышения урожайности и устойчивости к стрессовым условиям.

Показатели фотосинтетической деятельности растений (площадь листьев, содержание в них пигментов) можно регулировать как подбором сортов, так и агротехническими приемами, в том числе использованием удобрений. В литературе можно встретить большое количество примеров положительного влияния различного рода удобрений на рост и развитие сельскохозяйственных растений (Сметанникова и др., 2019; Назаров и др., 2020). Экспериментально доказано, что обработка растений компостом стимулирует увеличение содержания пигментов и углеводов, а также использование азотных удобрений (аммонийный азот) повышает концентрацию хлорофилла (Новикова и др., 2014). Увеличение данного параметра в листьях наблюдается при внесении биогумуса в почву для выращивания растений (Hu et al., 2008). Аналогичные полевые исследования по применению различных видов хелатных микроудобрений, регуляторов роста растений, гуминовых препаратов и других удобрений были проведены в разных почвенно-климатических районах (Шупинская и др., 2017). Эти опыты подтвердили их эффективность при выращивании различных культур, включая зерновые, зернобобовые, масличные, овощные, плодовые и ягодные (Зволинский и др., 2019; Гузенко и др., 2021; Габбасова и др., 2018). В целом исследования в области применения удобрений продолжаются, и их результаты способствуют повышению урожайности и качества продукции, что является важным фактором для обеспечения продовольственной безопасности и устойчивого развития сельских районов.

Цель нашего исследования – оценить влияние биоудобрений на функционирование фотосинтетического аппарата и изменчивость площади листовых пластинок сельскохозяйственных зерновых культур (твердая пшеница, ячмень яровой), а также установить зависимость урожайности от применяемого мелиоранта.

Материалы и методы исследований.

Работа выполнена в рамках грантового проекта: Конкурс 2023 года «Проведение фундаментальных научных исследований и поисковых научных исследований малыми отдельными научными группами» (региональный конкурс). Годы выполнения: 2023–2024. Наши исследо-

вания проводились в течение вегетационного периода 2023 г. на территории Ботанического сада ФГБОУ ВО «Оренбургский государственный университет». Почвенный покров участка исследования был представлен черноземом обыкновенным среднегумусным среднетяжелосуглинистым, на котором осуществлен посев зерновых культур.

Погодные условия в период проведения исследований характеризовались максимальной нестабильностью (табл. 1). Гидротермический коэффициент за период май–август при сумме активных температур – 2557,5 °С в среднем равен 0,57, что определяет погодные условия, характерные для зон сухого земледелия.

Таблица 1. Метеоданные по г. Оренбургу (2023 г.)
(по данным Государственного учреждения «Оренбургский областной центр по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды»)
Table 1. Weather data for the city of Orenburg (2023)
(according to the State Institution “Orenburg Regional Center for Hydrometeorology and Environmental Monitoring”)

		Май	Июнь	Июль	Август
Температура, °С	средн.	+17,6	+20,3	+23,7	+21,8
	max	+33,3	+35,2	+40,4	+34,3
	min	+2,4	+5,0	+9,8	+8,1
Сумма активных температур, °С		544,8	621,5	735,9	655,3
Относительная влажность воздуха, %	средн.	45	49	58	53
	min	13	16	9	15
Скорость ветра, м/с	средн.	3,7	3,6	3,0	3,0
	max	9,0	10,0	8,0	10
Осадки, мм	сумма	25,2	31	67,3	31,6
ГТК		0,46	0,49	0,86	0,48

В качестве объектов исследования были выбраны типичные зерновые культуры региона, имеющие продовольственное значение и идущие на экспорт: ячмень яровой Анна и пшеница яровая твердая Оренбургская.

Для каждой зерновой культуры были определены пробные площадки: № 1 и 2 (образцы опытные с внесением удобрений) и пробные площадки № 3 и 4 (контрольные образцы без удобрений). Пробные площадки располагались на отдельных участках размером 5×5 м. При подготовке к посеву проводили механическую вспашку и боронование почвы.

Посев зерновых культур производили ручной однорядной сеялкой в прогретую до 18–20 °С почву с заделкой семян на глубину 5–7 см во второй декаде мая с нормой высева 4,0 млн на 1 га.

При проведении эксперимента использовали удобрение, созданное на основе растительных отходов переработки сельскохозяйственной продукции, с добавлением биологически активных компонентов и содержанием органических веществ и азота не менее 75 и 4,5 % соответственно. Удобрение вносили в осенний период (2022 г.) в дозе 5 л на 1 м². Повторно в аналогичной дозировке удобрения вносили в почву весной (2023 г.).

Физиологически активные образцы листьев (3-й или 4-й сверху) с каждого участка

были сорваны случайным образом для определения необходимых параметров. Сбор образцов листьев растений осуществляли в фазу колошения. С каждой пробной площадки собирали по 50 листьев.

Площадь листовой пластинки измеряли методом сканирования, используя программу APFill Ink&Toner Coverage Meter.

Для определения содержания хлорофилла в листовых пластинках пользовались N-тестер (модель ПРАК 431155.022) – это портативный прибор, использующий фотометрический метод диагностики содержания хлорофилла в листьях (рис. 1).



Рис. 1. N-тестер модель ПРАК 431155.022
Fig. 1. N-tester model PRAK 431155.022

Принцип работы прибора основывается на вычислении отношения величин поглощения светового потока в двух участках спектра: красного и ближнего инфракрасного. Показатели меняются в зависимости от количества поглощенного хлорофиллом листа светового потока. На каждой пробной площадке осуществляли до 50 измерений. Результаты определений представлены в относительных условных единицах (от 0 до 1000).

Для выявления корреляционных зависимостей после созревания зерна нами были проанализированы следующие параметры:

- длина колоса (с использованием электронного штангельциркуля ADA Mechanic 150 Pro),
- количество семян в колосе,
- вес 1000 семян (ГОСТ 12042-80),
- урожайность (ц/га) – по стандартной формуле: $(a \cdot b \cdot c) / (10\,000)$, где a – количество коло-

сков на 1 м², b – среднее количество семян в одном колосе, c – средний вес 1000 зерен.

Статистическую обработку данных проводили с применением программы Microsoft Excel и Statistica 10.0.

Результаты и их обсуждение. Мы производили вычисление среднего значения площади одного листа исследуемых зерновых культур. В опыте с применением удобрений значение признака варьировало у пшеницы в пределах 7,95–9,61 см², у ячменя – 5,25–7,1 см². У образцов варианта 3 и 4 пшеницы показатель контроля оказался ниже и изменялся от 7,23 см² до 9,17 см². У ячменя средние значения опыта и контроля по данному параметру практически одинаковы, с разницей всего в 0,02 см². Однако данный признак у контроля этой культуры оказался более стабильным – коэффициент вариации равен 2,78 % против 25,72 % у опытного образца ячменя (рис. 2).

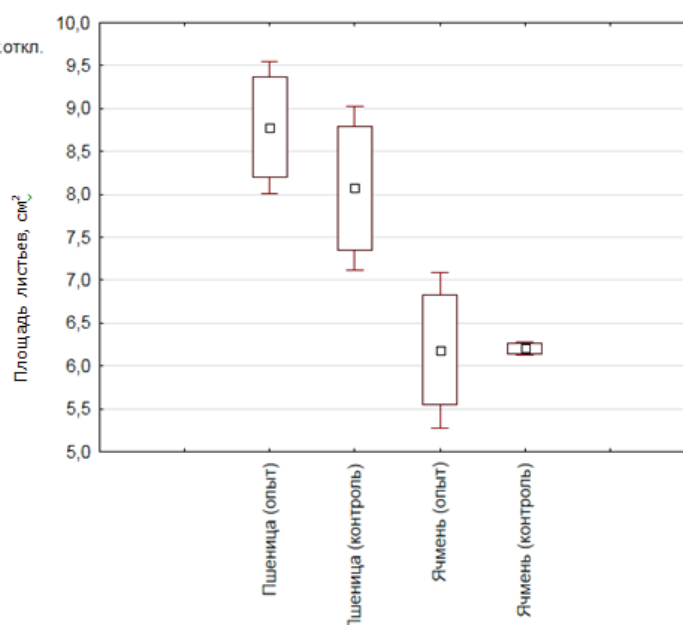


Рис. 2. Вариация площади листовых пластинок у исследуемых растений (мера измерения – см²)

Fig. 2. Variation in leaf blades' area of the studied plants (measured in cm²)

Анализируя влияние биоудобрения на метрические показатели листьев, используя t-тест Стьюдента (распределение нормальное по критерию Шапиро–Уилка, выборка однородная), выявлено следующее: значение площади листовой пластинки достоверно (при $p \leq 0,05$) зависит от применения исследуемого мелиоранта у пшеницы твердой – $p = 0,005$, у ячменя же такого влияния не выявлено ($p = 0,8$). Из чего следует, что тенденция увеличения площади листьев в опыте характерна для образцов с применением удобрения у исследуемого сорта ячменя.

Содержание хлорофилла на всех исследуемых площадках имеет следующую тенденцию – внесение удобрений оказало положительное влияние на синтез хлоропластов (рис. 3). Максимальное содержание зеленого пигмента у обеих культур отмечается на площад-

ке № 2 на фоне внесения удобрения: пшеница – показания N-тестера составили $615,0 \pm 48,4$ ед., ячмень – $719,8 \pm 51,4$ ед. Наибольшее отличие между вариантом опыта и контролем по исследуемому параметру отмечено у ячменя, где среднее содержание пигмента при внесении удобрения на 71,5 ед. больше контроля. У твердой пшеницы эта разница составила 30 ед.

Проверяя гипотезу также t-тестом Стьюдента, выявлено достоверное положительное влияние применения удобрения на показатели N-тестера в сторону увеличения, а следовательно, на изменение содержания зеленого пигмента у опытных образцов ячменя ($p = 0,04$).

Проанализировав вышеописанное, можно сделать вывод, что в целом содержание хлорофилла является модификационным признаком и регулируется агротехническими приемами, в данном случае внесением биоудобрения.

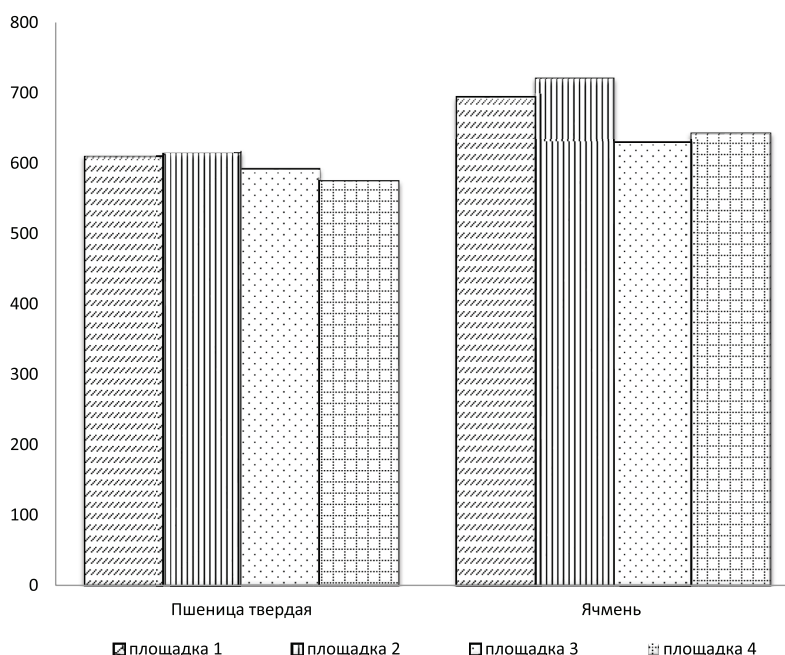


Рис. 3. Содержание хлорофилла в листьях объектов исследования

Fig. 3. Chlorophyll content in the leaves of the studied objects

Метрические и количественные параметры, полученные нами после созревания зерна, представлены в таблице 2.

Таблица 2. Качественные и количественные показатели зерновых культур
Table 2. Qualitative and quantitative indicators of grain crops

Культура		Количество зерен в колосе	Длина колоса, см	Масса 1000 семян, г	Урожайность, т/га
Опыт с внесением удобрения	Пшеница твердая	32,16±1,3	3,93±0,1	45,3±0,9	4,8±0,4
	Ячмень	14,26±0,5	5,52±0,2	44,5±0,7	4,2±0,3
Контроль	Пшеница твердая	30,2±1,9	3,9±0,2	44,2±0,4	4,4±1,3
	Ячмень	15,1±0,5	5,8±0,2	50,6±0,8	1,7±0,3

Для определения силы взаимосвязи площади листовых пластинок с вышеперечисленными характеристиками зерновых культур (распределение нормальное по критерию Шапиро–Уилка, связь между признаками линейная) нами использована такая статистическая мера, как корреляционный анализ Пирсона, статистическая значимость принята при $p < 0,05$. Сильная зависимость установлена для параметров «количество зерен в колосе»

и «урожайность», у пшеницы эта взаимосвязь максимальна ($r = 0,86$). Показатель длины колоса также статистически достоверно коррелирует с количеством семян в колосе, а наиболее тесная связь этих показателей отмечена у ячменя ($r = 0,63$). Достоверная корреляционная зависимость обнаружена между показателями «длина колоса» и «площадь листовой пластинки», а наибольшая взаимосвязь оказалась у ячменя, где $r = 0,69$ (табл. 3, 4).

Таблица 3. Корреляционная зависимость количественных показателей пшеницы твердой
Table 3. Correlation between quantitative indicators of durum wheat

Пшеница твердая	1	2	3	4	5
(1) Длина колоса	1	–	–	–	–
(2) Кол-во зерен в колосе	0,58	1	–	–	–
(3) Масса 1000 семян	0,54	0,36	1	–	–
(4) Урожайность	0,23	0,86	0,54	1	–
(5) Площадь листа	0,31	-0,44	-0,55	0,09	1

Таблица 4. Корреляционная зависимость количественных показателей ячменя
Table 4. Correlation between quantitative indicators of barley

Ячмень	1	2	3	4	5
(1) Длина колоса	1	–	–	–	–
(2) Кол-во зерен в колосе	0,63	1	–	–	–
(3) Масса 1000 семян	0,18	0,13	1	–	–
(4) Урожайность	0,13	–0,05	–0,09	1	–
(5) Площадь листа	0,69	–0,81	0,3	0,16	1

Таким образом, наглядно показано, как площадь листьев объектов исследования оказывает влияние на биомассу зерновых культур.

Площадь листьев прямо пропорционально связана с количеством пигментов (Юдина и др., 2017), которые в свою очередь влияют на метаболические процессы фотосинтеза, скорость и направленность биохимических процессов в тканях растений. Анализ полученных данных показал положительную взаимозависимость содержания пигмента и значений средней площади листовых пластинок. Корреляция у твердой пшеницы и ячменя составила 0,54 и 0,6 соответственно.

Выполнена сравнительная оценка средних арифметических значений урожайности экспериментальных и контрольных групп также с использованием t-теста Стьюдента (распределение нормальное по критерию Шапиро–Уилка, выборка однородная). В результате применения данного статистического критерия получено: для пшеницы $p = 0,07$, для ячменя $p = 0,003$. Это позволяет констатировать, что для культуры ячменя характерна статистически достоверная зависимость урожайности от используемого в опыте биоудобрения, у пшеницы этой зависимости не обнаружено.

Выводы.

1. В ходе проведения исследования отмечена существенная корреляционная зависимость (при $p < 0,05$) между параметрами высоты с количеством семян в колосе ($r = 0,63$) и площадью листовой пластинки ($r = 0,69$), количеством семян в колосе и урожайностью ($r = 0,86$).

2. Внесение биоудобрения в почву при выращивании зерновых культур достоверно увеличило площадь листовой поверхности у твердой пшеницы Оренбургская, а содержание в листьях хлорофилла и, соответственно, продуктивность фотосинтеза – у ячменя Анна.

3. Повышение урожайности при использовании мелиоративного приема по сравнению с контролем в результате полевого опыта составило у ячменя 58,9 %, что подтверждают статистические данные. У пшеницы разница опыта от контроля равна 8 %, однако зависимость этого показателя от используемого удобрения у данной культуры недостоверна.

Финансирование. Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 23-26-10079, <https://rscf.ru/project/23-26-10079/>.

Библиографические ссылки

1. Габбасова И.М., Сулейманов Р.Р., Гарипов Т.Т., Комиссаров М.А., Сидорова Л.В., Галимзянова Н.Ф., Liebelt P., Абакумов Е.В., Гималетдинова Г.А., Простякова З.Г. Использование местных удобрений почвенного гриба *Trichoderma koningii* Oudem. и no-till обработки для улучшения агроценоза в Южном Предуралье // Сельскохозяйственная биология. 2018. Т. 53, № 5. С. 1004–1012.
2. Гузенко А.В., Солонкин А.В., Сапунков В.Л. Влияние макро- и микроудобрений на урожайность и качество сортов озимой пшеницы // Агрохимический вестник. 2021. № 3. С. 78–84.
3. Зволинский В.П., Полескачев Ю.Н., Калмыкова Е.В., Калмыкова О.В. Влияние макро- и микроудобрений на качество плодов томата // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. 2019. № 1(53). С. 32–41.
4. Колесников Л.Е., Подгорная Е.Б., Танюхина О.Н., Бутова О.И., Колесникова Ю.Р. Внутривидовая изменчивость элементного состава яровой мягкой пшеницы и ее связь с урожайностью и повреждением листьев вредителями // Биосфера. 2014. № 4. С. 359–364.
5. Корягин Ю.В., Корягина Н.В. Эколого-агрономическая оценка применения микробиологических удобрений в растениеводстве для обеспечения экологической безопасности человека // Качество жизни населения и экология. 2018. С. 110–151.
6. Назаров А.М., Гараньков И.Н., Туктарова И.О., Сальманова Э.Р., Архипова Т.Н., Иванов И.И., Феоктистова А.В., Простякова З.Г., Кудоярова Г.Р. Содержание фитогормонов и рост побегов у пшеницы (*Triticum durum* Desf.) под влиянием гуматов натрия в составе гранулированных органоминеральных удобрений // Сельскохозяйственная биология. 2020. Т. 55, № 5. С. 945–955.
7. Новикова Н.Е., Грошелев С.Н., Бобков С.В. Отзывчивость гороха на удобрения и регуляторы роста // Земледелие. 2014. № 2. С. 38–40.
8. Сидько А.Ф., Ботвич И.Ю., Письман Т.И., Шевырнов А.П. Оценка содержания хлорофилла и урожайности зерновых культур по хлорофилльному потенциалу [Электронный ресурс] // Биофизика. 2017. Т. 62, № 3. С. 565–569. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=29107893&> (дата обращения: 13.11.2023)

9. Сметанникова А.Ф., Косолапова А.И., Корляков К.Н., Оносов Д.В., Фомин Д.С., Ямалтдинова В.Р., Шишков Д.Г., Оносова Д.Ф. Концепция использования комплексных удобрений пролонгированного действия на основе отходов переработки калийно-магниевых руд как новой парадигмы в улучшении плодородия почв // Бюллетень Почвенного института им. В.В. Докучаева. 2019. № 100. С. 133–158.
10. Шупинская И.А., Самсонова Н.Е., Антонова Н.А. Влияние корневого и foliarного питания растений минеральными удобрениями и соединениями кремния на показатели фотосинтетической деятельности и урожайность зерна яровой пшеницы // Агрохимия. 2017. № 2. С. 11–18.
11. Юдина П.К., Иванова Л.А., Ронжина Д.А., Золотарева Н.В., Иванов Л.А. Варьирование параметров листьев и содержания пигментов у трех видов степных растений в зависимости от аридности климата // Физиология растений. 2017. № 64(3). С. 190–203. DOI: 10.7868/s0015330317020142
12. Agarie S., Agata W., Kubota F., Kaufman P.B. Physiological roles of silicon in photosynthesis and dry matter production in rice plants: I. Effects of silicon and shading treatments // Japanese journal of crop science. 1992. Vol. 61, № 2. P. 200–206. DOI: 10.1626/jcs.61.200
13. Hu Y., Burcus Z., Schmidhalter U. Effect of foliar fertilization application on the growth and mineral nutrient content of maize seedlings under drought and salinity // Soil Science and Plant Nutrition. 2008. Vol. 54, № 1. P. 133–141. DOI: 10.1111/j.1747-0765.2007.00224.x
14. Rahimzadeh S., Sohrabi Y., Pizad A., Sheykhabaglou R. Effect of biological and chemical fertilization on the yield and nutrients of Moldavian balm (*Dracocephalum moldavica* L.) seeds // Journal of Siberian Federal University. Biology. 2017. T. 10, № 3. С. 323–332.
15. Resende A.C.R., Pereira R., Nunes C., Cruz S., Calado R., Cartaxana P. Photosynthetic pigment and carbohydrate profiling of fucus vesiculosus from an iberian coastal lagoon // Plants. 2023. Vol. 12, № 6. Article number: 1234. DOI: 10.3390/plants12061324

References

1. Gabbasova I.M., Suleimanov R.R., Garipov T.T., Komissarov M.A., Sidorova L.V., Galimzyanova N.F., Liebelt P., Abakumov E.V., Gimaletdinova G.A., Prostyakova Z.G. Ispol'zovanie mestnykh udobrenii pochvennogo griba *Trihoderma koningii* Oudem. i no-till obrabotki dlya uluchsheniya agrochernozema v Yuzhnom Predural'e [Use of local fertilizers of the soil fungus *Trihoderma koningii* Oudem. and no-till treatments to improve agrobblackearth in the Southern Urals] // Sel'skokhozyaistvennaya biologiya. 2018. T. 53, № 5. S. 1004–1012.
2. Guzenko A.V., Solonkin A.V., Sapunkov V.L. Vliyanie makro- i mikroudobrenii na urozhainost' i kachestvo sortov ozimoi pshenitsy [The effect of macro- and microfertilizers on productivity and quality of winter wheat varieties] // Agrokhimicheskii vestnik. 2021. № 3. S. 78–84.
3. Zvolinskii V.P., Poleskachev Yu.N., Kalmykova E.V., Kalmykova O.V. Vliyanie makro- i mikroudobrenii na kachestvo plodov tomatov [The effect of macro- and microfertilizers on the quality of tomatoes] // Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: Nauka i vysshee professional'noe obrazovanie. 2019. № 1(53). S. 32–41.
4. Kolesnikov L.E., Podgornaya E.B., Tanyukhina O.N., Burova O.I., Kolesnikova Yu.R. Vnutrividovaya izmenchivost' elementnogo sostava yarovoi myagkoi pshenitsy i ee svyaz' s urozhainost'yu i povrezhdeniem list'ev vreditelyami [Intraspecific variability of the elemental composition of spring common wheat and its correlation with productivity and leaf damage by pests] // Biosfera. 2014. № 4. S. 359–364.
5. Koryagin Yu.V., Koryagina N.V. Ekologo-agronomicheskaya otsenka primeneniya mikrobiologicheskikh udobrenii v rasteniyevodstve dlya obespecheniya ekologicheskoi bezopasnosti cheloveka [Ecological and agronomic estimation of the use of microbiological fertilizers in plant production to ensure human environmental safety] // Kachestvo zhizni naseleniya i ekologiya. 2018. S. 110–151.
6. Nazarov A.M., Garan'kov I.N., Tuktarova I.O., Sal'manova E.R., Arkhipova T.N., Ivanov I.I., Feoktistova A.V., Prostyakova Z.G., Kudoyarova G.R. Soderzhanie fitogormonov i rost pobegov u pshenitsy (*Triticum durum* Desf.) pod vliyaniem gumatov natriya v sostave granulirovannykh organomineral'nykh udobrenii [The content of phytohormones and shoot growth in wheat (*Triticum durum* Desf.) under the effect of sodium humates in the composition of granular organomineral fertilizers] // Sel'skokhozyaistvennaya biologiya. 2020. T. 55, № 5. S. 945–955.
7. Novikova N.E., Groshelev S.N., Bobkov S.V. Otzyvchivost' gorokha na udobreniya i regulatory rosta [Pea responsiveness to fertilizers and growth regulators] // Zemledelie. 2014. № 2. S. 38–40.
8. Sid'ko A.F., Botvich I.Yu., Pis'man T.I., Shevyrnogov A.P. Otsenka soderzhaniya khlorofilla i urozhainosti zernovykh kul'tur po khlorofill'nomu potentsialu [Estimation of chlorophyll content and grain crop productivity based on chlorophyll potential] [Elektronnyi resurs] // Biofizika. 2017. T. 62, № 3. S. 565–569. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=29107893&> (data obrashcheniya: 13.11.2023)
9. Smetannikova A.F., Kosolapova A.I., Korlyakov K.N., Onosov D.V., Fomin D.S., Yamaltdinova V.R., Shishkov D.G., Onosova D.F. Kontseptsiya ispol'zovaniya komplksnykh udobrenii prolongirovannogo deistviya na osnove otkhodov pererabotki kalino-magnievykh rud kak novoi paradigmy v uluchshenii plodorodiya pochv [The concept of using complex long-acting fertilizers based on waste from processing potassium-magnesium ores as a new paradigm in improving soil fertility] // Byulleten' Pochvennogo instituta im. V.V. Dokuchaeva. 2019. № 100. S. 133–158.
10. Shupinskaya I.A., Samsonova N.E., Antonova N.A. Vliyanie kornevogo i foliarnogo pitaniya rastenii mineral'nymi udobreniyami i soedineniyami kremniya na pokazateli fotosinteticheskoi deyatel'nosti i urozhainost' zerna yarovoi pshenitsy [The effect of root and foliar nutrition of plants with mineral fertilizers and silicon compounds on the parameters of photosynthetic activity and grain productivity of spring wheat] // Agrokhiimiya. 2017. № 2. S. 11–18.
11. Yudina P.K., Ivanova L.A., Ronzhina D.A., Zolotareva N.V., Ivanov L.A. Var'irovanie parametrov list'ev i soderzhaniya pigmentov u trekh vidov stepnykh rastenii v zavisimosti ot aridnosti klimata [Variation

of leaf parameters and pigment content in three species of steppe plants depending on climate aridity] // *Fiziologiya rastenii*. 2017. № 64 (3). С. 190–203. DOI:10.7868/s0015330317020142

12. Agarie S., Agata W., Kubota F., Kaufman P.B. Physiological roles of silicon in photosynthesis and dry matter production in rice plants: I. Effects of silicon and shading treatments // *Japanese journal of crop science*. 1992. Vol. 61, № 2. P. 200–206. DOI: 10.1626/jcs.61.200

13. Hu Y., Burcus Z., Schmidhalter U. Effect of foliar fertilization application on the growth and mineral nutrient content of maize seedlings under drought and salinity // *Soil Science and Plant Nutrition*. 2008. Vol. 54, № 1. P. 133–141. DOI: 10.1111/j.1747-0765.2007.00224.x

14. Rahimzadeh S., Sohrabi Y., Pizad A., Sheykhbaglou R. Effect of biological and chemical fertilization on the yield and nutrients of Moldavian balm (*Dracocephalum moldavica* L.) seeds // *Journal of Siberian Federal University. Biology*. 2017. Т. 10, № 3. С. 323–332.

15. Resende A. C. R., Pereira R., Nunes C., Cruz S., Calado R., Cartaxana P. Photosynthetic pigment and carbohydrate profiling of *fucus vesiculosus* from an iberian coastal lagoon // *Plants*. 2023. Vol. 12, № 6. Article number: 1234. DOI: 10.3390/plants12061324

Поступила: 02.10.23; доработана после рецензирования: 22.12.23; принята к публикации: 22.12.23.

Критерии авторства. Авторы статьи подтверждают, что имеют на статью равные права и несут равную ответственность за плагиат.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Авторский вклад. Федорова Д.Г. – концептуализация исследований, анализ литературных источников, анализ данных и их интерпретация, подготовка рукописи, финальная доработка текста, оформление сопроводительных документов; Галактионова Л.В. – непосредственное участие в проведении полевых испытаний, редакционная правка текста, финальная доработка текста.

Все авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.

ВЛИЯНИЕ СРОКОВ ПОСЕВА И НОРМ ВЫСЕВА СОРТОВ ЗИМУЮЩЕГО ГОРОХА НА СОДЕРЖАНИЕ БЕЛКА И ВЫХОД ПИТАТЕЛЬНЫХ ВЕЩЕСТВ

Г. В. Метлина, кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник лаборатории технологии возделывания зерновых и пропашных культур, metlina_gv@mail.ru, ORCID ID: 0000-0003-1712-0976;

С. А. Васильченко, кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник лаборатории технологии возделывания зерновых и пропашных культур, wasilchenko12@rambler.ru, ORCID ID: 0000-0003-1587-2533;

А. Р. Ашиев, кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник лаборатории селекции и семеноводства зернобобовых культур, arkady.ashiev@yandex.ru, ORCID ID: 0000-0002-2101-2321;

Н. С. Кравченко, кандидат биологических наук, ведущий научный сотрудник лаборатории биохимической, технологической и агрохимической оценки, ninakravchenko78@mail.ru, ORCID ID: 0000-0003-3388-1548

ФГБНУ «Аграрный научный центр «Донской», 347740, Ростовская область, г. Зерноград, ул. Научный городок, д. 3; e-mail: vniizk30@mail.ru

Представлены результаты исследований по определению качества зерна зимующего гороха сортов Фокус и Зимус в зависимости от агроприемов. Целью исследований являлось определение содержания белка и выход основных питательных веществ в зерне зимующего гороха в зависимости от сроков посева и норм высева. Научные исследования проведены в 2019–2021 гг. в ФГБНУ «АНЦ «Донской». Почва опытного участка представлена черноземом обыкновенным карбонатным тяжелосуглинистым. Предшественник озимая пшеница. Погодные условия в годы исследований характеризовались повышенными температурами воздуха в осенний период и возвратом холодов в весенний период, что приводило к значительному повреждению и изреживанию посевов. Количество продуктивных осадков в период налива зерна положительно влияло на формирование урожайности. В результате исследований было установлено, что наибольший сбор основных питательных веществ получен во второй декаде октября с нормой высева 1,2 и 1,4 млн шт./га для сортов Фокус и Зимус соответственно. По сорту Фокус наибольшее содержание сырого белка составило 25,42 % с выходом кормовых единиц 2,58 т/га, сырого белка 0,557 т/га, обменной энергии 25,31 ГДж/га, с обеспеченностью кормовой единицы переваримым белком 189 г. По сорту Зимус наибольшее содержание сырого белка составило 25,46 % с выходом кормовых единиц 2,57 т/га, сырого белка 0,555 т/га, обменной энергии 24,62 ГДж/га, с обеспеченностью кормовой единицы переваримым белком 190 г. Изучаемые сорта по содержанию переваримого белка находились на уровне 205–219 г/кг зерна.

Ключевые слова: зимующий горох, сорт, нормы высева, срок посева, содержание белка, кормовые единицы, обменная энергия, обеспеченность кормовой единицы переваримым белком.

Для цитирования: Метлина Г. В., Васильченко С. А., Ашиев А. Р., Кравченко Н. С. Влияние сроков посева и норм высева сортов зимующего гороха на содержание белка и выход питательных веществ // Зерновое хозяйство России. 2024. Т. 16, № 1. С. 97–103. DOI: 10.31367/2079-8725-2024-90-1-97-103.



THE EFFECT OF SOWING DATES AND SOWING RATES OF WINTERING PEA VARIETIES ON PROTEIN PERCENTAGE AND YIELD OF NUTRIENTS

G. V. Metlina, Candidate of Agricultural Sciences, leading researcher of the laboratory for cultivation technology of grain and row crops, metlina_gv@mail.ru, ORCID ID: 0000-0003-1712-0976;

S. A. Vasilchenko, Candidate of Agricultural Sciences, senior researcher of the laboratory for cultivation technology of grain and row crops, wasilchenko12@rambler.ru, ORCID ID: 0000-0003-1587-2533;

A. R. Ashiev, Candidate of Agricultural Sciences, leading researcher of the laboratory for legumes breeding and seed production, arkady.ashiev@yandex.ru, ORCID ID: 0000-0002-2101-2321;

N. S. Kravchenko, Candidate of Biological Sciences, leading researcher of the laboratory for biochemical estimation of breeding material and seed quality, ninakravchenko78@mail.ru, ORCID ID: 0000-0003-3388-1548

FSBSI Agricultural Research Center "Donskoy", 347740, Rostov region, Zernograd, Nauchny Gorodok, 3; e-mail: vniizk30@mail.ru

There have been presented the study results on determining the quality of grain of wintering peas varieties 'Fokus' and 'Zimus' depending on agricultural methods. The purpose of the current study was to determine protein percentage and yield of basic nutrients in grain of wintering peas, depending on sowing dates and rates. The current study was carried out at the FSBSI "ARC "Donskoy" in 2019–2021. The soil of the experimental plot was represented by ordinary carbonate heavy loamy chernozem. The forecrop was winter wheat. Weather conditions during the years

of study were characterized by increased air temperatures in autumn and the return of cold weather in spring, which led to significant damage and thinning of crops. The amount of productive precipitation during the period of grain filling had a positive effect on productivity formation. There has been found that the greatest collection of basic nutrients was obtained in the second ten days of October with a sowing rate of 1.2 and 1.4 million pcs/ha for the varieties 'Fokus' and 'Zimus', respectively. For the variety 'Fokus', the highest crude protein percentage was 25.42 %, with 2.58 t/ha of feed units, 0.557 t/ha of crude protein, 25.31 GJ/ha of metabolic energy, with 189 g of a supply of a feed unit with digestible protein. For the variety 'Zimus', the highest crude protein percentage was 25.46 %, with 2.57 t/ha of feed units, 0.555 t/ha of crude protein, 24.62 GJ/ha of metabolic energy, with 190 g of a supply of a feed unit with digestible protein. The studied varieties according to digestible protein percentage were at the level of 205–219 g per a kg of grain.

Keywords: *wintering peas, variety, sowing rates, sowing date, protein percentage, feed units, metabolic energy, a supply of a feed unit with digestible protein.*

Введение. Горох – важная зернобобовая культура в России и в мире, имеющая ряд ценных хозяйственных признаков и свойств (Костерин, 2017). Основными достоинствами этой культуры являются агроэкологическая пластичность и адаптивность, высокобелковость, азотфиксирующая активность (Пономарева, 2021). Горох не содержит в своем составе вредных веществ, и в целом за счет его питательности можно сократить расход кормов (Андрианова и др., 2020).

Для южных регионов большое значение имеют зимующие формы гороха, способствующие получению ранневесеннего высокобелкового корма и защите почвы от ветровой и водной эрозии; для них важное значение имеют сроки посева (Брежнева, 2016; Балашов и др., 2017; Попов и др. 2022). Норма высева семян также является важным элементом при возделывании зимующего гороха (Фадеева и др., 2020).

Питательность корма определяется качественным составом сухого вещества, при этом наибольшую ценность представляет белок (Ковтунова и Шишова, 2023; Ковтунова, 2017; Kovtunov et al, 2021). Содержание сырого протеина в зерне гороха в пересчете на 1 к.е. достигает 100–300 г (Зотиков, 2020). Повышение содержания белка в растительном сырье – одна из важных проблем кормопроизводства (Regidin and Ignatiev, 2021).

Целью исследований являлось определение содержания белка и выход основных питательных веществ в зерне зимующего гороха в зависимости от сроков посева и норм высева.

Материалы и методы исследований. Полевые опыты проводили в 2019–2021 гг. в лаборатории технологии возделывания зерновых и пропашных культур ФГБНУ «АНЦ «Донской».

Исследования проводили на сортах Фокус и Зимус селекции ФГБНУ «НЦЗ им. П.П. Лукьяненко», предназначенных для возделывания на зерно.

Почва опытного участка представлена черноземом обыкновенным карбонатным тяжело-суглинистым. Предшественник – озимая пшеница.

Основная обработка почвы состояла из двойного дискования стерни предшественника и отвальной вспашки с дальнейшей предпосевной культивацией. Посев проводили сеялкой СС-11 «Альфа».

Повторность в опыте четырехкратная, площадь делянки 25 м², в том числе учетная –

20 м², систематическое расположение делянок. Уборка комбайном Wintersteiger Classic.

Биохимические анализы проводили в лаборатории биохимической, технологической и агрохимической оценки АНЦ «Донской» в фазу полной спелости зерна по методикам и ГОСТам: сырая клетчатка – по Геннебергу и Штоману (ГОСТ Р 52839-2007), сырой жир – по Рушковскому (ГОСТ 13496.15-97), сырая зола – методом сухого озоления (ГОСТ 26229-95), содержание общего азота – по ГОСТ 13496.4-2019.

Математическая обработка была проведена по методике Б.А. Доспехова (2014).

Современные нормы кормления предусматривают потребность животных в белке, в том числе в переваримом, кормовых единицах, обменной энергии, которые рассчитывались по данным биохимического анализа.

Обменная энергия определялась на основе данных химического состава зерна с помощью соответствующих уравнений регрессии для КРС:

$$ОЭ = 17,46пП + 31,23пЖ + 13,65пК + 14,78пБ$$

Энергетическую питательность в овсяных кормовых единицах рассчитывали по данным химического состава корма:

$$ОКЕкрс = 1,21пП + 5,32пЖ + 1,42(пК+пБ),$$

где пП, пЖ, пК, пБ – соответственно содержание переваримого протеина, жира, клетчатки, БЭВ в 100 кг сухого вещества.

Посев проводили в три срока: первый срок посева (1-я декада октября); второй срок посева (2-я декада октября); третий срок посева (3-я декада октября) с нормами высева 1,0; 1,2; 1,4; 1,6; 1,8 млн шт/га.

Данные погодно-климатических условий определены на метеостанции г. Зернограда.

В 2019/2020 с.-х. году повышенные температуры воздуха в осенний период (на 1,7 оС выше среднегодовой нормы) и достаточное увлажнение почвы (влажность посевного слоя почвы составляла 19,7 %) способствовали хорошему развитию растений зимующего гороха, что позволило им уйти в зиму в фазе «всходы». В зимние месяцы количество атмосферных осадков (140,5 мм) было близко к среднегодовой норме (145,7 мм), а среднесуточная температура (1,7 оС) значительно ее превышала (-3,4 оС). Данные метеороло-

гические условия являлись благоприятными для перезимовки растений зимующего гороха. Весной отмечалось превышение среднесуточной температуры воздуха над среднегодовой на 0,9 оС, однако количество продуктивных осадков было на 25,1 % ниже среднегодовой нормы.

В 2020/2021 сельскохозяйственном году осень характеризовалась сильными засушливыми явлениями (количество осадков было в 4,6 раза ниже среднегодовой нормы). Развитие растений и уход их в зиму соответствовали фазе «проростки». В зимние месяцы количество осадков было в 5 раз ниже среднегодовой нормы. В зимний период отмечена гибель растений. Начало возобновления весенней вегетации соответствовало второй

декаде марта. Весной отмечены значительное количество осадков (243,4 мм) и высокие температуры воздуха (10,7 оС при норме 9,7 оС) в сравнении со среднегодовыми показателями. Период налива зерна проходил в благоприятных условиях (превышение количества осадков к среднегодовой норме составило 32,6 мм, а среднесуточная температура воздуха на 1,0 оС превышала среднегодовую норму), что позволило оценить изучаемые сорта по урожайности и качеству.

Результаты и их обсуждение. Наибольшая урожайность зерна была получена при посеве во второй и третьей декадах октября с нормой высева 1,4 млн шт. всх. семян/га, где она составила по сорту Фокус 2,24 и 2,23 т/га, по сорту Зимус 2,18 и 1,96 т/га (табл. 1).

Таблица 1. Урожайность зерна в зависимости от сроков посева и нормы высева зимующего гороха, т/га (2020–2021 гг.)
Table 1. Grain productivity depending on sowing dates and sowing rates of wintering peas, t/ha (2020–2021)

Сорт	Норма высева, млн шт./га	Посев (октябрь)		
		первая декада	вторая декада	третья декада
Фокус	1,0	1,36	1,85	2,09
	1,2	1,37	2,19	2,18
	1,4	1,45	2,24	2,23
	1,6	1,57	1,83	2,10
	1,8	1,77	1,74	1,95
Среднее		1,50	1,97	2,11
НСР ₀₅		0,21		
Зимус	1,0	1,51	1,75	1,71
	1,2	1,64	1,96	1,79
	1,4	1,86	2,18	1,96
	1,6	1,81	1,94	1,85
	1,8	1,78	1,82	1,55
Среднее		1,72	1,93	1,77
НСР ₀₅		0,15		

Содержание сырого белка в зерне зимующего гороха в среднем за годы изучения варьировало по срокам и нормам высева: по со-

рту Фокус от 23,80 до 25,42 %, по сорту Зимус от 21,47 до 25,46 % (табл. 2).

Таблица 2. Содержание сырого белка в зависимости от сроков посева и нормы высева зимующего гороха, % (2020–2021 гг.)
Table 2. Crude protein percentage depending on sowing dates and sowing rate of wintering peas, % (2020–2021)

Сорт	Норма высева, млн шт./га	Посев (октябрь)		
		первая декада	вторая декада	третья декада
Фокус	1,0	24,27	23,85	24,75
	1,2	23,94	25,42	24,45
	1,4	23,80	25,10	24,72
	1,6	24,00	24,88	24,49
	1,8	23,89	24,63	24,63
Среднее		23,98	24,78	24,61
Стандартное отклонение		0,18	0,59	0,13
Зимус	1,0	21,47	24,55	24,56
	1,2	21,77	25,12	25,13
	1,4	21,84	25,46	24,85
	1,6	22,22	25,22	24,79
	1,8	22,29	24,09	22,45
Среднее		21,92	24,89	24,36
Стандартное отклонение		0,34	0,56	1,08

Наибольшее содержание сырого белка по сорту Фокус получено при посеве во второй декаде октября с нормой высева 1,2 млн шт./га, где этот показатель составил 25,42 %, отмечен близкий по значению вариант с нормой высева 1,4 млн шт./га, где содержание сырого протеина соответствовало уровню 25,10%.

По сорту Зимус наибольшее содержание сырого белка отмечено при посеве во второй декаде октября – 25,46 % с нормой высева 1,4 млн шт./га, отмечен близкий по уров-

ню содержания сырого протеина вариант посева второй декады октября с нормой высева 1,6 млн шт./га, где этот показатель составил 25,22%.

Наибольший сбор сырого белка и кормовых единиц, переваримого протеина с гектара в зерне по сорту Фокус получен во второй декаде октября с нормой высева 1,2 млн шт./га, где этот показатель составил 0,557, 2,58 и 0,490 т/га соответственно (табл. 3).

Таблица 3. Сбор основных питательных веществ в урожае зерна сорта Фокус в зависимости от сроков посева и норм высева (2020–2021 гг.)
Table 3. Yield of main nutrients in grain productivity of the variety 'Fokus', depending on sowing dates and sowing rates, (2020–2021)

Сроки посева	Норма высева, млн шт./га	Получено с 1 га, т			Обменной энергии, ГДж/га	Переваримого белка на 1 корм. ед., г
		кормовых единиц	сырого белка	переваримого белка		
Первая декада октября	1,0	1,60	0,330	0,290	15,32	178
	1,2	1,62	0,328	0,289	15,43	178
	1,4	1,71	0,345	0,304	16,34	178
	1,6	1,85	0,377	0,332	17,69	179
	1,8	2,09	0,423	0,372	19,94	178
Вторая декада октября	1,0	2,20	0,441	0,388	20,84	176
	1,2	2,58	0,557	0,490	25,31	189
	1,4	2,64	0,552	0,486	24,69	184
	1,6	2,16	0,455	0,401	20,68	186
	1,8	2,05	0,427	0,376	19,66	183
Третья декада октября	1,0	2,47	0,517	0,445	23,56	184
	1,2	2,57	0,533	0,469	24,58	182
	1,4	2,63	0,551	0,485	25,16	184
	1,6	2,50	0,514	0,452	23,66	181
	1,8	2,30	0,480	0,423	22,24	184
Среднее		2,20	0,455	0,400	21,01	182
Стандартное отклонение		0,37	0,08	0,07	3,55	4,03

Современные нормы кормления включают показатель обеспеченности 1 кормовой единицы переваримым белком не ниже 110 г. Срок посева первой декады октября по обеспеченности 1 кормовой единицы переваримым белком находился в пределах 178–179 г, срок третьей декады октября по этому показателю находился на уровне 181 – 184 г. Наибольшая величина обеспеченности переваримым белком одной кормовой единицы получена при сроке посева во вторую декаду октября с нормой высева 1,2 млн шт./га – 189 г.

Выход обменной энергии в первом сроке посева находился на уровне 15,32–19,94 ГДж/га, во втором сроке посева этот показатель находился на уровне 19,66–25,31 ГДж/га, в третьем сроке посева – 22,24–25,16 ГДж/га. Максимальный

сбор обменной энергии получен в посеве второй декады октября с нормой высева 1,2 млн шт./га, где этот показатель составил 25,31 ГДж/га.

По всем изучаемым срокам посева сбор кормовых единиц сорта Зимус находился на уровне 1,80–2,57 т/га. Наиболее продуктивным по этому показателю было определен срок посева во вторую декаду октября, где выход кормовых единиц составил 2,07–2,57 т/га. Максимальный сбор кормовых единиц получен при норме высева 1,4 млн шт./га – 2,57 т/га. В этом же варианте отмечен наибольший сбор сырого белка – 0,555 т/га, переваримого белка – 0,488 т/га с обеспеченностью одной кормовой единицы переваримым белком 190 г и выходом обменной энергии 24,62 ГДж/га (табл. 4).

Таблица 4. Сбор основных питательных веществ в урожае зерна сорта Зимус в зависимости от сроков посева и норм высева (2020–2021 гг.)
Table 4. Yield of main nutrients in grain productivity of the variety 'Zimus', depending on sowing dates and sowing rates (2020–2021)

Сроки посева	Норма высева, млн шт./га	Получено с 1 га, т			Обменной энергии, ГДж/га	Переваримого белка на 1 корм. ед., г
		кормовых единиц	сырого белка	переваримого белка		
Первая декада октября	1,0	1,80	0,329	0,289	17,01	162
	1,2	1,97	0,357	0,314	18,48	159
	1,4	2,21	0,406	0,357	20,95	162

Продолжение табл. 4

Сроки посева	Норма высева, млн шт/га	Получено с 1 га, т			Обменной энергии, ГДж/га	Переваримого белка на 1 корм. ед., г
		кормовых единиц	сырого белка	переваримого белка		
Вторая декада октября	1,6	2,15	0,402	0,354	20,55	165
	1,8	2,12	0,397	0,349	20,21	165
	1,0	2,07	0,430	0,378	19,78	183
	1,2	2,31	0,492	0,433	22,12	188
	1,4	2,57	0,555	0,488	24,62	190
	1,6	2,31	0,488	0,431	21,86	187
	1,8	2,15	0,438	0,386	20,54	179
Третья декада октября	1,0	2,03	0,428	0,370	19,26	182
	1,2	2,15	0,450	0,396	20,17	184
	1,4	2,33	0,487	0,429	22,08	184
	1,6	2,20	0,459	0,404	21,00	184
	1,8	1,84	0,348	0,306	17,62	166
Среднее		2,15	0,431	0,379	20,42	176
Стандартное отклонение		0,20	0,06	0,05	1,91	11,24

Качество зерна в очень большой мере оценивается уровнем содержания в нем белка. При недостатке в зерне белка затраты на получение единицы продукции возрастают, а эффективность его использования снижается.

Химический состав зерна гороха не остается стабильным, на него оказывают влияние почвенно-климатические условия и элементы технологии возделывания (табл. 5).

Таблица 5. Содержание переваримого белка в зерне зимующего гороха в зависимости от сроков посева и норм высева, г/кг зерна (2020–2021 гг.)
Table 5. Digestible protein percentage in wintering pea grain depending on sowing dates and sowing rates, g/kg of grain (2020–2021)

Сорт	Норма высева, млн шт./га	Посев (октябрь)		
		первая декада	вторая декада	третья декада
Фокус	1,0	209	205	213
	1,2	206	219	210
	1,4	205	216	213
	1,6	206	214	211
	1,8	205	212	212
Среднее		206,2	213,2	211,8
Стандартное отклонение		1,64	5,26	1,30
Зимус	1,0	185	211	211
	1,2	187	216	216
	1,4	188	219	214
	1,6	191	217	213
	1,8	192	207	193
Среднее		188,6	214,0	209,4
Стандартное отклонение		2,88	4,90	9,34

Анализируя количество сырого белка в килограмме зерна изучаемых сортов зимующего гороха в зависимости от срока посева и нормы высева, было выявлено варьирование этого показателя от 185 г до 219 г. Наибольшим этот показатель по сортам Фокус и Зимус определен в сроке посева второй декады октября с нормами высева 1,2 и 1,4 млн шт./га – 219 г. Остальные варианты опыта по показателю сырого белка в килограмме зерна зимующего гороха уступили как по сроку посева, так и по норме высева.

Выводы. В результате исследований было установлено, что наиболее эффективным сроком посева и нормой высева являлась вторая декада октября с нормой высева

1,2 и 1,4 млн шт./га для сортов Фокус и Зимус соответственно. По сорту Фокус наибольшее содержание сырого белка составило 25,42 % с выходом кормовых единиц 2,58 т/га, сырого белка – 0,557 т/га, обменной энергии – 25,31 ГДж/га, с обеспеченностью кормовой единицы переваримым белком 189 г. По сорту Зимус наибольшее содержание сырого белка составило 25,46 %, с выходом кормовых единиц 2,57 т/га, сырого белка – 0,555 т/га, обменной энергии – 24,62 ГДж/га, с обеспеченностью кормовой единицы переваримым белком 190 г. Изучаемые сорта по содержанию переваримого белка находились на уровне 205–219 г/кг зерна.

Библиографические ссылки

1. Андрианова Е.Н., Егоров И.А., Пронин В.В. Эффективность и физиологическая безопасность гороха в рационе кур-несушек (*Gallus gallus* L.) родительского стада на позд-

- них сроках содержания // Сельскохозяйственная биология. 2020. Т. 55, № 6. С. 1245–1255. DOI: 10.15389/agrobiologi.2020.1245rus
2. Балашов В.В., Левкин В.Н., Левкина К.В. Предельно допустимые сроки посева озимой мягкой пшеницы на светло-каштановых почвах Нижнего Поволжья // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса. 2016. № 4(44). С. 39–45.
 3. Брежнева В.И., Брежнев А.В. Селекционная ценность новых сортов зимующего гороха // Достижения науки и техники АПК. 2016. Т. 30, № 3. С. 54–56.
 4. Зотиков В.И., Сидоренко В.С., Грядунова Н.В. Развитие производства зернобобовых культур в Российской Федерации // Зернобобовые и крупяные культуры. 2018. № 2(26). С. 4–9. DOI: 10.24411/2309-348X-2018-10008
 5. Ковтунова Н.А., Ермолина Г.М., Горпиниченко С.И., Романюкин А.Е. Кормовая ценность сахарного сорго // Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2017. № 3(58). С. 21–25.
 6. Ковтунова Н.А., Шишова Е.А. Продуктивный и питательный потенциал суданской травы // Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2023. Т. 24, № 4. С. 646–655.
 7. Костерин О.Э. О трех культурных подвидах посевного гороха (*Pisum Sativum* L.) // Вавиловский журнал генетики и селекции. 2017. № 21(6). С. 694–700. DOI: 10.18699/VJ18.422
 8. Пономарева С.В. Вариационная изменчивость и корреляционная взаимосвязь между зерновой урожайностью и элементами ее структуры у сортов гороха полевого (*Pisum Arvense* L.) // Международный сельскохозяйственный журнал. 2021. Т. 64, № 6(384). С. 50–52. DOI: 10.24412/2587-6740-2021-6-50-52
 9. Попов А.С., Овсянникова Г.В., Сухарев А.А., Копман И.К., Марченко Д.М., Самофалов А.П., Фетюхин И.В. Предшественники и сроки посева сорта мягкой озимой пшеницы Юбилей Дона в южной зоне Ростовской области // Зерновое хозяйство России. Т. 14, № 4. 2022. С. 97–103. DOI: 10.31367/2079-8725-2022-82-4-97-103
 10. Фадеева И.Д., Тагиров М.Ш., Газизов И.Н., Курмакаев Ф.Ф. Влияние сроков сева и норм высева на урожайность сортов озимой пшеницы в условиях Республики Татарстан // Вестник Казанского государственного аграрного университета. 2020. № 2(58). С. 53–58. DOI: 10.12737/2073-0462-2020-53-58
 11. Kovtunov V.V., Kovtunova N.A., Popov A.S. The indices of sorghum seed quality in dependence on ecological and geographical origin // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2021. Vol. 843, Article number: 012007. DOI: 10.1088/1755-1315/843/1/012007
 12. Regidin A., Ignatiev S. The study of the sources of valuable economic and biological traits in the collection nursery of sainfoin // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2021. Vol. 937, Article number: 022124. DOI: 10.1088/1755-1315/937/2/022124

References

1. Andrianova E.N., Egorov I.A., Pronin V.V. Effektivnost' i fiziologicheskaya bezopasnost' gorokha v ratsione kur-nesushek (*Gallus gallus* L.) roditel'skogo stada na pozdnikh srokakh soderzhaniya [Efficiency and physiological safety of peas in the diet of laying hens (*Gallus gallus* L.) of the parent flock in late stages of keeping] // Sel'skokhozyaistvennaya biologiya. 2020. Т. 55, № 6. С. 1245–1255. DOI: 10.15389/agrobiologi.2020.1245rus
2. Balashov V.V., Levkin V.N., Levkina K.V. Predel'no dopustimye sroki poseva ozimoi myagkoi pshenitsy na svetlo-kashtanovykh pochvakh Nizhnego Povolzh'ya [Maximum permissible time for sowing winter common wheat on light chestnut soils of the Lower Volga region] // Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa. 2016. № 4(44). С. 39–45.
3. Brezhneva V.I., Brezhnev A.V. Selektionnaya tsennost' novykh sortov zimuyushchego gorokha [Breeding value of new wintering pea varieties] // Dostizhenie nauki i tekhniki APK. 2016. Т. 30, № 3. С. 54–56.
4. Zotikov V.I., Sidorenko V.S., Gryadunova N.V. Razvitie proizvodstva zernobobovykh kul'tur v Rossiiskoi Federatsii [Development of the production of grain legumes in the Russian Federation] // Zernobobovye i krupyanye kul'tury. 2018. № 2(26). С. 4–9. DOI: 10.24411/2309-348X-2018-10008
5. Kovtunova N.A., Ermolina G.M., Gorpichenko S.I., Romanyukin A.E. Kormovaya tsennost' sakharnogo sorgo [Feed value of sweet sorghum] // Agrarnaya nauka Evro-Severo-Vostoka. 2017. № 3(58). С. 21–25.
6. Kovtunova N.A., Shishova E.A. Produktivnyi i pitatel'nyi potentsial sudanskoi travy [Productive and nutritional potential of Sudan grass] // Agrarnaya nauka Evro-Severo-Vostoka. 2023. Т. 24, № 4. С. 646–655.
7. Kosterin O.E. O trekh kul'turnykh podvidakh posevnogo gorokha (*Pisum Sativum* L.) [Variation and correlation between grain productivity and elements of its structure in field pea varieties (*Pisum Arvense* L.)] // Vavilovskii zhurnal genetiki i selektsii. 2017. № 21(6). С. 694–700. DOI: 10.18699/VJ18.422
8. Ponomareva S.V. Variatsionnaya izmenchivost' i korrelyatsionnaya vzaimosvyaz' mezhdu zernovoi urozhainost'yu i elementami ee struktury u sortov gorokha polevogo (*Pisum Arvense* L.) [Forecrops and sowing dates of the winter common wheat variety 'Yubilei Dona' in the southern part of the Rostov region] // Mezhdunarodnyi sel'skokhozyaistvennyi zhurnal. 2021. Т. 64, № 6(384). С. 50–52. DOI: 10.24412/2587-6740-2021-6-50-52
9. Popov A.S., Ovsyannikova G.V., Sukharev A.A., Kopman I.K., Marchenko D.M., Samofalov A.P., Fetyukhin I.V. Predshestvenniki i sroki poseva sorta myagkoi ozimoi pshenitsy Yubilei Dona v yuzhnoi zone Rostovskoi oblasti [About three cultivated subspecies of seed peas (*Pisum Sativum* L.)] // Zernovoe khozyaistvo Rossii. Т. 14, № 4. 2022. С. 97–103. DOI: 10.31367/2079-8725-2022-82-4-97-103
10. Fadeeva I.D., Tagirov M.Sh., Gazizov I.N., Kurmakaev F.F. Vliyanie srokov seva i norm vyseva na urozhainost' sortov ozimoi pshenitsy v usloviyakh Respubliki Tatarstan [The effect of sowing dates and sowing rates on productivity of winter wheat varieties in the conditions of the Republic of

Tatarstan] // Vestnik Kazanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2020. № 2(58). S. 53–58. DOI: 10.12737/2073-0462-2020-53-58

11. Kovtunov V.V., Kovtunova N.A., Popov A.S. The indices of sorghum seed quality in dependence on ecological and geographical origin // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2021. Vol. 843, Article number: 012007. DOI: 10.1088/1755-1315/843/1/012007

12. Regidin A., Ignatiev S. The study of the sources of valuable economic and biological traits in the collection nursery of sainfoin // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2021. Vol. 937, Article number: 022124. DOI: 10.1088/1755-1315/937/2/022124

Поступила: 16.11.23; доработана после рецензирования: 06.01.24; принята к публикации: 26.01.24.

Критерии авторства. Авторы статьи подтверждают, что имеют на статью равные права и несут равную ответственность за плагиат.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Авторский вклад. Метлина Г.В. – концептуализация исследований, руководство выполнением полевых/лабораторных опытов, сбор, анализ и интерпретация данных, подготовка рукописи; Васильченко С.А. – концептуализация исследований, выполнение полевых/лабораторных опытов, сбор, анализ и интерпретация данных, подготовка рукописи; Ашиев А.Р. – концептуализация исследований, выполнение полевых опытов; Кравченко Н.С. – анализ результатов биохимической оценки.

Все авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.

ВЛИЯНИЕ МИКРОБНОГО КОНСОРЦИУМА НА РОСТ И РАЗВИТИЕ ЯРОВОГО ЯЧМЕНЯ В УСЛОВИЯХ КЕМЕРОВСКОЙ ОБЛАСТИ – КУЗБАССА

Л. К. Асякина¹, доктор технических наук, заведующая лабораторией фитореимедации техногенно нарушенных экосистем, alk_kem@mail.ru, ORCID ID: 0000-0003-4988-8197;
О. А. Исачкова², кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник лаборатории селекции и агротехники полевых культур, isachkova2410@mail.ru, ORCID ID: 0000-0002-8912-7256;
Д. Е. Колпакова¹, младший научный сотрудник лаборатории фитореимедации техногенно нарушенных экосистем, kolpakova1205@mail.ru, ORCID ID: 0000-0002-8508-3372;
Е. Е. Бородина¹, младший научный сотрудник лаборатории фитореимедации техногенно нарушенных экосистем, kborodina1908@gmail.com, ORCID ID: 0000-0001-6362-7589;
В. Ю. Бюгер¹, кандидат технических наук, заместитель директора по учебной работе, ORCID ID: 0000-0002-9280-6292;
А. Ю. Просеков¹, доктор технических наук, доктор биологических наук, rector@kemsu.ru, ORCID ID: 0000-0002-5630-3196

¹ФГБОУ ВО «Кемеровский государственный университет»,
650000, г. Кемерово, ул. Красная, д. 6;

²Кемеровский НИИСХ – филиал Сибирского федерального научного центра агробиотехнологий РАН,
650510, Кемеровская область, Кемеровский район, пос. Новостройка, ул. Центральная, д. 47

Кемеровская область является регионом экстремального земледелия, в связи с чем нуждается в разработке эффективных биологических методов повышения продуктивности культурных растений, адаптированных к данным условиям. Целью настоящей работы являлся поиск стимулирующих рост растений микроорганизмов, ассоциированных с яровым ячменем, а также формирование на их основе микробного консорциума и проведение полевой апробации. В качестве объектов исследования выступали семена ярового ячменя, отобранные на территории Кемеровской области, выделенные из них ростостимулирующие микроорганизмы и консорциумы, составленные на их основе. В ходе исследования выделили 9 бактериальных изолятов, которые проверили на способность синтезировать ростостимулирующие вещества (кинетин и индолил-3-уксусную кислоту). Три штамма с лучшими показателями *SHv-2*, *SHv-5*, *SHv-6* отобрали для дальнейших исследований. Установлено, что штаммы способны фиксировать азот (*SHv-2* – 800 мкг/мл; *SHv-5* – 210 мкг/мл; *SHv-6* – 840 мкг/мл). Также наблюдалась способность к солюбилизации фосфатов (*SHv-2* – 2,53; *SHv-5* – 1,25; *SHv-6* – 3,33). Изучение культурально-морфологических и биохимических свойств позволило идентифицировать штаммы: *SHv-2* – *Pantoea allii*; *SHv-5* – *Raoultella ornithinolytica*; *SHv-6* – *Pantoea ananatis*. На основании данных микроорганизмов составлены различные варианты микробных консорциумов, которые также оценены на способность продуцировать ростостимулирующие вещества и фиксировать азот. Консорциум MC-7 состава *Pantoea allii*, *Raoultella ornithinolytica*, *Pantoea ananatis* в соотношении 1:1:3 соответственно проявлял максимальную активность по исследуемым параметрам. Полевые испытания данного консорциума показали, что он успешно повышает продуктивность ячменя ярового. Несмотря на аномальные погодные условия (отсутствие продуктивных дождей), наблюдалось усиление роста культур, обработанных консорциумом, в сравнении с контрольными вариантами. Установлены также наиболее перспективные варианты обработки ярового ячменя – вариант 3 и 4.

Ключевые слова: злаковые культуры, ячмень, бактериальные изоляты, фитогормоны, микробный консорциум.

Для цитирования: Асякина Л. К., Исачкова О. А., Колпакова Д. Е., Бородина Е. Е., Бюгер В. Ю., Просеков А. Ю. Влияние микробного консорциума на рост и развитие ярового ячменя в условиях Кемеровской области – Кузбасса // Зерновое хозяйство России. 2024. Т. 16, № 1. С. 104–112. DOI: 10.31367/2079-8725-2024-90-1-104-112.



THE EFFECT OF A MICROBIAL CONSORTIUM ON SPRING BARLEY GROWTH AND DEVELOPMENT IN THE KEMEROVO REGION, KUZBASS

L. K. Asyakina¹, Doctor of Technical Sciences, head of the laboratory for phytoremediation of technogenically disturbed ecosystems, alk_kem@mail.ru, ORCID ID: 0000-0003-4988-8197;
O. A. Isachkova², Candidate of Agricultural Sciences, leading researcher of the laboratory for breeding and agromachinery of field crops, isachkova2410@mail.ru, ORCID ID: 0000-0002-8912-7256;
D. E. Kolpakova¹, junior researcher of the laboratory for phytoremediation of technogenically disturbed ecosystems, kolpakova1205@mail.ru, ORCID ID: 0000-0002-8508-3372;
E. E. Borodina¹, junior researcher of the laboratory for phytoremediation of technogenically disturbed ecosystems, kborodina1908@gmail.com, ORCID ID: 0000-0001-6362-7589
V. Yu. Bueger¹, Candidate of Technical Sciences, deputy director for academic affairs, ORCID ID: 0000-0002-9280-6292;

A. Yu. Prosekov¹, Doctor of Technical Sciences, Doctor of Biological Sciences, rector@kemsu.ru, ORCID ID: 0000-0002-5630-3196

¹FSBEI HE "Kemerovo State University", 650000, Kemerovo, Krasnaya Str., 6

²Kemerovo RIA, branch of the Siberian federal research center of agrobiotechnologies of RAS, 650510, Kemerovo region, Kemerovo district, v. of Novostroyka, Tsentralnaya Str., 47

The Kemerovo region is a region of extreme farming, and therefore requires the development of effective biological methods for improving productivity of cultivated plants adapted to these conditions. The purpose of the current work was to find plant growth-stimulating microorganisms associated with spring barley, as well as to form a microbial consortium on their basis and to conduct field trial. The objects of the study were spring barley seeds selected in the Kemerovo region, growth-stimulating microorganisms isolated from them, and consortia formed on their basis. During the study, there were isolated and tested 9 bacterial isolates for their ability to synthesize growth-stimulating substances (kinetin and indolyl-3-acetic acid). There were selected three strains with the best indicators *SHv-2*, *SHv-5*, *SHv-6* for further studies. There has been found that the strains are capable of fixing nitrogen (*SHv-2* – 800 µg/ml; *SHv-5* – 210 µg/ml; *SHv-6* – 840 µg/ml). There was also seen an ability to solubilize phosphates (*SHv-2* – 2.53; *SHv-5* – 1.25; *SHv-6* – 3.33). The study of cultural, morphological and biochemical properties made it possible to identify such strains as *SHv-2* – *Pantoea allii*; *SHv-5* – *Raoultella ornithinolytica*; *SHv-6* – *Pantoea ananatis*. Based on these microorganisms, there were made various variants of microbial consortia, which were also valued for their ability to produce growth-promoting substances and fix nitrogen. Consortium MC-7 composed with *Pantoea allii*, *Raoultella ornithinolytica*, *Pantoea ananatis* in a ratio of 1:1:3, respectively, showed maximum activity in terms of the studied parameters. Field trials of this consortium have shown that it successfully improves spring barley productivity. Despite abnormal weather conditions (lack of productive rains), there was an increase in the growth of crops treated by the consortium in comparison with control options. There have been established the most promising options for processing spring barley, options 3 and 4.

Keywords: cereals, barley, bacterial isolates, phytohormones, microbial consortium.

Введение. Для обеспечения устойчивого развития агроэкосистем в России и за рубежом важным этапом является разработка технологий повышения урожайности и качества выращиваемых культур, а также экологизация процессов возделывания. Достижение этих целей возможно с помощью использования потенциала растительно-микробных взаимодействий (Асякина и др., 2023), которые наиболее полно изучены для бобово-ризобияльного симбиоза. Однако в современной научной литературе встречается все больше данных о симбиотических стимулирующих рост микроорганизмах, ассоциированных с другими сельскохозяйственными культурами (Фасхутдинова и др., 2023).

Такие микроорганизмы колонизируют корневую систему растений, а также вырабатывают фитогормоны, улучшают азотное и фосфатное питание, способствуют повышению стрессоустойчивости растений и защищают их от развития инфекционных заболеваний. На основе ростостимулирующих микроорганизмов создаются различные коммерческие биопрепараты, которые используются в качестве стимуляторов роста, антистрессантов и биофунгицидов (Васильченко и др., 2021; Серазетдинова и др., 2023). Однако необходимо учитывать, что их эффективность зависит от множества факторов. Например, значительную роль играют климатические условия, тип почвы и использование других удобрений. В связи с этим перспективно использовать штаммы бактерий, соответствующие биологическим свойствам исследуемых видов и сортов растений, а также адаптированные к условиям региона (Илькин, 2022).

Разработка таких препаратов особенно актуальна для Кемеровской области – Кузбасса, так как данный регион относится к зоне рискованного земледелия со сложными почвенно-климатическими условиями. Несмотря

на агрессивные условия окружающей среды, регион стремится к самообеспечению сельскохозяйственной продукцией, в особенности зерновыми культурами (Видякин и Лебедь, 2023). Так, валовой сбор ячменя в регионе составил 295,7 тыс. т, что составляет 19,1 % от общего объема зерновых и зернобобовых культур (Кемеровостат. Зерновые культуры Кузбасса: ячмень, 2021).

Целью настоящей работы являлся поиск стимулирующих рост растений микроорганизмов, ассоциированных с яровым ячменем, и создание микробного консорциума для повышения урожайности зерновой культуры.

Материалы и методы исследований. Объектом исследования являются бактерии, выделенные из семян ярового ячменя (*Hordeum vulgare* L. *sensulato*), отобранного на территории Кемеровской области, а также консорциум на их основе.

Выделение и характеристика бактериальных изолятов

Перед этапом выделения микроорганизмов семена ярового ячменя подвергали поверхностной стерилизации: выдерживали 1 мин в 70%-м этаноле, промывали стерильной дистиллированной водой, затем на 3 мин погружали в 3%-й гипохлорид натрия и снова промывали стерильной дистиллированной водой. Для выделения микроорганизмов 1 г измельченных семян добавляли в 10 мл стерильного физиологического раствора, выдерживали в шейкер-инкубаторе LSI-3016A/LSI-3016R (Daihan Labtech, Южная Корея) в течение 2 ч при 28–30 °C, 120 об/мин.

Из полученной суспензии 5 мл переносили в колбу со 100 мл питательной среды, не содержащей источников азота, следующего состава, г/л: сахароза (Ленреактив, Россия) – 20,0; магний сернокислый (Химбаза, Россия) – 5,0; калий фосфорнокислый 2-замещенный

(Chem-ех, Россия) – 1,0; натрий молибденовокислый (Ленреактив, Россия) – 0,005; натрий хлористый (Ленреактив, Россия) – 5,0; железо (II) сернокислое (Chem-ех, Россия) – 0,01; кальций углекислый (Ленреактив, Россия) – 2,0. Культивировали в шейкере-инкубаторе в течение 48 ч при 28–30 °C и 120 об/мин.

Далее осуществляли инкубирование полученной культуральной жидкости (КЖ) в условиях, описанных ранее, на питательной среде, содержащей труднорастворимое соединение фосфора. Для этого 5 мл культуральной жидкости вносили в 100 мл питательной среды следующего состава, г/л: глюкоза (Химреактивы, Россия) – 20,0; магний сернокислый – 0,1; железо (II) сернокислое – 0,01 г; марганец сернокислый (Ленреактив, Россия) – 0,01; натрий хлористый – 0,2; кальций фосфорнокислый (Ленреактив, Россия) – 5,0.

Для получения чистых культур использовали метод глубинного посева. Для этого 1 мл суспензии вносили в чашку Петри и заливали питательной средой ГМФ-агар (Ленреактив, Россия). Культивировали в термостате ТСО-1/80 СПУ (Смоленское СКТБ СПУ, Россия) при 28–30 °C в течение 48 ч. Далее использовали 5-кратный пересев истощающим штрихом на чашки Петри с ГМФ-агаром. Чистые культуры хранили на скошенном агаре.

Способность к продуцированию кинетина изучали по методике, описанной в работе T. Patel et al. (Patel et al., 2017). Для этого готовили суспензию исследуемых бактериальных изолятов в 3 мл стерильного физиологического раствора до коэффициента мутности 0,8–1,0 по МакФарланду (титр микроорганизмов $1,5 \times 10^8$ КОЕ/мл) с помощью денситометра Densichek plus (Sendle, Россия). Далее 1 мл суспензии добавляли к 10 мл жидкой среды. Культивировали в течение 48 ч при температуре 28–30 °C и 120 об/мин. Отделение клеток от КЖ осуществляли центрифугированием при 8000 об/мин в течение 20 мин. Затем определяли оптическую плотность на спектрофотометре UV 1800 (Shimadzu, Япония) при длине волны 665 нм, в качестве раствора сравнения использовали питательную среду. Количество синтезируемого кинетина определяли по калибровочному графику стандартного раствора кинетина в пределах от 5 до 100 мкг/мл.

Способность к продуцированию индол-3-уксусной кислоты (ИУК) определяли по методике, описанной в ранее опубликован-

ной работе L.K. Asyakina с соавт. (Asyakina et al., 2023). Для этого 1 мл ранее полученной суспензии добавляли в 10 мл среды Луриа–Бертани в модификации Миллера (Биолайт, Россия). Культивирование микроорганизмов и отделение КЖ от клеток проводили в ранее описанных условиях.

Способность к фиксации азота. Для этого 1 мл ранее полученной суспензии добавляли в 10 мл среды, не содержащей азот. Состав среды аналогичен используемой при выделении. Полученную смесь культивировали в течение 4 суток при температуре 28–30 °C. Далее отделяли КЖ от клеток по методике, описанной ранее. Содержание азота в КЖ изучали с помощью анализатора азота Rapid N Cube (Elementar, Германия).

Способность к солибилизации фосфора определяли по методике, описанной в работе J. Kaur с соавт. (Kaur et al., 2022). Культивировали бактериальные изоляты в течение 96 ч при температуре 27–30 °C. Вокруг бактерий, способных трансформировать фосфаты, наблюдали зоны гало. Для количественного выражения результатов эксперимента измеряли размер колонии и зоны гало и рассчитывали индекс солибилизации по формуле:

$$ИС_{сф} = \frac{D_{к+а}}{D_{к}},$$

где $ИС_{сф}$ – индекс солибилизации фосфатов; $D_{к+а}$ – диаметр колонии с гало-зоной, см; $D_{к}$ – диаметр колонии, см.

Определение культурально-морфологических и биохимических признаков осуществляли по методике, описанной в ранее опубликованной работе V.V. Atuchin et al. (Atuchin et al., 2023). Изоляты, для которых оценивали культурально-морфологические признаки, культивировали на агаризованной среде Луриа–Бертани в модификации Миллера в условиях, описанных в методике получения чистых культур.

Составление и анализ характеристик микробных консорциумов

Для составления консорциумов готовили суспензии бактериальных изолятов по методике, описанной в анализе на продукцию кинетина. Далее смешивали штаммы в соотношении, представленном в таблице 1. Затем 1 мл полученных консорциумов засеивали в определенные среды. Способность к продуцированию кинетина и ИУК, а также фиксировать азот проводили по методикам, указанным ранее.

Таблица 1. Соотношение бактериальных изолятов в микробных консорциумах
Table 1. Proportion of bacterial isolates in microbial consortia

Номер консорциума	Соотношение изолятов		
	SHv-2	SHv-5	SHv-6
MC-1	1	1	1
MC-2	2	1	1
MC-3	1	2	1
MC-4	1	1	2
MC-5	3	1	1
MC-6	1	3	1
MC-7	1	1	3

Продолжение табл. 1

Номер консорциума	Соотношение изолятов		
	SHv-2	SHv-5	SHv-6
MC-8	1	2	3
MC-9	1	3	2
MC-10	2	1	3
MC-11	2	3	1
MC-12	3	1	2
MC-13	3	2	1

Примечание. Все исследования проводили в 5-кратной повторности.

Полевое исследование микробного консорциума

Для проведения полевой апробации (однолетнего полевого опыта) готовили концентрированный микробный консорциум (не менее 5×10^{11} КОЕ/мл) и разбавляли дистиллированной водой в соотношении 1:1000 соответственно для получения рабочего раствора консорциума.

Исследования проводили на опытном поле Кемеровского НИИСХ – филиала СФНЦА РАН. Для посева использовали яровой ячмень Никита, разновидность нутанс. Сорт включен в Госреестр по Западно-Сибирскому региону и обладает следующими характеристиками: масса 1000 зерен 41–51 г; средняя урожай-

ность 2,77 т/га; максимальная урожайность 5,81 т/га. Сорт относится к среднеспелым, его вегетационный период составляет 72–89 дней. Яровой ячмень Никита среднеустойчив к полеганию, однако по засухоустойчивости уступает стандартам. Восприимчив к твердой головне, стеблевой ржавчине; сильно восприимчив к пыльной головне, гельминтоспориозу, мучнистой росе; карликовой ржавчиной поражается средне.

Посев зерновых культур проводили 24 мая 2023 г. вручную на делянках площадью 1 м², повторность трехкратная с нормой высева 5 млн всх.зерен/га. Опыт заложен с использованием микробного консорциума «MC-7» согласно схеме опыта, представленной в таблице 2.

Таблица 2. Схема проведения опыта
Table 2. Scheme of the trial

Опыт	Описание
Контроль	Без обработки
Вариант 1	Обработка почвы непосредственно после посева рабочим раствором микробного консорциума с нормой 0,4 л/м ²
Вариант 2	Обработка почвы непосредственно после посева рабочим раствором микробного консорциума с нормой 0,4 л/м ² и внекорневая подкормка рабочим раствором микробного консорциума с нормой 0,4 л/м ²
Вариант 3	Обработка почвы непосредственно после посева рабочим раствором микробного консорциума с нормой 0,8 л/м ²
Вариант 4	Обработка почвы непосредственно после посева рабочим раствором микробного консорциума с нормой 0,8 л/м ² и внекорневая подкормка рабочим раствором микробного консорциума с нормой 0,8 л/м ²

Обработку почвы проводили непосредственно после посева, внекорневую подкормку осуществляли в фазу кущения культуры в соответствии с методикой, описанной Б.А. Доспеховом (2014). Уборку урожая провели вручную 21 сентября (Доспехов, 2014).

Определение выживаемости агробиологических характеристик ярового ячменя проводили в соответствии с методами, описанными в Методических указаниях Лоскутова с соавт. (Лоскутов и др., 2012).

Статистическую обработку экспериментальных данных проводили по методике полевого опыта с помощью пакета прикладных программ «SNEDEKOR».

Результаты и их обсуждение.

Выделение и характеристика бактериальных изолятов

В ходе исследования выделено 9 бактериальных изолятов из семян ярового ячменя (*Hordeum vulgare* L. *sensulato*). Характеристика штаммов представлена в таблице 3.

Таблица 3. Характеристика бактериальных изолятов
Table 3. Characteristics of bacterial isolates

Номер изолята	Кинетин, мкг/мл	ИУК, мг/мл
SHv-1	3,46 ± 0,12	7,11 ± 0,16
SHv-2	9,35 ± 0,26	8,57 ± 0,28
SHv-3	3,20 ± 0,10	2,06 ± 0,09
SHv-4	5,59 ± 0,13	7,79 ± 0,20
SHv-5	7,85 ± 0,23	8,15 ± 0,26
SHv-6	12,34 ± 0,35	9,00 ± 0,23
SHv-7	4,65 ± 0,11	2,65 ± 0,04
SHv-8	3,60 ± 0,10	8,16 ± 0,22
SHv-9	7,15 ± 0,23	4,80 ± 0,12

Согласно полученным результатам продукция кинетина находилась в пределах от 3,20 до 12,34 мкг/мл питательной среды, а ИУК – 2,06–9,00 мг/мл. Наибольшую способность к синтезу ростостимулирующих веществ наблюдали у изолята *SHv-6* (кинетин – 12,34 мкг/мл; ИУК – 9,00 мг/мл). На основании полученных данных для дальнейших исследований отобрали три перспективных изолята. Для них исследовали способность к соли-

лизации фосфатов и фиксации азота. КЖ штамма *SHv-2* содержала 800 мкг/мл азота; штамма *SHv-5* – 210 мкг/мл; штамма *SHv-6* – 840 мкг/мл. Индекс солибилизации фосфатов у штамма *SHv-2* составил 2,53; штамма *SHv-5* – 1,25; штамма *SHv-6* – 3,33.

Для перспективных изолятов оценили также культурально-морфологические и биохимические признаки. Результаты представлены на рисунках 1 и 2, а также в таблице 4.

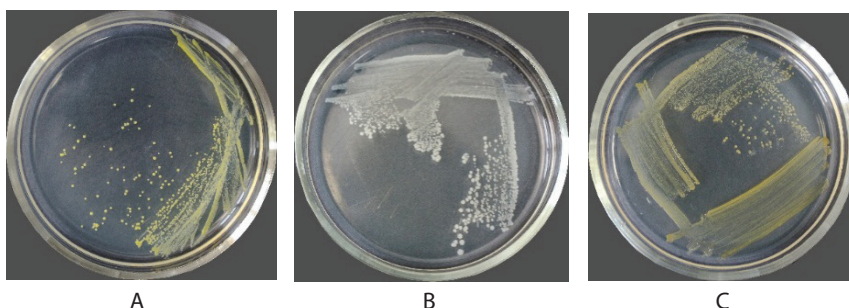


Рис. 1. Культуральные признаки бактериальных изолятов, где А – штамм *SHv-2*; В – штамм *SHv-5*; С – штамм *SHv-6*
Fig. 1. Cultural traits of bacterial isolates, where А – strain *SHv-2*; В – strain *SHv-5*; С – strain *SHv-6*



Рис. 2. Морфологические признаки бактериальных изолятов, где А – штамм *SHv-2*; В – штамм *SHv-5*; С – штамм *SHv-6*
Fig. 2. Morphological traits of bacterial isolates, where: А – strain *SHv-2*; В – strain *SHv-5*; С – strain *SHv-6*

Колонии штамма *SHv-2* желтого цвета, круглые, с ровными краями, глянцевые, клетки представляют собой грамтрицательные палочки. Колонии штамма *SHv-5* белого цвета, круглые, с ровными краями, масляные, клетки

представляют собой грамтрицательные палочки. Колонии штамма *SHv-6* желтого цвета, круглые, с ровными краями, масляные, клетки представляют собой грамтрицательные палочки.

Таблица 4. Биохимические признаки бактериальных изолятов
Table 4. Biochemical traits of bacterial isolates

Штамм	Сахара, ферментируемые изолятом
<i>SHv-2</i>	L-pyrrolydonyl arylamidase, D-glucose, Fermentation/glucose, D-mannitol, D-mannose, D-sorbitol, Saccharose/sucrose, D-trehalose, Malonate, L-Lactate alkalisation, Phosphatase, Coumarate, Beta-galactosidase, Adonitol, 5-Keto-D-gluconate
<i>SHv-5</i>	Adonitol, D-cellobiose, Beta-galactosidase, D-glucose, Beta-glucosidase, D-mannitol, D-mannose, Beta-alanine arylamidase pNA, Beta-xylosidase, L-proline arylamidase, Palatinose, Urease, D-sorbitol, Sucrose/sucrose, D-trehalose, Malonate, 5-keto-D-gluconate, Alpha-galactosidase, Phosphatase
<i>SHv-6</i>	L-pyrrolydonyl arylamidase, D-glucose, Fermentation/glucose, Beta-glucosidase, D-mannitol, D-mannose, D-sorbitol, Saccharose/sucrose, D-trehalose, Malonate, L-Lactate alkalisation, Phosphatase, Coumarate

Изучение биохимических свойств позволило идентифицировать изоляты. Согласно полученным данным изолят *SHv-2* принадлежит

к виду *Pantoea allii*; изолят *SHv-5* – *Raoultella ornithinolytica*; изолят *SHv-6* – *Pantoea ananatis*. Достоверность результатов 99 %.

Характеристика микробных консорциумов

В таблице 5 представлены характеристики выделенных штаммов.

По результатам проведенных исследований продукция кинетина консорциумами варьировалась в пределах от 6,34 до 16,57 мкг/мл; ИУК – 5,28–12,50 мг/мл; содержание азота –

550–860 мкг/мл. По всем исследуемым показателям наилучшим оказался консорциум МС-7. В результате проведенных исследований для полевой апробации выбран консорциум МС-7 следующего состава: *Pantoea allii*, *Raoultella ornithinolytica*, *Pantoea ananatis* в соотношении 1:1:3 соответственно.

Таблица 5. Характеристики выделенных штаммов
Table 5. Characteristics of the isolated strains

Консорциум	Кинетин, мкг/мл	ИУК, мг/мл	Содержание азота, мкг/мл
МС-1	8,46 ± 0,25	9,16 ± 0,28	650,00 ± 10,00
МС-2	8,75 ± 0,29	7,06 ± 0,19	590,00 ± 10,00
МС-3	6,89 ± 0,19	5,28 ± 0,16	550,00 ± 10,00
МС-4	9,46 ± 0,31	8,43 ± 0,23	710,00 ± 20,00
МС-5	7,26 ± 0,20	7,30 ± 0,21	660,00 ± 10,00
МС-6	6,34 ± 0,16	6,78 ± 0,20	410,00 ± 10,00
МС-7	16,57 ± 0,40	12,50 ± 0,38	860,00 ± 20,00
МС-8	10,26 ± 0,28	9,46 ± 0,25	810,00 ± 10,00
МС-9	8,61 ± 0,27	5,87 ± 0,12	660,00 ± 10,00
МС-10	9,96 ± 0,29	8,83 ± 0,26	780,00 ± 20,00
МС-11	7,89 ± 0,20	6,53 ± 0,18	650,00 ± 10,00
МС-12	9,37 ± 0,23	8,59 ± 0,26	590,00 ± 10,00
МС-13	8,42 ± 0,28	7,56 ± 0,22	760,00 ± 20,00

Полевое исследование микробного консорциума

Условия вегетационного периода отмечены перепадами температуры воздуха и неравномерностью выпадения осадков. Весна в 2023 г. была затяжной, холодной и сухой. Оттаивание почвы шло замедленно. К концу апреля почва оттаяла на глубину 60 см. В результате большая часть зимних осадков ушла на сток. В мае на территории Кемеровского района наблюдалась неустойчивая, с резкими колебаниями температуры, усиленной ветровой деятельностью погода. Почва оттаяла на полную глубину 21 мая. Средняя за месяц температура воздуха составила 10,4 °С, что на 0,8 °С ниже нормы. Осадки выпадали лишь 1–3, 17 и 27 мая. Суммарное их количество не превысило 6 мм, что составляет 11 % от нормы. Сухая, с усиленной ветровой деятельностью, в отдельные периоды (21–24, 28–31 мая) с высокими дневными температурами погода второй половины мая привела к практически полному иссушению верхних слоев почвы, что крайне неблагоприятно сказалось на проведении ярового сева. С 1 по 9 июня установилась очень жаркая погода. Максимальная температура воздуха ежедневно составляла от 29 до 36 °С. Среднесуточная температура воздуха в этот период была выше климатической нормы на 7–12 °С. Единственный дождь (2 мм) наблюдался 8 июня, но положительного эффекта на посевы сельхозкультур не оказал. С 6 по 8 июня отмечались суховеи, которые значительно усилили почвенную и атмосферную засуху. Условия для роста и развития сельхозкультур складывались критические.

Июль характеризовался достаточным увлажнением, при этом большое количество осадков наблюдалось во 2-й и 3-й декадах. Сумма осадков за месяц составила 87 мм (112 % к норме). Средняя температура воздуха составила 20,4 °С, что на 1,1 °С больше средней многолетней. В августе средняя температура воздуха была на 1,3 °С выше нормы на фоне достаточного количества осадков (95 %). В сентябре установилась довольно теплая сухая погода: среднесуточная температура составила +1,7 °С к норме, осадков выпало 66 % от нормы.

Сложившиеся в период вегетации неблагоприятные погодные условия не позволили объективно оценить продолжительность фаз роста и развития растений сельскохозяйственных культур. Вследствие критических условий периода «посев–всходы» отмечено появление только единичных всходов. Прорастание основной массы зерен ярового ячменя наблюдалось только в первой декаде июля, когда прошли первые эффективные осадки, однако количество всходов составило менее 30 % от высеянных семян. Осадки второй половины вегетации спровоцировали появление большого количества вторичных побегов у растений, которые к моменту уборки (21 сентября) находились в фазе молочно-восковой спелости, а отдельные побеги – в фазе налива. Выживаемость растений к уборке составила 14,0–20,6 %.

Лучшие показатели выживаемости растений отмечены на вариантах 2 и 4 с дополнительной обработкой по вегетации, по количеству продуктивных стеблей – на вариантах 3 и 4 (табл. 6).

Таблица 6. Выживаемость ярового ячменя
Table 6. Survival rate of spring barley

Опыт	Выживаемость растений к уборке, %	Количество растений, шт./м ²	Число продуктивных стеблей, шт./м ²
Контроль	14,0	70	39
Вариант 1	18,0	90	40
Вариант 2	18,6	93	62
Вариант 3	16,2	81	65
Вариант 4	20,6	103	65
НСР ₀₅	1,8	9,1	11,5

Примечание. НСР₀₅ – наименьшая существенная разность для 5 %-го уровня значимости.

Результатами исследований (табл. 7) выявлено преимущество при использовании повышенной дозы микробного консорциума (вариант 3 и вариант 4) по урожайности

и составляющим ее элементам. При этом более высокий урожай семян по опыту получен на варианте 4: +0,522 т/га к контролю (при НСР₀₅ = 0,173 т/га).

Таблица 7. Агробιοлогическая характеристика ярового ячменя
Table 7. Agrobiological characteristics of spring barley

Опыт	Урожайность, т/га ²	Продуктивная кустистость	Число зерен в колосе, шт.	Масса 1000 зерен, г
Контроль	0,209	0,56	13,1	41,0
Вариант 1	0,352	0,44	16,0	55,1
Вариант 2	0,579	0,67	17,1	54,9
Вариант 3	0,634	0,80	18,1	53,4
Вариант 4	0,731	0,63	19,7	57,1
НСР ₀₅	0,173	0,12	1,8	5,0

Лучший показатель урожайности ярового ячменя в варианте 4 был сформирован за счет более высокого числа зерен в колосе (+1,6...6,6 шт. к другим вариантам опыта) и массе 1000 зерен (+2,0...16,1 г к другим вариантам опыта). В варианте 3 урожайность составила +0,425 т/га к контролю (при НСР₀₅ = 0,173 т/га). Здесь также наблюдались повышенные значения структурных элементов урожайности. В результате сложившихся метеорологических условий в период вегетации зерновых культур снизились показатели урожайности в 7–10 раз от среднелетних показателей. Однако по сравнению с контролем можно сделать вывод о том, что микробный консорциум благоприятно влияет на рост и развитие ярового ячменя.

Выводы. Из семян ярового ячменя выделено 9 штаммов. При исследовании бактериальных изолятов на способность к продуцированию кинетина и ИУК выбрали три наиболее перспективных: SHv-6 – 12,34 мкг/мл и 9,00 мг/мл; SHv-2 – 9,35 мкг/мл и 8,57 мг/мл; SHv-5 – 7,82 мкг/мл и 8,15 мг/мл соответственно. На основе наиболее активных штаммов сконструировали консорциумы и исследовали их способность к продуцированию кинетина, ИУК, фиксации азота. Консорциум MC-7 (*Pantoea allii*, *Raoultella ornithinolytica*, *Pantoea ananatis* в соотношении 1:1:3) показал наилучшие резуль-

таты: 16,57 мкг/мл; 12,50 мг/мл и 860,00 мкг/мл соответственно. Данный консорциум использовали в полевом эксперименте в разных концентрациях и разной кратности обработок. Наилучшие результаты исследования агробιοлогических характеристик показал вариант 4: урожайность – 73,12 г/м²; число зерен в колосе – 19,7 шт.; масса 1000 зерен – 57,1 г. Наивысшая выживаемость ярового ячменя также наблюдается при обработке вариантом 4. Таким образом, консорциум на основе *Pantoea allii*, *Raoultella ornithinolytica* и *Pantoea ananatis* обладает высокими перспективами для использования в сельском хозяйстве. Однако из-за неблагоприятных погодных условий урожайность составила менее 1 т/га, вследствие чего планируется проведение многолетней полевой апробации. В дальнейшем на его основе будет разработан коммерческий биопрепарат. Штаммы отправлены на депонирование во Всероссийскую коллекцию промышленных микроорганизмов НИЦ «Курчатовский институт».

Финансирование. Работа выполнена в рамках государственного задания по теме «Исследование потенциала ростостимулирующих бактерий для повышения агрономической биофортификации пшеницы» (шифр FZSR-2024-0009).

Библиοграфические ссылки

1. Асякина Л.К., Mudgal G., Тихонов С.Л., Ларичев Т.А., Фотина Н.В., Просеков А.Ю. Исследование потенциала естественной микробиоты яровой мягкой пшеницы в повышении урожайности // Достижения науки и техники АПК. 2023. Т. 37, № 11. С. 12–17. DOI: 10.53859/02352451_2023_37_11_12

2. Васильченко С.А., Метлина Г.В., Лактионов Ю.В. Влияние применения биопрепаратов и микроэлементного удобрения Органомикс на урожайность зерна кукурузы на юге Ростовской области // Зерновое хозяйство России. 2021. № 5(77). С. 81–85. DOI: 10.31367/2079-8725-2021-77-5-81-85
3. Видякин А.В., Лебедь В.А. Статистический прогноз развития зернового производства в Кемеровской области // Аграрная наука. 2023. Т. 9, С. 19–200. DOI: 10.32634/0869-8155-2023-374-9-196-200
4. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). 5-е изд., перераб. и доп. М.: Альянс, 2014. 351 с.
5. Илькин, Н. Биологизация земледелия: преграды и перспективы // АгроФорум. 2022. № 1. С. 24–30.
6. Кемеровостат. Зерновые культуры Кузбасса: ячмень [Электронный ресурс]. 2021. URL: <https://clck.ru/36hodL> (дата обращения: 22.10.2023)
7. Лоскутов И.Г., Ковалева О.Н., Блинова Е.В. Методические указания по изучению и сохранению мировой коллекции ячменя и овса. Изд. 4-е, доп. и перераб. – СПб.: ГНЦ РФ ВИР, 2012. – 63 с.
8. Серазетдинова Ю.Р., Фотина Н.В., Асыкина Л.К., Милентьева И.С., Просеков А.Ю. Отбор бактериальных штаммов для борьбы с грибковыми заболеваниями *Triticum* spp [Электронный ресурс] // Хранение и переработка зерна. 2023. № 4. DOI: 10.36107/spfp.2023.4.515. Режим доступа: <https://www.spfp-mgupp.ru/jour/article/view/515> (дата обращения: 23.01.2024)
9. Фасхутдинова Е.Р., Голубцова Ю.В., Неверова О.А., Ларичев Т.А., Хорошкина Н.Н. Перспективы использования эндофитных и экстремофильных микроорганизмов в борьбе с фитопатогенами сельскохозяйственных культур (обзор) // Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2023. Т. 24, № 5. С. 720–738. DOI: 10.30766/2072-9081.2023.24.5.720-738
10. Asyakina L.K., Vorob'eva E.E., Proskuryakova L.A., Zharko M.Yu. Evaluating extremophilic microorganisms in industrial regions // Foods and Raw Materials. 2023. Vol. 11, № 1. P. 162–171. DOI: 10.21603/2308-4057-2023-1-556
11. Atuchin V.V., Asyakina L.K., Serazetdinova Y.R., Frolova A.S., Velichkovich N.S., Prosekov A.Y. Microorganisms for Bioremediation of Soils Contaminated with Heavy Metals // Microorganisms. 2023. Vol. 11, № 3. Article number: 864. DOI: 10.3390/microorganisms11040864
12. Kaur J., Mudgal G., Chand K., Singh G. B., Perveen K., Bukhari N. A., Debnath S., Mohan T.C., Charukesi R., Singh G. An exopolysaccharide-producing novel *Agrobacterium* pusense strain JAS1 isolated from snake plant enhances plant growth and soil water retention // Scientific Reports volume. 2022. Vol. 12, № 1. Article number: 21330. DOI: 10.1038/s41598-022-25225-y
13. Patel T., Saraf M. Biosynthesis of phytohormones from novel rhizobacterial isolates and their *in vitro* plant growth-promoting efficacy // Journal of Plant Interactions. 2017. Vol. 12, № 1. С. 480–487. DOI: 10.1080/17429145.2017.1392625

References

1. Asyakina L.K., Mudgal G., Tikhonov S.L., Larichev T.A., Fotina N.V., Prosekov A.Yu. Issledovanie potentsiala estestvennoi mikrobioty yarovoi myagkoi pshenitsy v povyshenii urozhainosti [Study of the potential of the natural microbiota of spring common wheat to improve productivity] // Dostizheniya nauki i tekhniki APK. 2023. Т. 37, № 11. С. 12–17. DOI: 10.53859/02352451_2023_37_11_12
2. Vasil'chenko S.A., Metlina G.V., Laktionov Yu.V. Vliyanie primeneniya biopreparatov i mikroelementnogo udobreniya Organomiks na urozhainost' zerna kukuruzy na yuge Rostovskoi oblasti [The effect of the use of biological products and microelement fertilizer 'Organomix' on maize productivity in the south of the Rostov region] // Zernovoe khozyaistvo Rossii. 2021. № 5(77). С. 81–85. DOI: 10.31367/2079-8725-2021-77-5-81-85
3. Vidyakin A.V., Lebed' V.A. Statisticheskii prognoz razvitiya zernovogo proizvodstva v Kemerskoi oblasti [Statistical forecast for the development of grain production in the Kemerovo region] // Agrarnaya nauka. 2023. Т. 9. С. 19–200. DOI: 10.32634/0869-8155-2023-374-9-196-200
4. Dospikhov B.A. Metodika polevogo opyta (s osnovami statisticheskoi obrabotki rezul'tatov issledovaniy) [Methodology of a field trial (with the basics of statistical processing of the study results)]. 5-e izd., pererab. i dop. M.: Al'yans, 2014. 351 s.
5. Il'kin N. Biologizatsiya zemledeliya: pregrady i perspektivy [Biologization of agriculture: barriers and prospects] // AgroForum. 2022. № 1. С. 24–30.
6. Кемеровостат. Zernovye kul'tury Kuzbassa: yachmen' [Kemerovostat. Grain crops of Kuzbass: barley] [Elektronnyi resurs]. 2021. URL: <https://clck.ru/36hodL> (data obrashcheniya: 22.10.2023)
7. Loskutov I.G., Kovaleva O.N., Blinova E.V. Metodicheskie ukazaniya po izucheniyu i sokhraneniyu mirovoi kolleksii yachmenya i ovsa [Methodical recommendations for the study and preservation of the world collection of barley and oats]. Izd. 4-e, dop. i pererab. SPb.: GNTs RF VIR, 2012. – 63 s.
8. Serazetdinova Yu.R., Fotina N.V., Asyakina L.K., Milent'eva I.S., Prosekov A.Yu. Otbor bakterial'nykh shtammov dlya bor'by s gribovymi zabolevaniyami *Triticum* spp [Selection of bacterial strains to combat fungal diseases *Triticum* spp. [E-resource]] [Elektronnyi resurs] // Khraneniye i pererabotka zerna. 2023. № 4. DOI: 10.36107/spfp.2023.4.515. Rezhim dostupa: <https://www.spfp-mgupp.ru/jour/article/view/515> (data obrashcheniya: 23.01.2024)
9. Faskhutdinova E.R., Golubtsova Yu.V., Neverova O.A., Larichev T.A., Khoroshkina N.N. Perspektivy ispol'zovaniya endofitnykh i ekstremofil'nykh mikroorganizmov v bor'be s fitopatogenami sel'skokhozyaistvennykh kul'tur (obzor) [Prospects for the use of endophytic and extremophilic microorganisms in the fight against phytopathogens of agricultural crops (review)] // Agrarnaya nauka Evro-Severo-Vostoka. 2023. Т. 24, № 5. С. 720–738. DOI: 10.30766/2072-9081.2023.24.5.720-738
10. Asyakina L.K., Vorob'eva E.E., Proskuryakova L.A., Zharko M.Yu. Evaluating extremophilic microorganisms in industrial regions // Foods and Raw Materials. 2023. Vol. 11, № 1. P. 162–171. DOI: 10.21603/2308-4057-2023-1-556

11. Atuchin V.V., Asyakina L.K., Serazetdinova Y.R., Frolova A.S., Velichkovich N.S., Prosekov A.Y. Microorganisms for Bioremediation of Soils Contaminated with Heavy Metals // Microorganisms. 2023. Vol. 11, № 3. Article number: 864. DOI: 10.3390/microorganisms11040864
12. Kaur J., Mudgal G., Chand K., Singh G.B., Perveen K., Bukhari N.A., Debnath S., Mohan T.C., Charukesi R., Singh G. An exopolysaccharide-producing novel Agrobacterium pusense strain JAS1 isolated from snake plant enhances plant growth and soil water retention // Scientific Reports volume. 2022. Vol. 12, № 1. Article number: 21330. DOI: 10.1038/s41598-022-25225-y
13. Patel T., Saraf M. Biosynthesis of phytohormones from novel rhizobacterial isolates and their *in vitro* plant growth-promoting efficacy // Journal of Plant Interactions. 2017. Vol. 12, № 1. С. 480–487. DOI: 10.1080/17429145.2017.1392625

Поступила: 22.11.23; доработана после рецензирования: 30.01.24; принята к публикации: 30.01.24.

Критерии авторства. Авторы статьи подтверждают, что имеют на статью равные права и несут равную ответственность за плагиат.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Авторский вклад. Асякина Л.К. – подготовка рукописи; Исачкова О.А. – сбор, анализ данных полевого опыта и их интерпретация; Колпакова Д.Е. и Бородин Е.Е. – выполнение, анализ данных лабораторных опытов и их интерпретация; Богер В.Ю. – подготовка полевого опыта; Просеков А.Ю. – концептуализация исследований.

Все авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.