
ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ

ЗЕРНОВОЕ ХОЗЯЙСТВО РОССИИ

Т. 16, № 2. 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 УрФАНИЦ 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, ФГБУН «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 27.04.2024

Дата выхода 28.04.2024. 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

Vol. 16, № 2. 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. Lukiyanenko 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 27.04.2024

The date of the issue is 28.04.2024. Format 60x84/8. Circulation 300. Order No.

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

СОДЕРЖАНИЕ

СЕЛЕКЦИЯ И СЕМЕНОВОДСТВО СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ РАСТЕНИЙ

Левакова О. В. Параметры адаптивности признака «масса 1000 зерен» ячменя ярового в условиях Рязанской области	5
Юлдыбаев И. Р., Давлетов Ф. А., Гайнуллина К. П. Сравнительная оценка урожайности зерна и зеленой массы зернобобовых культур в условиях Южной лесостепи Республики Башкортостан	13
Сурначёв А. С., Мусинов К. К. Оценка параметров адаптивности образцов озимой мягкой пшеницы при различных сроках посева в условиях лесостепи Западной Сибири	21
Кривошеев Г. Я., Игнатьев А. С. Влияние количественных признаков на урожайность зерна гибридов кукурузы в зависимости от климатических условий	30
Асхадуллин Данил Ф., Асхадуллин Дамир Ф., Василова Н. З., Тазутдинова М. Р., Хусаинова И. И., Гайфуллина Г. Р. Характеристика сорта яровой мягкой пшеницы Балкыш	36
Потоцкая И. В., Шепелев С. С., Чурсин А. С., Ковальчук А. М., Шаманин В. П. Идентификация генов качества зерна среди сортов озимой мягкой пшеницы	43
Тулякова М. В., Баталова Г. А., Салтыков С. С., Пермязова С. В. Оценка параметров адаптивности коллекционных сортообразцов овса пленчатого по урожайности в условиях Кировской области	49
Барановский А. В., Ковтунов В. В., Ковтунова Н. А. Оценка показателей адаптивности сортифта зернового сорго в условиях Донбасса	56
Гуреева Е. В., Солодягина А. В. Оценка сортов сои мировой коллекции в условиях Центрального Нечерноземья по признаку «масса семян с одного растения»	62
Григорьев Ю. П., Белан И. А., Россеева Л. П., Пахотина И. В., Мухина Я. В. Новый высокоурожайный среднеранний сорт яровой мягкой пшеницы Тарская юбилейная	67
Косенко С. В. Адаптивный потенциал сортов озимой мягкой пшеницы в условиях Пензенской области	75

ОБЩЕЕ ЗЕМЛЕДЕЛИЕ И РАСТЕНИЕВОДСТВО

Васильченко С. А., Метлина Г. В. Влияние сроков посева и норм высевы зимующего гороха при возделывании в южной зоне Ростовской области на показатели экономической эффективности производства зерна	80
Гузенко А. Ю., Солонкин А. В., Донцова А. А. Сравнительный анализ фотосинтетического потенциала новых сортов ярового ячменя в зоне засушливого климата Нижнего Поволжья	88
Морозов А. Н., Дубовик Д. В., Дубовик Е. В., Шумаков А. В. Влияние технологий возделывания на засоренность посевов и продуктивность гороха посевного	98

ЗАЩИТА РАСТЕНИЙ

Шарапов И. И., Шарапова Ю. А. Динамика численности популяций пшеничного и хищных трипсов агроценоза озимой пшеницы в лесостепи Самарской области	106
---	-----

CONTENTS

PLANT BREEDING AND SEED PRODUCTION OF AGRICULTURAL CROPS

Levakova O. V. Adaptability parameters of the trait '1000-grain weight' of spring barley in the conditions of the Ryazan region	5
Yuldybaev I. R., Davletov F. A., Gainullina K. P. Comparative estimation of grain productivity and green mass of leguminous crops in the southern forest-steppe of the Republic of Bashkortostan	13
Surnachev A. S., Musinov K. K. Estimation of adaptability parameters of winter common wheat samples at different sowing dates in the forest-steppe of Western Siberia	21
Krivosheev G. Ya., Ignatiev A. S. The effect of quantitative traits on grain productivity of maize hybrids depending on climatic conditions	30
Askhadullin Danil F., Askhadullin Damir F., Vasilova N. Z., Tazutdinova M. R., Khusainova I. I., Gaifullina G. R. Characteristics of the spring common wheat variety 'Balkysh'	36
Pototskaya I. V., Shepelev S. S., Chursin A. S., Kovalchuk A. M., Shamanin V. P. Identification of grain quality genes among wintercommon wheat varieties	43
Tulyakova M. V., Batalova G. A., Saltykov S. S., Permyakova S. V. Estimation of adaptability parameters of collection hulled oats varieties according to productivity in the Kirov region	49
Baranovsky A. V., Kovtunov V. V., Kovtunova N. A. Estimation of adaptability parameters of grain sorghum variety range in the conditions of Donbass	56
Gureeva E. V., Solodyagina A. V. Estimation of the soybean varieties of the world collection according to the trait 'seed weight per plant' in the conditions of the central Non-blackearth region	62
Grigoriev Yu. P., Belan I. A., Rosseeva L. P., Pakhotina I. V., Mukhina Ya. V. The new highly productive middle-early spring common wheat variety 'Tarskaya yubileinaya'	67
Kosenko S. V. Adaptive potential of winter common wheat varieties in the Penza region	75

GENERAL AGRICULTURE AND PLANT BREEDING

Vasilchenko S. A., Metlina G. V. The effect of sowing dates and sowing rates of wintering peas when cultivated in the southern part of the Rostov region on the economic efficiency of grain production	80
Guzenko A. V., Solonkin A. V., Dontsova A. A. Comparative analysis of the photosynthetic potential of new spring barley varieties in the arid climate zone of the Lower Volga region	88
Morozov A. N., Dubovik D. V., Dubovik E. V., Shumakov A. V. The effect of cultivation technologies on weed infestation and productivity of peas	98

PLANT PROTECTION

Sharapov I. I., Sharapova Yu. A. Population dynamics of wheat and predatory thrips in winter wheat agrocenosis in the forest-steppe of the Samara region	106
---	-----

СЕЛЕКЦИЯ И СЕМЕНОВОДСТВО СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ РАСТЕНИЙ

УДК 633.16»321»:631.526.32:631.529(470.313)

DOI: 10.31367/2079-8725-2024-91-2-5-12

ПАРАМЕТРЫ АДАПТИВНОСТИ ПРИЗНАКА «МАССА 1000 ЗЕРЕН» ЯЧМЕНЯ ЯРОВОГО В УСЛОВИЯХ РЯЗАНСКОЙ ОБЛАСТИ

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

Целью работы являлось изучение экологической пластичности, адаптивности и стабильности признака «масса 1000 зерен» сортов ячменя ярового разного эколого-географического происхождения за три года исследований в условиях Рязанской области. Для анализа и изучения данного вопроса в 2021–2023 гг. на полях лаборатории селекции и первичного семеноводства ИСА – филиале ФГБНУ ФНАЦ ВИМ, расположенного в лесостепной агроклиматической зоне Рязанской области, проведены исследования 26 сортов коллекционного питомника. Для расчета параметров адаптивности использовали следующие коэффициенты и показатели: коэффициент адаптивности (КА), размах урожайности (d , %), показатель гомеостатичности (Hom_i), показатель уровня стабильности урожайности сорта (ПУСС, %), экологическую пластичность (коэффициент линейной регрессии) (b_i), стабильность признака (σ^2), индекс условий среды (I_i), фактор стабильности (SF), генетическую гибкость сорта ($Y_{min}+Y_{max}/2$), стрессоустойчивость ($Y_{min}-Y_{max}$) и коэффициент отзывчивости на благоприятные условия выращивания (K_p), рассчитанные по соответствующим методикам. В ходе исследования установлено, что доминирующее влияние (66,4 %) на изменчивость признака «масса 1000 зерен» исследуемых сортов оказывает фактор «год» (условия роста и развития). Существенный вклад в формирование показателя «масса 1000 зерен» вносят метеорологические условия фазы налива зерна (июль) – ГТК ($r = +0,722$ $p = 0,01$) и количество осадков ($r = +0,637$, $p = 0,01$). Из исследованных 26 сортов 80,8 % относились к группе крупнозерных (масса 1000 зерен более 50,0 г), средняя сортовая урожайность сортов достаточно высокая – 6,84 т/га. На основе принципа ранжирования полученных показателей адаптивности признака «масса 1000 зерен» и его составляющих выделены сорта Добрый, Магутны (Республика Беларусь) и Ленетах (США), занявшие первое, второе и третье место соответственно в рейтинговой шкале. Данные сорта рекомендуется вовлекать в селекционную программу скрещивания для увеличения крупнозерности зерна.

Ключевые слова: яровой ячмень, признак «масса 1000 зерен», Рязанская область, экологическая пластичность, адаптивность, стабильность, рейтинговая шкала.

Для цитирования: Левакова О. В. Параметры адаптивности признака «масса 1000 зерен» ячменя ярового в условиях Рязанской области // Зерновое хозяйство России. 2024. Т. 16, № 2. С. 5–12. DOI: 10.31367/2079-8725-2024-91-2-5-12.



ADAPTABILITY PARAMETERS OF THE TRAIT '1000-GRAIN WEIGHT' OF SPRING BARLEY IN THE CONDITIONS OF THE RYAZAN REGION

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 work was to study the ecological adaptability and stability of the trait '1000-grain weight' of spring barley varieties of different ecological and geographical origins over three years of research in the conditions of the Ryazan region. To analyze and study this issue 26 varieties of the collection nursery were studied on the fields of the laboratory of breeding and primary seed production of ISA, a branch of the FSBI FRAEC VIM, located in the forest-steppe agroclimatic zone of the Ryazan region in 2021–2023. To calculate the adaptability parameters, there were used the following coefficients and indicators: adaptability coefficient (AC), yield range (d , %), homeostatic index (Hom_i), variety yield stability level index (VISL, %), environmental adaptability (a linear regression coefficient) (b_i), stability of the trait (σ^2), index of environmental conditions (I_i), stability factor (SF), genetic flexibility of the variety ($Y_{min}+Y_{max}/2$), stress resistance ($Y_{min}-Y_{max}$) and coefficient of responsiveness to favorable growing conditions (Cr), calculated using appropriate methods. The study has established that the dominant influence (66.4 %) on the variability of the trait '1000-grain weight' of the studied varieties is made by the factor "year" (growth and development conditions). A significant contribution to the formation of the indicator "weight of 1000 grains" is made by the meteorological conditions of the grain filling phase (July) – HTC ($r = +0.722$ $p = 0.01$) and the amount of precipitation ($r = +0.637$, $p = 0.01$). 80.8 % of the 26 varieties studied belonged to the large-grain group (1000-grain weight was more than

50.0 g), the average varietal yield of the varieties was quite high with 6.84 t/ha. Based on the principle of ranking the obtained indicators of adaptability of the trait '1000-grain weight' and its components, there were identified the varieties 'Dobry', 'Magutny' (Republic of Belarus) and 'Lenetah' (USA), which took, respectively, first, second and third places in the rating scale. It can be recommended to involve these varieties in a breeding crossbreeding program to increase grain size.

Keywords: spring barley, trait '1000-grain weight', Ryazan region, ecological adaptability, stability, rating scale.

Введение. Яровой ячмень – одна из важнейших сельскохозяйственных культур, что объясняется исключительной кормовой и пищевой ценностью зерна, высокой пластичностью культуры, способностью произрастать почти на всех широтах – от зон вечной мерзлоты до полупустынь (Левакова и др., 2023; Sanina, 2020).

Продуктивность – это комплексный показатель, формирующийся за счет различных элементов структуры урожая, которые находятся в сложной корреляции как между собой, так и с урожаем зерна. К одним из наиболее значимых элементов структуры урожая относится масса 1000 зерен (Левакова, 2022; Шоева и др., 2021). Она является надежным индикатором, отражающим реакцию генотипа на изменения условий среды при селекционной работе на адаптивность и продуктивность (Морозов и др., 2022).

Крупности зерна, выраженной ее массой, в селекционных и генетических исследованиях уделяется большое внимание (Dontsova et al., 2018). Данный показатель является сортовым признаком, но при этом может варьировать в зависимости от условий выращивания. Поэтому вектор в усилении селекции на адаптивность и стабильность признака «масса 1000 зерен» является приоритетным в современных условиях. Оценка адаптивности культур – один из способов решить вопрос с производством сортов, обладающих высоким адаптивным потенциалом (Полонский и др., 2020).

Полученные данные в конкретных условиях выращивания помогут правильно определить потенциал использования выделенных сортов в селекционной программе гибридизации культуры.

Цель исследований – изучение экологической пластичности, адаптивности и стабильности признака «масса 1000 зерен» сортов ячменя ярового разного эколого-географического происхождения за три года исследований в условиях Рязанской области.

Материалы и методы исследований. Работы по изучению и отбору генотипов ярового ячменя с высокими показателями признака «масса 1000 зерен» и их адаптационных свойств к условиям региона вели на полях лаборатории селекции и первичного семеноводства ИСА – филиале ФГБНУ ФНАЦ ВИМ в лесостепной агроклиматической зоне Рязанской области в 2021–2023 гг. в коллекционном питомнике. Объектом исследований являлись 26 сортов

разного эколого-географического происхождения. Закладку опыта, учеты и наблюдения осуществляли согласно методике полевого опыта Доспехова (2014), Государственного сортоиспытания (2019) и Методическим указаниям по изучению мировой коллекции ячменя и овса (2012). Стандартом служил районированный сорт Надежный (st), являющийся стандартом в сети Госсортоиспытания по Центральному региону. Закладку питомника проводили в 3-й декаде апреля – 1-й декаде мая шестирядковой сеялкой ССКФ-7М по типу мелкоделяночного полевого опыта (площадь делянки 3 м² без повторений с частым стандартом) по предшественнику чистый пар. Норма высева составляла 500 всхожих зерен на 1,0 м². Под предпосевную культивацию вносили минеральные удобрения из расчета (NPK)₆₄ д.в. в виде азофоски (N₁₆P₁₆K₁₆).

Метеорологические условия мая–июля (по данным метеостанции ИСА – филиала ФГБНУ ФНАЦ ВИМ) за весь период исследований отличались крайней неравномерностью распределения осадков и показателей среднесуточной температуры воздуха по фазам развития ячменя (рис. 1).

В 2021 г. отмечались резкие перепады среднесуточных температур воздуха в течение вегетации и неравномерная влагообеспеченность (ГТК = 0,70). Вегетационный период 2022 г. являлся засушливым (ГТК = 0,53). Сильная засуха проявилась в июле, среднесуточная температура имела повышенные значения – дневные температуры достигали 28 °C – 34 °C, а среднесуточные – на 5,2 °C больше среднемесячных значений. Вегетационный период 2023 г. характеризовался оптимальным значением по гидротермическому коэффициенту – ГТК = 0,90. Температурный режим практически соответствовал среднемесячным 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.

В целом такие климатические условия за годы исследований позволили оценить коллекционный материал по урожайности и признаку «масса 1000 зерен».

Уборку питомника производили селекционным комбайном Сампо-130. После уборки зерно с делянок взвешивали и приводили к 14,0 % влажности с соответственным пересчетом в т/га.

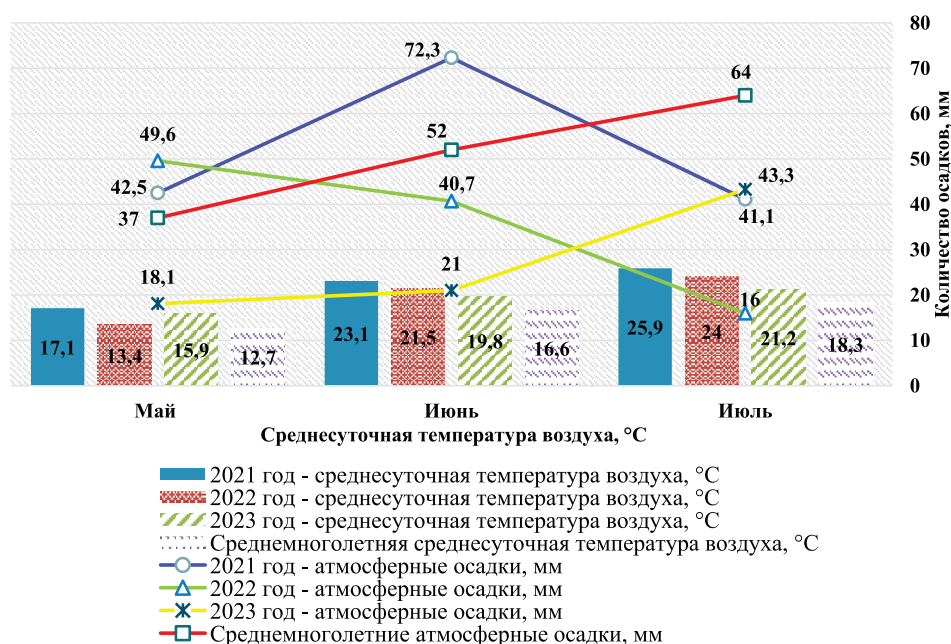


Рис. 1. Метеорологические условия (распределение атмосферных осадков (мм) и среднесуточных температур воздуха (°C)) периода вегетации ярового ячменя (2021–2023 гг.)
Fig. 1. Weather conditions (distribution of atmospheric precipitation (mm) and average daily air temperatures (°C)) during a spring barley vegetation period (2021–2023)

В основу всех расчетов заложен признак «масса 1000 зерен». Математическую оценку результатов исследований проводили по методике Б. А. Доспехова (2014). Статистические расчеты экологической адаптивности определяли по методикам: коэффициент адаптивности (КА) по Л. А. Животковой с соавторами (1994); размах урожайности (d , %) по В. А. Зыкину с соавторами (1984); показатель гомеостатичности (Hom_i) по В. В. Хангильдину, (1977); показатель уровня стабильности урожайности сорта (ПУСС i , %) по Э. Д. Неттевичу с соавторами (1985); экологическую пластичность (коэффициент линейной регрессии b_i), стабильность признака ($\sigma^2 d$) и индекс условий среды (I_j) по методике С. А. Эберхарта и У. А. Рассела (S. A. Eberhart и W. A. Russell) в изложении В. З. Пакудина (1984); фактор стабильности (SF) по D. Lewis (1954); генетическую гибкость сорта ($Y_{min} + Y_{max} / 2$) и стрессоустойчивость ($Y_{min} - Y_{max}$) по мето-

дике 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).

Определение массы 1000 семян по ГОСТу 12042-89 с помощью автоматического счетчика семян SLY-C Plus (Китай).

Результаты и их обсуждение. Урожайность сорта – главный параметр, определяющий ценность генотипа и зависящий от показателей структурных элементов. В опыте определен индекс условий среды (I_j), который показывает агроклиматическое влияние на реализацию потенциала продуктивности всего набора сортов в конкретном году. Средняя сортовая урожайность выбранных для исследований сортов достаточно высокая – 6,84 т/га с вариацией от 6,37 т/га у сорта Проза (Чехия) до 7,62 т/га у сорта Стратус (Польша) (табл. 1).

Таблица 1. Урожайность и показатель «масса 1000 зерен» исследованных сортов ячменя ярового (2021–2023 гг.)
Table 1. Productivity and the indicator '1000-grain weight' of the studied spring barley varieties (2021–2023)

Сорт	Происхождение	Урожайность, т/га					Масса 1000 зерен, г				
		2021	2022	2023	Y_i^{**}		2021	2022	2023	Y_i^{**}	C_v , %**
Яромир	РФ	5,33	7,00	7,17	6,50		47,0	50,2	51,0	49,4	4,1
Надежный, st		5,50	7,50	7,28	6,76		44,2	47,6	48,7	46,8	4,4
Знатный		4,33	7,53	7,50	6,45		46,6	50,8	52,8	50,1	5,9
Калита		5,50	7,70	7,50	6,90		51,0	55,0	59,4	55,1	7,4
Велес		5,83	7,97	6,50	6,77		45,0	49,2	54,3	49,5	8,7
Батяка	РБ	5,90	8,60	8,00	7,50		49,6	48,8	55,2	51,2	6,6
Добрый		5,13	7,89	7,00	6,67		53,8	53,8	56,7	54,8	3,0
Магутны		6,20	8,00	6,70	6,97		52,0	54,4	53,2	53,2	2,3
Фэст		5,33	8,01	6,70	6,68		49,4	51,2	52,9	51,2	3,5
Гонар		6,83	6,67	7,50	7,00		47,6	50,2	57,2	51,7	9,7
Атаман		5,83	6,18	7,30	6,43		47,0	49,8	51,2	49,3	4,1

Продолжение табл. 1

Сорт	Происхождение	Урожайность, т/га				Масса 1000 зерен, г				
		2021	2022	2023	Y _i **	2021	2022	2023	Y _i **	Cv, %**
Черло	Франция	4,67	8,80	7,00	6,82	47,2	52,8	55,5	51,8	7,7
Кангу		5,40	7,60	6,50	6,50	48,0	51,8	55,7	51,8	7,2
Ралид		5,07	7,53	8,67	7,09	49,4	52,6	57,6	53,2	8,0
ЛГ Набуко		5,90	6,46	7,83	6,73	51,0	53,6	55,8	53,5	4,6
Алисиа		5,43	8,17	8,50	7,36	54,4	56,4	61,0	57,3	6,4
Бамбина	Германия	5,43	8,07	7,83	7,11	49,2	53,0	57,8	53,3	8,1
КВС Вермонт		3,90	7,98	8,17	6,68	47,6	54,2	56,9	52,9	8,4
Чилл		5,07	8,77	6,67	6,83	49,6	56,8	59,7	55,4	9,8
Лауреат	Швейцария	6,13	7,31	8,50	7,31	48,4	51,4	59,2	53,0	10,5
Квенч		5,07	7,87	7,50	6,81	44,8	50,2	53,8	49,6	8,2
Кроссвей	Дания	4,57	8,33	6,83	6,57	47,4	51,8	55,1	51,4	7,3
Проза	Чехия	4,23	7,70	7,20	6,37	50,8	50,4	54,3	51,8	4,3
Стратус	Польша	6,67	8,20	8,00	7,62	49,6	55,6	59,7	55,0	9,9
Ленетах	США	4,27	8,23	6,67	6,39	53,4	51,8	55,1	53,4	3,2
Дункан	Канада	5,57	7,83	8,00	7,13	49,6	51,8	53,2	51,5	3,3
Y _i **		5,35	7,80	7,43	6,84	49,0	52,1	55,5	52,2	6,4
НСР05**		0,40	0,43	0,37	—	0,32	0,16	0,09	—	—
ΣY _i **		139,1	201,9	193,0	178,0	1273,6	1355,2	1443,0	1357,2	—
I _j **		-1,49	+0,92	+0,58	—	-3,22	-0,08	+3,30	—	—
r**		-0,010	+0,341*	+0,407*	+0,050	—	—	—	—	—

Примечания. * – значимо при $p = 0,05$; **средний показатель по сортам (Y_i); средний показатель по годам (Y_j); сумма показателей всех сортов за определенный год (ΣY_i); индекс условий среды (I_j); корреляционная связь между урожайностью и показателем «масса 1000 зерен» (r); наименьшая существенная разность для 5%-го уровня значимости ($НСР_{05}$); коэффициент вариации (Cv , %).

При расчете I_j установили, что менее благоприятным годом по полученной урожайности сортов был 2021 г. со средней урожайностью 5,35 т/га и индексом, равным -1,49. Аналогичные данные индекса среды (-3,22) в данном году получены и по показателю «масса 1000 зерен» – 49,0 г. Более благоприятными факторами среды для роста и развития ячменя ярового характеризовались 2022–2023 гг. ($I_j = +0,58...+0,92$), где и были получены максимальные урожайности набора исследуемых образцов – 7,43–7,80 т/га.

Согласно Международному классификатору СЭВ рода *Hordeum* L. (1983) в среднем за 2021–2023 гг. 80,8 % изучаемых генотипов относились к группе крупнозерных (масса 1000 зерен более 50,0 г). За годы исследования наиболее благоприятные условия для формирования крупного зерна сложились в 2023 г. ($I_j = +3,30$), когда признак «масса 1000 зерен» у большинства образцов (96,2 %) составил от 51,2 до 61,0 г. Худшие условия для налива зерна сложились в 2021 г. – индекс среды имел отрицательное значение ($I_j = -3,22$), а средний показатель «масса 1000 зерен» варьировал от 44,2 г (Надежный (st), Россия) до 54,4 г (Алисиа, Франция).

Проведенный корреляционный анализ показал, что показатель «масса 1000 зерен» имеет среднюю достоверную связь с урожайно-

стью в засушливый 2022 г. ($r = +0,341$, $p = 0,05$) и в оптимальный 2023 г. ($r = +0,407$, $p = 0,05$). Значимую достоверную роль на показатель «масса 1000 зерен» оказали метеорологические условия июля (когда происходит налив зерна), в частности, ГТК ($r = +0,722$, $p = 0,01$) и количество осадков ($r = +0,637$, $p = 0,01$).

Признак «масса 1000 зерен» – сортовой признак, в значительной степени зависит от условий возделывания. Полученные данные коэффициента вариации показывают, что практически весь набор выбранных для исследований сортов имеет незначительные отклонения по данному показателю – Cv , % < 10,0, кроме сорта Лауреат (Швейцария) – Cv , % = 10,5.

По результатам двухфакторного дисперсионного анализа ($p = 0,05$) выявлен существенный вклад условий выращивания (фактор А – год) в формирование признака «масса 1000 зерен» ячменя ярового – 66,4 %, влияние генотипа сорта (фактор В – сорт) был на уровне 4,6 %. Доля взаимодействия факторов (А × В) составила 27,6 %, неучтенный фактор составил 1,4 % (рис. 2).

Наряду с дисперсионным анализом, учитывающим взаимодействие генотипо-средовых связей, проанализированы показатели адаптивности (табл. 2).

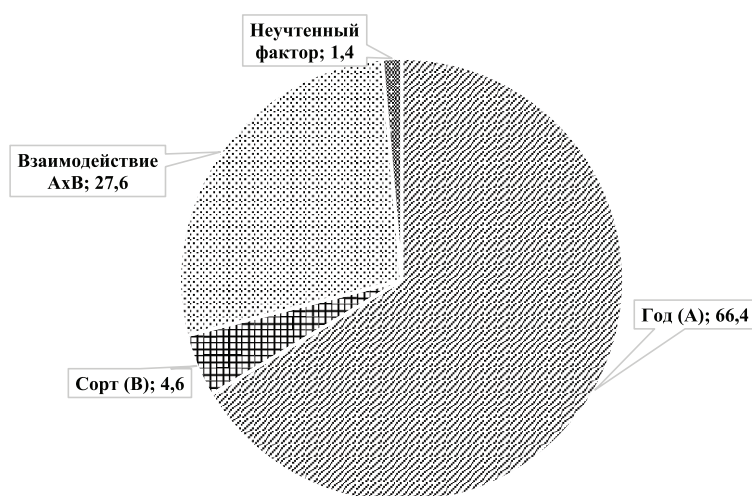


Рис. 2. Влияние факторов (%) на формирование признака «масса 1000 зерен» (2021–2023 гг.)

Fig. 2. Effect of the factors (%) on the formation of the trait '1000-grain weight' (2021–2023)

Таблица 2. Параметры адаптивных свойств и экологической устойчивости показателя «масса 1000 зерен» у исследованных сортов ячменя ярового (2021–2023 гг.)
Table 2. Parameters of adaptive properties and environmental sustainability of the trait '1000-grain weight' of the studied spring barley varieties (2021–2023)

Сорт	b_i	σd^2	SF	KA	Homi	ПУСС, %	d, %	$Y_{min} + Y_{max} / 2$	$Y_{min} - Y_{max}$	Kp	Место в рейтинговой шкале
Яромир	+0,61	8,0	1,02	0,95	12,0	119,5	0,08	49,0	-4,0	1,09	18
Надежный, st	+0,69	10,1	1,12	0,90	10,6	100,0	0,09	46,5	-4,5	1,10	20
Знатный	+0,94	18,6	1,13	0,96	8,5	85,8	0,12	49,7	-6,2	1,13	17
Калита	+1,28	34,4	1,16	1,06	7,5	83,3	0,14	55,2	-8,4	1,16	6
Велес	+1,42	25,7	1,21	0,95	5,7	56,9	0,17	49,7	-9,3	1,21	25
Батяка	+0,87	16,2	1,11	0,98	7,8	80,5	0,12	52,0	-6,4	1,11	22
Добрый	+0,48	5,2	1,05	1,05	18,3	202,2	0,05	55,3	-2,9	1,05	1
Магутны	+0,18	0,7	1,05	1,02	23,1	247,7	0,04	53,2	-2,4	1,02	2
Фэст	+0,56	6,5	1,07	0,98	14,6	156,6	0,07	51,2	-3,5	1,07	9
Гонар	+1,47	46,0	1,20	0,99	5,3	55,2	0,17	52,4	-9,6	1,20	24
Атаман	+0,64	8,8	1,09	0,95	12,0	119,3	0,08	49,1	-4,2	1,09	15
Черло	+1,25	29,0	1,18	0,99	6,47	67,6	0,15	51,4	-8,3	1,18	23
Кангу	+1,17	29,6	1,16	0,99	7,2	75,2	0,14	51,9	-7,7	1,16	14
Рapid	+1,25	32,8	1,17	1,02	6,7	71,8	0,14	53,5	-8,2	1,17	11
ЛГ Набуко	+0,73	11,5	1,09	1,03	11,6	125,1	0,09	53,4	-4,8	1,09	5
Алисия	+1,00	21,1	1,12	1,09	8,9	102,8	0,11	57,7	-6,6	1,12	4
Бамбина	+1,31	36,1	1,17	0,99	6,6	70,9	0,08	53,5	-8,6	1,17	12
КВС Вермонт	+1,40	41,5	1,20	1,01	6,3	67,2	0,16	52,3	-9,3	1,20	16
Чилл	+1,53	49,0	1,20	1,06	5,7	63,7	0,17	54,7	-10,1	1,20	10
Лауреат	+1,65	57,3	1,22	1,02	5,0	53,4	0,18	53,8	-10,8	1,22	21
Квенч	+1,37	39,7	1,20	0,94	6,0	60,0	0,17	49,3	-9,0	1,20	26
Кроссвей	+1,17	29,6	1,16	0,98	7,0	72,5	0,14	51,3	-7,7	1,16	19
Проза	+0,55	6,5	1,07	1,00	12,0	125,3	0,07	52,4	-3,9	1,07	7
Стратус	+1,53	55,3	1,20	1,05	5,6	62,1	0,17	54,7	-10,1	1,20	13
Ленетах	+0,27	1,6	1,06	1,02	16,7	179,8	0,06	53,5	-3,3	1,03	3
Дункан	+0,99	21,1	1,07	0,99	15,6	162,0	0,07	51,4	-3,6	1,07	8

Примечания.* – коэффициент пластичности (b_i); коэффициент стабильности (σd^2); фактор фенотипической стабильности (SF); коэффициент адаптивности (KA); показатель уровня стабильности сорта (ПУСС); гомеостатичность (Homi); размах показателя (d, %); генетическая гибкость ($Y_{min} + Y_{max} / 2$); стрессоустойчивость ($Y_{min} - Y_{max}$); коэффициент отзывчивости на благоприятные условия среды (Kp).

На основе вычисленных для каждого генотипа коэффициентов регрессии (b_i) установлено, что данный показатель находится в широких пределах варьирования – от 0,27 у сорта Ленетах (США) до 1,65 у сорта Лауреат

(Швейцария). Коэффициент регрессии свыше единицы отмечен у 53,9 % исследуемых образцов, которые можно отнести к высокопластичным сортам. Максимальными показателями данного признака отличились сорта Велес

(Россия), Гонар (Республика Беларусь), КВС Вермонт (Германия), Чилл (Германия), Лауреат (Швейцария), Стратус (Польша) ($b_i \geq 1,40$). К сортам нейтрального типа, которые являются более адаптивными к условиям региона и в меньшей мере снижают показатель «масса 1000 зерен», отнесены Яромир, Надежный, Знатный (Россия); Батка, Добрый, Магутны, Фэст, Атаман (Республика Беларусь); ЛГ Набуко (Франция); Проза (Чехия); Ленетах (США) (b_i = от 0,27 до 0,94).

Следуя модели расчета S.A. Eberhart и W.A. Russel, в практическом плане высокоценными генотипами принято считать те, у которых $b_i > 1,0$, а коэффициент стабильности (σd^2), или среднеквадратическое отклонение от линии регрессии, стремится к нулю. По данным параметрам выделена группа французских сортов Черло ($b_i = 1,25$; $\sigma d^2 = 29,0$), Кангу ($b_i = 1,17$; $\sigma d^2 = 29,6$), Рапид ($b_i = 1,25$; $\sigma d^2 = 32,8$), российский сорт Велес ($b_i = 1,42$; $\sigma d^2 = 25,7$), датский сорт Кроссвей ($b_i = 1,17$; $\sigma d^2 = 29,6$).

Важное адаптивное значение имеет высокая фенотипическая стабильность (фактор стабильности (SF)), приближенная к 1,0. К наиболее фенотипически стабильным отнесены все исследуемые сорта (SF = от 1,02 до 1,22).

Высоким уровнем гомеостатичности ($\text{Ном}_i > 14,5$) и низким размахом урожайности ($d, \% \leq 0,07$) из выделенного ассортимента сортов обладают сорта белорусской селекции Добрый, Магутны, Фэст, а также сорта Ленетах (США) и Дункан (Канада).

Коэффициент адаптивности (КА) свыше единицы, указывающий на способность устойчиво формировать относительно выбранного ассортимента сортов более высокий признак «масса 1000 зерен» в различных условиях вегетации, отмечен у 46,2 % исследованных сортов. Максимальные значения данного коэффициента ($\text{КА} \geq 1,05$), отмечены у сортов Калита (Россия), Добрый (Республика Беларусь), Алисия (Франция), Чилл (Германия), Стратус (Польша).

Повышенные показатели уровня стабильности и пластичности сорта (ПУСС, %) относительно стандартного сорта Надежный выявлены у 42,3 % сортов. Высокую оценку

по данному показателю получили белорусские сорта Добрый и Магутны (ПУСС, > 200 %).

Лучшими по показателю генетической гибкости ($(Y_{\min} + Y_{\max})/2 > 50,0$) являются 76,9 % исследуемого набора сортов. Наиболее высокие показатели отмечены у сортов Калита (Россия), Добрый (Республика Беларусь), Алисия (Франция), Чилл (Германия), Стратус (Польша).

По способности формировать стабильную продуктивность в неординарных условиях среды, имея самые низкие показатели (-2,4...-2,9) могут сорта белорусской селекции Добрый и Магутны, на что указывает показатель стрессоустойчивости сорта ($Y_{\min} - Y_{\max}$).

Одним из факторов для констатации степени адаптивности генотипа является коэффициент отзывчивости на условия окружающей среды (K_p), согласно которому все сорта хорошо реагируют на улучшение условий возделывания ($K_p > 1,0$). Наибольшие значения ($K_p \geq 1,20$) имеют сорта Велес (Россия), Гонар (Республика Беларусь), КВС Вермонт (Германия), Чилл (Германия), Лауреат (Швейцария), Квенч (Швейцария), Стратус (Польша).

Наиболее полную информацию параметров адаптивности по полученным показателям позволит установить сумма рангов каждого сорта (1-й ранг наиболее высокий). Учитывая комплекс из 12 параметров ($Y_i, C_v, b_i, \sigma d^2, SF, \text{КА}, \text{Ном}_i, \text{ПУСС}_i, d, Y_{\min} + Y_{\max}/2, Y_{\min} - Y_{\max}, K_p$), выделились сорта белорусской селекции Добрый, Магутны и Ленетах (США), занявшие соответственно первое, второе и третье место в рейтинговой шкале.

Выводы. Сравнительное изучение коллекционного материала ярового ячменя различного эколого-географического происхождения в условиях Рязанской области позволило выделить наиболее крупнозерные, экологически пластичные, адаптивные и стабильные сорта по признаку «масса 1000 зерен». На основе интегрируемой оценки генотипов по комплексным показателям адаптивности признака «масса 1000 зерен» ($Y_i, C_v, b_i, \sigma d^2, SF, \text{КА}, \text{Ном}_i, \text{ПУСС}_i, d, Y_{\min} + Y_{\max}/2, Y_{\min} - Y_{\max}, K_p$), выделены белорусские сорта Добрый, Магутны и сорт Ленетах (США) со средними показателями данного признака 53,2–54,8 г.

Библиографические ссылки

1. Гончаренко, А. А. Об адаптивности и экологической устойчивости сортов зерновых культур // Вестник РАСХН. 2005. № 6. С. 49–53.
2. Доспехов, Б. А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). Изд. 5-е., перераб. и доп. М.: Альянс, 2014. 351 с.
3. Животков Л. А., Морозова З. А., Секатуева Л. И. Методика выявления потенциальной продуктивности и адаптивности сортов и селекционных форм озимой пшеницы по показателю «урожайность» // Селекция и семеноводство. 1994. № 2. С. 3–7.
4. Зыкин В. А., Белан И. А., Юсов В. С., Корнева С. П. Методика экологической пластичности сельскохозяйственных растений. Омск, 2008. 35 с.
5. 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
6. 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

7. 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. № 4. С. 16–21. DOI: 10.31367/2079-8725-2022-82-4-16-21
8. Неттевич Э.Д., Моргунов А.И., Максименко М.И. Повышение эффективности отбора яровой пшеницы на стабильность урожайности и качества зерна // Вестник сельскохозяйственной науки. 1985. № 1. С. 66–73.
9. Пакудин В.З., Лопатина Л.М. Оценка экологической пластичности и стабильности сельскохозяйственных культур // Сельскохозяйственная биология. 1984. № 19(4). С. 109–113.
10. Полонский В.И., Герасимов С.А., Сумина А.В. Пластичность и стабильность образцов пленчатого ячменя по содержанию β -глюканов в зерне и его крупности в условиях Красноярской лесостепи // Вестник КрасГАУ. 2022. № 4. С. 53–61. DOI: 10.36718/1819-4036-2022-4-53-61
11. Хангильдин В.В., Асфондиярова Р.Р. Проявление гомеостаза у гибридов гороха посевного // Биологические науки. 1977. № 1. С. 116–121.
12. Шоева О.Ю., Глаголева А.Ю., Кукоева Т.В. Влияние локуса *Blp1*, контролирующего синтез меланина в колосе ячменя, на размер и вес зерна // Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции. 2021. № 182(2). С. 89–95. DOI: 10.30901/2227-8834-2021-2-89-95
13. Dontsova A.A., Alabushev A.V., Lebedeva M.V., Potokina E.K. Analysis of polymorphism of microsatellite markers linked to a long-term net form of net blotch resistance gene in winter barley varieties in the south of Russia // Indian Journal of Genetics and Plant Breeding. 2018. Vol. 78(3), P. 317–323. DOI: 10.31742/IJGPB.78.3.4
14. Lewis, D. Gene-environment interaction: A relationship between dominance, heterosis, phenotypic stability and variability // Heredity. 1954. № 8. P. 333–356.
15. Sanina, N.V. The productivity and spring barley grain quality depending on mineral fertilizer systems // BIO of Coferences. 2020. Vol. 27, Article number: 00049. DOI: 10.1051/bioconf/20202700049

References

1. Goncharenko, A.A. Ob adaptivnosti i ekologicheskoi ustoichivosti sortov zernovykh kul'tur [On adaptability and environmental sustainability of grain crop varieties] // Vestnik RASKhN. 2005. № 6. S. 49–53.
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)]. Izd. 5-e., pererab. i dop. M.: Al'yans, 2014. 351 s.
3. Zhivotkov L.A., Morozova Z.A., Sekatueva L.I. Metodika vyavleniya potentsial'noi produktivnosti i adaptivnosti sortov i selektsionnykh form ozimoi pshenitsy po pokazatelyu «urozhainost'» [Methodology for identifying the potential productivity and adaptability of winter wheat varieties and breeding forms according to the indicator 'yield'] // Seleksiya i semenovodstvo. 1994. № 2. S. 3–7.
4. Zykin V.A., Belan I.A., Yusov V.S., Korneva S.P. Metodika ekologicheskoi plastichnosti sel'skokhozyaistvennykh rasteniy [Methodology for ecological adaptability of agricultural plants]. Omsk, 2008. 35 s.
5. Levakova O.V., Gladysheva O.V., Eroshenko L.M. Adaptirovannyi k usloviyam Tsentral'nogo regiona novyi sort yachmenya yarovogo Rafael' [A 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
6. 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 conditions of a vegetation period] // Agrarnaya nauka Evro-Severo-Vostoka. 2022. T. 23, № 3. S. 327–333. DOI: 10.30766/2072-9081.2022.23.3.327-333
7. 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 spring barley adaptability based on the trait '1000-grain weight' to the arid conditions of the Stavropol Territory] // Zernovoe khozyaistvo Rossii. 2022. № 4. S. 16–21. DOI: 10.31367/2079-8725-2022-82-4-16-21
8. Nettevich E.D., Morgunov A.I., Maksimenko M.I. Povyshenie effektivnosti otbora yarovoi pshenitsy na stabil'nost' urozhainosti i kachestva zerna [Increasing the efficiency of spring wheat selection for stability of productivity and grain quality] // Vestnik sel'skokhozyaistvennoi nauki. 1985. № 1. S. 66–73.
9. Pakudin V.Z., Lopatina L.M. Otsenka ekologicheskoi plastichnosti i stabil'nosti sel'skokhozyaistvennykh kul'tur [Estimation of ecological adaptability and stability of agricultural crops] // Sel'skokhozyaistvennaya biologiya. 1984. № 19(4). S. 109–113.
10. Polonskii V.I., Gerasimov S.A., Sumina A.V. Plastichnost' i stabil'nost' obraztsov plenchatogo yachmenya po soderzhaniyu β -glyukanov v zerne i ego krupnosti v usloviyakh Krasnoyarskoi lesostepi [Adaptability and stability of hulled barley samples in terms of the content of β -glucans in the grain and its size under the conditions of the Krasnoyarsk forest-steppe] // Vestnik KrasGAU. 2022. № 4. S. 53–61. DOI: 10.36718/1819-4036-2022-4-53-61
11. Khangil'din V. V., Asfondiyarova R.R. Proyavlenie gomeostaza u gibridov gorokha posevnogo [Manifestation of homeostasis in pea hybrids] // Biologicheskie nauki. 1977. № 1. S. 116–121.
12. Shoeva O. Yu., Glagoleva A. Yu., Kukoeva T.V. Vliyanie lokusa *Blp1*, kontroliruyushchego sintez melanina v kolose yachmenya, na razmer i ves zerna [Effect of the *Blp1* locus, which controls melanin synthesis in the barley head, on grain size and weight] // Trudy po prikladnoi botanike, genetike i seleksii. 2021. № 182(2). S. 89–95. DOI: 10.30901/2227-8834-2021-2-89-95
13. Dontsova A.A., Alabushev A.V., Lebedeva M.V., Potokina E.K. Analysis of polymorphism of microsatellite markers linked to a long-term net form of net blotch resistance gene in winter barley varieties in the south of Russia // Indian Journal of Genetics and Plant Breeding. 2018. Vol. 78(3), P. 317–323. DOI: 10.31742/IJGPB.78.3.4

14. Lewis, D. Gene-environment interaction: A relationship between dominance, heterosis, phenotypic stability and variability // *Heredity*. 1954. № 8. P. 333–356.

15. Sanina, N.V. The productivity and spring barley grain quality depending on mineral fertilizer systems // *BIO of Coferences*. 2020. Vol. 27, Article number: 00049. DOI: 10.1051/bioconf/20202700049

Поступила: 19.01.24; доработана после рецензирования: 29.01.24; принята к публикации: 29.01.24.

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, подготовка опыта, выполнение полевых / лабораторных опытов и сбор данных, анализ данных и их интерпретация, подготовка рукописи.

Автор прочитал и одобрил окончательный вариант рукописи.

СРАВНИТЕЛЬНАЯ ОЦЕНКА УРОЖАЙНОСТИ ЗЕРНА И ЗЕЛЕННОЙ МАССЫ ЗЕРНОБОБОВЫХ КУЛЬТУР В УСЛОВИЯХ ЮЖНОЙ ЛЕСОСТЕПИ РЕСПУБЛИКИ БАШКОРТОСТАН

И. Р. Юлдыбаев¹, аспирант, yuldubaev290997@gmail.com, ORCID ID: 0009-0007-1103-0212;
Ф. А. Давлетов², доктор сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник лаборатории селекции и семеноводства кормовых и зерновых культур, davletovfa@mail.ru, ORCID ID: 0000-0002-7421-869X;

К. П. Гайнуллина^{2,3}, кандидат биологических наук, заведующий лабораторией селекции и семеноводства кормовых и зерновых культур, старший научный сотрудник лаборатории геномики растений, karina28021985@yandex.ru, ORCID ID: 0000-0001-6246-1214

¹Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Башкирский государственный аграрный университет»,

450001, Республика Башкортостан, г. Уфа, ул. 50-летия Октября, д. 34;

²Опытная станция «Уфимская» – обособленное структурное подразделение

Федерального государственного бюджетного научного учреждения

Уфимского федерального исследовательского центра Российской академии наук,

450535, Республика Башкортостан, Уфимский район, с. Чернолесовский, ул. Тополиная, д. 1;

³Институт биохимии и генетики – обособленное структурное подразделение

Федерального государственного бюджетного научного учреждения

Уфимского федерального исследовательского центра Российской академии наук,

450054, Республика Башкортостан, г. Уфа, проспект Октября, д. 71/1Е

Зернобобовые культуры играют важную роль в обеспечении населения высокобелковыми продуктами, сельскохозяйственных животных – кормами. Правильный подбор и размещение видов и сортов этих культур в соответствии с почвенно-климатическими условиями оказывают значительное влияние на их урожайность. Цель работы – оценить урожайность зеленой массы, сена, зерна, а также степень развития признаков, которые влияют на формирование урожайности у гороха, нута, чечевицы, вики яровой, кормовых бобов при выращивании в условиях Южной лесостепи Республики Башкортостан. Исследования проводили в 2021–2023 годах. Контрастные погодные условия позволили всесторонне оценить изучаемый материал. Объектами исследований послужили сорта пяти видов зернобобовых культур: Памяти Попова (горох), Сокол (нут), Невеста (чечевица), Узуновская 8 (вика яровая), Калор (кормовые бобы). Опыты выполняли в соответствии с Методикой государственного сортоиспытания (2019). В результате исследований были выделены зернобобовые культуры, наиболее адаптивные по ряду параметров к возделыванию в условиях Южного Предуралья Республики Башкортостан: горох, нут, чечевица с продолжительностью вегетационного периода $65,7 \pm 9,7$ – $70,7 \pm 9,4$ сут.; горох с максимальным темпом роста до фазы бутонизации; горох, нут, вика яровая, кормовые бобы с наиболее развитой корневой системой; горох и вика яровая с наибольшим числом ($223,3 \pm 13,3$ – $236,0 \pm 17,1$ шт. соответственно) и весом ($0,39 \pm 0,04$ – $0,45 \pm 0,07$ г соответственно) клубеньков с 10 растений. Максимальной урожайностью зеленой массы ($7,41$ – $7,47$ т/га) и сена ($1,87$ – $1,89$ т/га) отличались горох и вика яровая, семян ($1,48$ – $1,51$ т/га) – горох и нут. Таким образом, рекомендуется расширить посевы гороха, включить в севооборот нут, чечевицу, а также восстановить посевы яровой вики. Для достижения стабильно высоких урожаев этих зернобобовых культур необходимо проводить их посев в ранние сроки семенами высших репродукций, обработанными перед посевом соответствующими протравителями и микроудобрениями.

Ключевые слова: зернобобовые культуры, вегетационный период, темпы роста, клубенькообразующая способность, урожайность.

Для цитирования: Юлдыбаев И. Р., Давлетов Ф. А., Гайнуллина К. П. Сравнительная оценка урожайности зерна и зеленой массы зернобобовых культур в условиях Южной лесостепи Республики Башкортостан // Зерновое хозяйство России. 2024. Т. 16, № 2. С. 13–20. DOI: 10.31367/2079-8725-2024-91-2-13-20.



COMPARATIVE ESTIMATION OF GRAIN PRODUCTIVITY AND GREEN MASS OF LEGUMINOUS CROPS IN THE SOUTHERN FOREST-STEPPE OF THE REPUBLIC OF BASHKORTOSTAN

I. R. Yuldybaev¹, post-graduate, yuldubaev290997@gmail.com, ORCID ID: 0009-0007-1103-0212;

F. A. Davletov², Doctor of Agricultural Sciences, senior researcher of the laboratory for feed and grain crop breeding and seed production, davletovfa@mail.ru, ORCID ID: 0000-0002-7421-869X;

K. P. Gainullina^{2,3}, Candidate of Biological Sciences, head of the laboratory for feed and grain crop breeding and seed production, senior researcher of the laboratory for plant genomics, karina28021985@yandex.ru, ORCID ID: 0000-0001-6246-1214

¹FSBEI HE “Bashkirsky State Agricultural University”,
450001, Republic of Bashkortostan, Ufa, 50-letie Oktyabrya Str., 34;

²Experimental Station “Ufimskaya”, separate structural unit of the FSBSI Ufa Federal Research Center of RAS,
450535, Republic of Bashkortostan, Ufa region, v. of Chernolesovsky, Topolinaya Str., 1;

³*Institute of Biochemistry and Genetics, separate structural unit of the FSBSI Ufa Federal Research Center of RAS, 450054, Republic of Bashkortostan, Ufa, Oktyabr Av., 71/ 1E*

Leguminous crops play an important role in providing the population with high-protein products and farm animals with feed. The correct selection and distribution of species and varieties of these crops in accordance with soil and climatic conditions have a significant impact on their productivity. The purpose of the current work was to estimate productivity of green mass, hay, grain, as well as the degree of development of traits that affect the productivity formation of peas, chickpeas, lentils, spring vetch, and fodder beans when grown in the southern forest-steppe of the Republic of Bashkortostan. The study was carried out in 2021–2023. Contrasting weather conditions made it possible to comprehensively estimate the material being studied. The objects of the study were the varieties of five types of leguminous crops 'Pamyati Popova' (peas), 'Sokol' (chickpeas), 'Nevesta' (lentils), 'Uzunovskaya 8' (spring vetch), 'Kalor' (fodder beans). The trials were carried out in accordance with the Methodology of State Variety Testing (2019). As a result of the research, there were identified leguminous crops that were the most adaptive in a number of parameters for cultivation in the Southern Urals of the Republic of Bashkortostan, namely peas, chickpeas, lentils with 65.7 ± 9.7 – 70.7 ± 9.4 days of a vegetation period; peas with a maximum growth rate before the budding phase; peas, chickpeas, spring vetch, fodder beans with the most developed root system; peas and spring vetch with the largest number (223.3 ± 13.3 – 236.0 ± 17.1 pieces, respectively) and weight (0.39 ± 0.04 – 0.45 ± 0.07 g, respectively) of nodules per 10 plants. The maximum productivity of green mass (7.41 – 7.47 t/ha) and hay (1.87 – 1.89 t/ha) was obtained from peas and spring vetch. The maximum productivity of seeds (1.48 – 1.51 t/ha) was from peas and chickpeas. Thus, there has been recommended to expand pea crops, including chickpeas and lentils in the crop rotation, and restoring spring vetch crops. To achieve consistently high yields of these leguminous crops, it is necessary to sow them in the early stages with seeds of higher reproductions, treated before sowing with appropriate disinfectants and microfertilizers.

Keywords: leguminous crops, vegetation period, growth rate, nodule-forming ability, productivity.

Введение. Интерес к возделыванию зернобобовых культур в России обусловлен их важным народнохозяйственным значением, связанным с широким применением в пищевых и кормовых целях. Зернобобовые культуры являются ценным источником растительного протеина, поэтому их выращивание способствует успешному решению проблемы кормового белка, а также увеличению ресурсов зерна в стране (Ашиев и др., 2018; Malovichko et al., 2020). В белке семян этих культур содержатся почти все незаменимые аминокислоты – триптофан, лизин, метионин, валин, треонин, фенилаланин, лейцин, изолейцин, необходимые для роста и развития живого организма. Их отсутствие в рационе приводит к нарушению обмена веществ и различным заболеваниям (Асадова, 2016).

По содержанию белка в семенах зернобобовые превышают зерновые злаковые культуры в 1,5–2,5 раза и более. Семена гороха, чечевицы и нута обладают хорошими вкусовыми качествами, их используют для приготовления самых разнообразных блюд; горох, кроме того, широко применяется в консервной промышленности. Зерно гороха, кормовых бобов, чечевицы, нута, убранный в сухую погоду, не теряет своих пищевых и вкусовых качеств в течение 10–12 лет, что имеет большое значение для создания продовольственных резервов страны (Jimenez-Lopez et al., 2020).

Зернобобовые культуры обладают ценной способностью связывать при помощи клубеньковых бактерий свободный азот воздуха. Поэтому они не нуждаются в азотных удобрениях и сами обогащают почву азотистыми соединениями. Благодаря данному свойству представители семейства Бобовые являются одними из лучших предшественников для зерновых пропашных культур (Степанов и др., 2023).

Несмотря на то что за последние годы производство зерновых бобовых культур в России

несколько увеличилось, оно все еще не полностью удовлетворяет потребности населения, особенно это касается чечевицы и нута. Чтобы создать изобилие высокобелковых продуктов и обеспечить население продовольствием, сельскохозяйственных животных – кормами, необходимо направить основное внимание на повышение урожайности зернобобовых. Важную роль в этом может сыграть улучшение селекционно-семеноводческой работы, а также разработка рекомендаций по рациональному размещению этих ценных высокобелковых культур в соответствии с почвенно-климатическими и экономическими условиями. Успешное решение перечисленных задач поможет сельхозтоваропроизводителям региона увеличить производство зернобобовых для полного обеспечения населения продуктами, богатыми протеином, а сельскохозяйственных животных – полноценными кормами.

В связи с вышеизложенным целью исследований стала сравнительная оценка урожайности зеленой массы и зерна основных зернобобовых культур в условиях Южной лесостепи Республики Башкортостан.

Материалы и методы исследований.

Исследования проводили в 2021–2023 гг. на полях научно-образовательного центра ФГБОУ ВО Башкирский ГАУ. Опытные поля университета расположены в зоне Южной лесостепи Республики Башкортостан. Погодные условия в годы проведения полевых опытов значительно различались по степени тепло- и влагообеспеченности. Так, 2021 и 2023 гг. характеризовались дефицитом влаги и повышенными температурами: ГТК составил 0,41 и 0,52 соответственно. Относительно благоприятными для роста и развития зернобобовых культур были метеосостояния периода вегетации в 2022 г. (ГТК = 1,30).

Почва на опытных участках представлена черноземом выщелоченным маломощным

среднесуглинистым. Кислотность почвенного раствора близка к нейтральной. Содержание гумуса – от 8,0 до 8,2 %, подвижного фосфора – 79 мг/кг, обменного калия – 108 мг/кг. Степень насыщенности основаниями составляет 90,0 %, сумма поглощенных оснований – 40,0 мг-экв на 100 г почвы. Содержание гумуса в почве определяли по Тюрину (ГОСТ 26213-91), фосфора и калия – по Мачигину (ГОСТ 26205-91).

Материалом для исследований послужили сорта пяти видов зернобобовых культур: гороха (*Pisum sativum* L.) – Памяти Попова, нута (*Cicer arietinum* L.) – Сокол, чечевицы (*Lens culinaris* Medik.) – Невеста, вики яровой (*Vicia sativa* L.) – Узуновская 8, кормовых бобов (*Vicia faba* L.) – Калор.

Посев проводили селекционной сеялкой. Повторность четырехкратная. Площадь делянки – 25 м². Предшественник – озимая рожь. Способ посева – обычный рядовой. Норма высева на 1 га: для гороха – 1,2 млн всхожих семян, для нута – 1,0 млн всхожих семян, для чечевицы – 2,2 млн всхожих семян, для вики яровой – 2,2 млн всхожих семян, для кормовых бобов – 0,9 млн всхожих семян.

Сравнительное изучение зернобобовых культур проводили по Методике государственного сортоиспытания сельскохозяйственных

культур (2019). Темпы роста растений, развитие корневой системы, урожайность зеленой массы, сена и зерна определяли в соответствии с Методическими указаниями по изучению коллекции зерновых бобовых культур (1975). Для учета числа и массы клубеньков на корнях растений использовали метод монолитов (Посыпанов, 1991). Статистическую обработку полученных данных проводили общепринятыми методами (Доспехов, 2014).

Результаты и их обсуждение. *Продолжительность фаз развития растений.* Результаты проведенного нами исследования показали, что у зернобобовых культур продолжительность вегетационного периода и сроки наступления фенологических фаз в значительной степени зависят от погодных условий, видового и сортового разнообразия. У сортов гороха, нута, чечевицы, вики яровой и кормовых бобов в среднем за 3 года исследований продолжительность межфазных периодов варьировала в широких пределах: «посев–всходы» – 11–14 сут., «всходы–цветение» – 38–44 сут., «цветение–созревание» – 27–34 сут., полного вегетационного периода – 66–78 сут., что объясняется особенностями генотипов изученных сортов и видов и их реакцией на погодные условия в период вегетации (табл. 1).

Таблица 1. Продолжительность вегетационного и межфазных периодов у зернобобовых культур (2021–2023 гг.)

Table 1. Length of the vegetation period and interphase periods for leguminous crops (2021–2023)

Вид, сорт	Период, сут.				± к контролю
	посев – всходы	всходы – цветение	цветение – созревание	всходы – созревание	
2021 г.					
Горох Памяти Попова – контроль	12	34	21	55	–
Нут Сокол	13	36	22	58	+3
Чечевица Невеста	13	37	23	60	+5
Вика яровая Узуновская 8	12	38	26	63	+8
Кормовые бобы Калор	15	39	27	66	+11
2022 г.					
Горох Памяти Попова – контроль	12	42	32	74	–
Нут Сокол	12	45	32	77	+3
Чечевица Невеста	13	46	32	78	+4
Вика яровая Узуновская 8	12	47	38	85	+11
Кормовые бобы Калор	15	48	39	87	+13
2023 г.					
Горох Памяти Попова – контроль	10	39	29	68	–
Нут Сокол	11	42	29	71	+3
Чечевица Невеста	11	43	31	74	+6
Вика яровая Узуновская 8	12	43	34	77	+9
Кормовые бобы Калор	13	45	35	80	+12
среднее за 2021–2023 гг.					
Горох Памяти Попова – контроль	11,3±1,1	38,3±4,0	27,3±5,7	65,7±9,7	–
Нут Сокол	12,0±1,0	41,0±4,6	27,7±5,1	68,7±9,7	+3,0
Чечевица Невеста	12,3±1,1	42,0±4,6	28,7±4,9	70,7±9,4	+5,0
Вика яровая Узуновская 8	12,0±0,0	42,7±4,5	32,7±6,1	75,0±11,1	+9,3
Кормовые бобы Калор	14,3±1,1	44,0±4,6	33,7±6,1	77,7±10,7	+12,0

Так, в среднем за 2021–2023 гг. длина вегетационного периода гороха сорта Памяти Попова составила 65,7±9,7 сут., нута сор-

та Сокол – 68,7±9,7 сут., чечевицы сорта Невеста – 70,7±9,4 сут., вики яровой сорта Узуновская 8 – 75,0±11,1 сут., кормовых бобов

сорта Калор – $77,7 \pm 10,7$ сут. Кроме того, в наших опытах продолжительность данного периода у каждого вида и сорта была тесно связана с обеспеченностью теплом и влагой. Так, например, под влиянием сухой и жаркой погоды в 2021 г., когда в период «всходы – цветение» выпало 30 мм осадков (59,1 % от среднесуточной нормы), а в период «цветение – созревание» – лишь 5,0 мм (8,3 % от среднесуточной нормы), продолжительность вегетационного периода у чечевицы сократилась на 18 сут., у гороха и нута – на 19 сут., у кормовых бобов – на 21 сут., у вики яровой – на 22 сут. по сравнению с благоприятным для роста и развития растений 2022 годом. Аналогичная ситуация наблюдалась и в 2023 г., когда повышенные температуры и недостаток влаги вызвали сокращение длины вегетационного периода у чечевицы на 4 сут., у гороха и нута – на 6 сут., у кормовых бобов – на 7 сут., у вики яровой – на 8 сут. по сравнению с 2022 г. (табл. 1).

Анализ результатов исследований показал, что горох, нут и чечевица являются среднеспелыми культурами. Период от всходов до полной спелости у них длился $65,7 \pm 9,7$ – $70,7 \pm 9,4$ сут. (в среднем за 2021–2023 гг.). Наибольшая продолжительность периода «всходы – созревание» была отмечена у вики яровой сорта Узуновская 8 и кормовых бобов сорта Калор – $75,0 \pm 11,1$ и $77,7 \pm 10,7$ сут. соответственно (табл. 1).

Темпы роста. У зернобобовых культур рост стеблей может продолжаться до полного созревания. Значительное влияние на темпы роста оказывают погодные условия. По данным В.Ф. Паниной (1965), изменение среднесуточной температуры воздуха в пределах $15-20^\circ\text{C}$ не влияет на интенсивность роста, ведущее значение имеют осадки за период «всходы–цветение». Наши исследования по изучению темпов роста у зернобобовых культур подтвердили это положение.

Сравнительную оценку темпов роста гороха, нута, чечевицы, вики, кормовых бобов проводили в 2021–2023 гг. в специальном питомнике в период от полных всходов до образования бобов. На каждой делянке проводили измерения у 20 растений с интервалом в 7 суток. Среди изученных нами зернобобовых культур по интенсивности прироста стебля выделился горох сорта Памяти Попова. В засушливом 2021 г. среднесуточный прирост растений гороха в высоту составил $0,8-1,1$ см, в благоприятном 2022 г. – $3-4$ см в период «всходы–цветение», когда выпало 123,9 мм осадков. Максимальный среднесуточный прирост наблюдался в фазу цветения и достигал 5,0 см в сутки.

Сорта чечевицы и нута в наших исследованиях характеризовались самым медленным темпом роста стебля, особенно до фазы бутонизации. В среднем за 2021–2023 гг. в период созревания высота стебля у данных культур составила $35,3 \pm 6,6$ – $48,5 \pm 7,9$ см (табл. 2).

Таблица 2. Длина стебля у зернобобовых культур в период созревания (2021–2023 гг.)
Table 2. Stem length of leguminous crops during a ripening phase (2021–2023)

Вид, сорт	Длина стебля, см				± к контролю
	2021 г.	2022 г.	2023 г.	среднее	
Горох Памяти Попова – контроль	$45,0 \pm 1,2$	$68,4 \pm 2,1$	$52,2 \pm 1,7$	$55,2 \pm 12,0$	–
Нут Сокол	$49,2 \pm 1,5$	$56,1 \pm 1,7$	$40,3 \pm 1,3$	$48,5 \pm 7,9$	-6,7
Чечевица Невеста	$30,5 \pm 0,8$	$42,8 \pm 1,2$	$32,6 \pm 1,0$	$35,3 \pm 6,6$	-19,9
Вика яровая Узуновская 8	$48,3 \pm 1,0$	$69,3 \pm 2,3$	$54,5 \pm 1,5$	$57,4 \pm 10,8$	+2,2
Кормовые бобы Калор	$56,6 \pm 2,3$	$81,0 \pm 3,0$	$60,0 \pm 2,0$	$65,9 \pm 13,2$	+10,7

В целом у всех изученных нами зернобобовых культур прирост стебля увеличивался к фазе массового цветения и существенно уменьшался по мере формирования бобов, особенно у гороха. У кормовых бобов и вики яровой интенсивный рост после бутонизации привел к удлинению вегетационного периода. Для возделывания в агроклиматических условиях Республики Башкортостан наиболее пригодны зернобобовые культуры, интенсивно

растущие до фазы бутонизации и с быстро затухающим ростом после цветения, что обеспечивает лучшее созревание семян.

Корневая система. В наших исследованиях в среднем за 3 года наибольшее углубление вертикально растущих корней было отмечено в период созревания семян у сортов гороха – $103,3 \pm 2,6$ см, нута – $110,9 \pm 2,8$ см, кормовых бобов – $112,2 \pm 3,6$ см, вики яровой – $102,0 \pm 6,0$ см; наименьшее у чечевицы – $78,1 \pm 5,6$ см (табл. 3).

Таблица 3. Показатели развития корневой системы зернобобовых культур в период созревания семян (2021–2023 гг.)
Table 3. Indicators of development of leguminous crops' root system during seed ripening (2021–2023)

Вид, сорт	Длина вертикальных корней, см				± к контролю
	2021 г.	2022 г.	2023 г.	среднее	
Горох Памяти Попова – контроль	$102,3 \pm 2,1$	$101,4 \pm 2,2$	$106,3 \pm 1,7$	$103,3 \pm 2,6$	–
Нут Сокол	$114,0 \pm 2,0$	$108,5 \pm 1,5$	$110,1 \pm 1,9$	$110,9 \pm 2,8$	+7,6
Чечевица Невеста	$78,6 \pm 1,2$	$72,3 \pm 1,3$	$83,5 \pm 1,5$	$78,1 \pm 5,6$	-25,2
Вика яровая Узуновская 8	$101,4 \pm 1,8$	$96,4 \pm 1,6$	$108,3 \pm 1,9$	$102,0 \pm 6,0$	-1,3
Кормовые бобы Калор	$113,2 \pm 2,2$	$108,2 \pm 2,1$	$115,2 \pm 2,2$	$112,2 \pm 3,6$	+8,9

Продолжение табл. 3

Вид, сорт	2021 г.	2022 г.	2023 г.	среднее	± к контролю
Длина боковых корней, см					
Горох Памяти Попова – контроль	14,3±0,6	19,2±0,8	16,4±0,7	16,6±2,5	–
Нут Сокол	18,5±0,9	19,6±0,9	19,2±0,8	19,1±0,6	+2,5
Чечевица Невеста	12,6±0,4	14,3±0,5	14,0±0,3	13,6±0,9	-3,0
Вика яровая Узуновская 8	15,5±0,5	18,0±0,6	17,3±0,6	16,9±1,3	+0,3
Кормовые бобы Калор	28,0±1,0	26,1±0,9	29,0±1,2	27,7±1,5	+11,1

Изученные нами зернобобовые культуры значительно различались между собой и по распределению корней в горизонтальном направлении (боковых корней). Так, в среднем за 2021–2023 гг. у чечевицы сорта Невеста они распространялись на расстояние 13,6±0,9 см, у гороха сорта Памяти Попова, вики яровой сорта Узуновская 8, нута сорта Сокол – соответственно на 16,6±2,5; 16,9±1,3; 19,1±0,6 см. У кормовых бобов сорта Калор длина боковых корней достигала 27,7±1,5 см. Таким образом, наиболее развитой корневой системой обладали сорта гороха, нута, вики яровой и кормовых бобов.

Оценка клубенькообразующей способности. Зернобобовые культуры значительно раз-

личаются между собой по способности фиксировать атмосферный азот за счет симбиоза с различными расами клубеньковых бактерий. Интенсивность развития последних связана с фазой развития растений. Так, например, к концу цветения при наличии влаги в почве количество клубеньков на корнях возрастает и достигает своего максимума (Жуков и др., 2008).

В наших опытах в 2022 г. в условиях достаточного увлажнения на корнях растений изученных зернобобовых культур формировалось несколько больше клубеньков, чем в 2021 и 2023 гг., которые были засушливыми (табл. 4).

Таблица 4. Количество и вес клубеньков на корнях растений зернобобовых культур (2021–2023 гг.)
Table 4. Number and weight of nodules on the leguminous crops' roots (2021–2023)

Вид, сорт	2021 г.	2022 г.	2023 г.	среднее	± к контролю
Количество клубеньков на 10 растениях, шт.					
Горох Памяти Попова – контроль	218	252	238	236,0±17,1	–
Нут Сокол	198	232	203	211,0±18,4	-25
Чечевица Невеста	182	212	218	204,0±19,3	-32
Вика яровая Узуновская 8	212	238	220	223,3±13,3	-12,7
Кормовые бобы Калор	190	205	211	202,0±10,8	-34
Вес клубеньков с 10 растений, г					
Горох Памяти Попова – контроль	0,37	0,51	0,46	0,45±0,07	–
Нут Сокол	0,34	0,41	0,30	0,35±0,06	-0,10
Чечевица Невеста	0,28	0,34	0,37	0,33±0,05	-0,12
Вика яровая Узуновская 8	0,35	0,42	0,39	0,39±0,04	-0,06
Кормовые бобы Калор	0,30	0,34	0,38	0,34±0,04	-0,11

Как видно из данных таблицы 4, у сортов гороха, нута, чечевицы, вики яровой, кормовых бобов количество клубеньков на 10 растениях в среднем за три года изучения варьировало от 202,0±10,8 до 236,0±17,1 шт. По годам изучения число клубеньков на 10 растениях зернобобовых культур колебалось от 182 до 218 шт. в 2021 г., от 205 до 252 шт. в 2022 г., от 203 до 238 шт. в 2023 году. В наших опытах наибольшее число клубеньков формировали горох и вика яровая.

У нута, чечевицы, кормовых бобов вес клубеньков с 10 растений по годам составил соответственно: в 2021 г. – 0,34; 0,28; 0,30; в 2022 г. – 0,41; 0,34; 0,34; в 2023 г. – 0,30; 0,37;

0,38 г. У гороха и вики яровой вес клубеньков с 10 растений колебался по годам соответственно от 0,37 до 0,51 г и от 0,35 до 0,42 г (табл. 4).

Урожайность зеленой массы и качественный состав сена. Возделывание зернобобовых культур играет важную роль в получении высокобелкового корма в виде зеленой массы и сена, а также зерна, обладающего ценными пищевыми и кормовыми свойствами (Гатаулина и Бельшкшина, 2017). В наших исследованиях в среднем за 3 года наибольшей урожайностью зеленой массы выделились горох сорта Памяти Попова (7,47 т/га), вика яровая сорта Узуновская 8 (7,41 т/га), наименьшим – нут сорта Сокол (4,61 т/га) (табл. 5).

Таблица 5. Урожайность зеленой массы, качественный состав сена зернобобовых культур в фазе начала цветения (в среднем за 2021–2023 гг.)

Table 5. Productivity of green mass, qualitative composition of hay of leguminous crops in the early flowering phase (mean in 2021–2023)

Вид, сорт	Урожайность, т/га		Содержание в сене, %		
	зеленой массы	сена	стеблей	листьев	бобов
Горох Памяти Попова – контроль	7,47	1,89	43,0±1,5	23,7±1,2	33,3±1,3
Нут Сокол	4,61	1,27	46,7±1,8	21,3±1,0	32,0±1,0
Чечевица Невеста	5,07	1,39	43,8±2,0	22,7±1,0	33,5±1,2
Вика яровая Узуновская 8	7,41	1,87	42,8±1,3	24,3±1,3	32,9±0,9
Кормовые бобы Калор	7,07	1,77	52,5±2,0	21,5±1,1	26,0±0,8
НСР ₀₅ , т/га	0,45	0,15	–	–	–

По сбору сена горох (1,89 т/га) и вика яровая (1,87 т/га) также превосходили другие зернобобовые культуры (табл. 5). Кроме высокой урожайности, сено гороха и вики яровой отличалось высоким качеством: в его составе содержится соответственно 33,3±1,3; 32,9±1,0 % бобов и 23,7±1,2; 24,3±1,3 % листьев, поэтому оно охотно поедается скотом в смеси с сеном зерновых культур (табл. 5). У кормовых бобов и нута преобладающей частью сена являются стебли. В стеблях и листьях нута содержится много яблочной и щавелевой кислоты. В связи с этим сено и зеленая масса данных зернобобовых культур животными практически не поедаются.

Урожайность семян. В полевых опытах, проведенных в равных условиях, урожайность семян изученных нами зернобобовых культур была различной и изменялась по годам. Относительно высокий урожай был получен в благоприятном для роста и развития растений 2022 г., низкий – в острозасушливом 2021 году. В среднем за 2021–2023 гг. урожайность семян гороха (сорт Памяти Попова) составила 1,70 т/га, нута (сорт Сокол) – 1,66 т/га, чечевицы (сорт Невеста) – 1,48 т/га, вики яровой (сорт Узуновская 8) – 1,51 т/га, кормовых бобов (сорт Калор) – 0,93 т/га (табл. 6).

Таблица 6. Урожайность семян зернобобовых культур, т/га (2021–2023 гг.)

Table 6. Productivity of leguminous crops' seeds, t/ha (2021–2023)

Вид, сорт	2021 г.	2022 г.	2023 г.	среднее	± к контролю
Горох памяти Попова – контроль	1,25	2,34	1,51	1,70±0,57	–
Нут Сокол	1,38	2,12	1,48	1,66±0,40	-0,04
Чечевица Невеста	1,10	2,01	1,32	1,48±0,47	-0,22
Вика яровая Узуновская 8	1,15	2,02	1,37	1,51±0,45	-0,19
Кормовые бобы Калор	0,72	1,13	0,93	0,93±0,21	-0,77
НСР ₀₅ , т/га	0,11	0,10	0,09	–	–

Как видно из данных таблицы 6, урожайность семян у разных видов зернобобовых культур варьировала от 0,72 до 1,38 т/га в 2021 г., от 1,13 до 2,34 т/га в 2022 г., от 0,93 до 1,51 т/га в 2023 году. Во все годы наиболее высокой урожайностью зерна отличались горох и нут.

Результаты наших исследований подтверждают, что при жаркой погоде с незначительным количеством или неравномерным распределением выпавших осадков развитие растений ускоряется, период накопления биомассы сокращается, и это сопровождается снижением урожайности. В наших опытах наименее приспособленными к засушливым жарким условиям оказались кормовые бобы: в среднем за 3 года урожайность их семян была на 0,77 т/га ниже по сравнению с горохом (табл. 6).

Элементы продуктивности. Продуктивность является основным показателем при оценке хозяйственной ценности сортов и зависит от их генетических особенностей

и факторов внешней среды. Продуктивность зернобобовых культур складывается из следующих элементов: число семян с растения, масса 1000 семян (Гайнуллина и др., 2022).

В наших опытах число семян с растения в среднем за три года исследований составило: угороха – 12,7±1,4 шт., у нута – 11,9±1,3 шт., у чечевицы – 14,8±1,6 шт., у вики яровой – 17,0±1,6 шт., у кормовых бобов – 9,7±0,3 шт. (табл. 7).

Наибольшее число семян с растения отмечено у двух культур: вики яровой (сорт Узуновская 8) и чечевицы (сорт Невеста), наименьшее – у кормовых бобов (сорт Калор). В 2021–2023 гг. при среднесуточной температуре воздуха в период цветения и плодообразования 20,7–22,6 °С и влажности почвы 8,0–8,5 % на растениях сорта Калор завязывалось малое количество бобов, и выполненность их была низкой (менее 40 %). В этих неблагоприятных для кормовых бобов погодных условиях на растениях формировалось минимальное число семян.

Таблица 7. Элементы продуктивности зернобобовых культур (2021–2023 гг.)
Table 7. Productivity elements of leguminous crops (2021–2023)

Вид, сорт	Число продуктивных стеблей, шт./м ²	Число семян с растения, шт.	Масса семян с растения, г	Масса 1000 семян, г
2021 год				
Горох памяти Попова – контроль	97	10,0±1,5	1,34±0,22	160
Нут Сокол	88	9,4±0,7	1,70±0,36	190
Чечевица Невеста	190	12,0±1,5	0,74±0,10	60
Вика яровая Узуновская 8	193	15,0±1,7	0,83±0,10	55
Кормовые бобы Калор	83	2,5±0,3	0,88±0,10	350
2022 год				
Горох памяти Попова – контроль	99	17,0±1,8	2,81±0,30	170
Нут Сокол	89	16,0±1,6	2,87±0,39	180
Чечевица Невеста	195	18,5±1,9	1,10±0,20	60
Вика яровая Узуновская 8	200	20,0±1,3	1,15±0,11	57
Кормовые бобы Калор	89	3,1±0,3	1,06±0,10	345
2023 год				
Горох памяти Попова – контроль	101	11,0±1,0	1,70±0,42	160
Нут Сокол	89	10,2±1,6	1,68±0,24	165
Чечевица Невеста	185	14,0±1,5	0,89±0,10	63
Вика яровая Узуновская 8	180	16,0±1,7	0,95±0,12	59
Кормовые бобы Калор	88	2,6±0,3	0,93±0,10	358
среднее за 2021–2023 гг.				
Горох памяти Попова – контроль	99,0±2,0	12,7±1,4	1,95±0,31	163,3±5,8
Нут Сокол	88,7±0,6	11,9±1,3	2,08±0,33	178,3±12,6
Чечевица Невеста	190,0±5,0	14,8±1,6	0,91±0,13	61,0±1,7
Вика яровая Узуновская 8	191,0±10,1	17,0±1,6	0,98±0,11	57,0±2,0
Кормовые бобы Калор	86,7±3,2	9,7±0,3	0,96±0,10	351,0±6,6

По крупности семян в среднем за 2021–2023 гг. выделялись кормовые бобы с массой 1000 семян 351,0±6,6 г. Наименьшей массой 1000 семян характеризовались чечевица (61,0±1,7 г) и вика яровая (57,0±2,0 г). Горох и нут имели среднекрупные семена – 163,3±5,8 и 178,3±12,6 г соответственно (табл. 7).

Масса семян с растения в наших исследованиях в среднем за три года составила: у гороха – 1,95±0,31 г, у нута – 2,08±0,33 г, у чечевицы – 0,91±0,13 г, у вики яровой – 0,98±0,11 г, у кормовых бобов – 0,96±0,10 г (табл. 7). По семенной продуктивности изученные нами зернобобовые культуры были разбиты на 2 класса:

1) продуктивные (масса семян с растения ≥1,5 г): горох сорта Памяти Попова, нут сорта Сокол;

2) менее продуктивные (масса семян с растения <1,5 г): чечевица сорта Невеста, вика яровая сорта Узуновская 8, кормовые бобы сорта Калор.

Выводы. В Южной лесостепной зоне Республики Башкортостан сорта многих зернобобовых культур, внесенные в Государственный

реестр селекционных достижений и допущенные к использованию по Уральскому региону Российской Федерации, при надлежащей агротехнике возделывания дают высокие урожаи зерна, зеленой массы и сена. Необходимо пересмотреть возделываемый в республике в полевых и кормовых севооборотах видовой состав зернобобовых культур и включить в него наиболее урожайные из них. Так, наряду с возделыванием гороха, рекомендуется внедрить нут, чечевицу, восстановить посевы вики яровой. Для получения высоких и устойчивых урожаев этих зернобобовых культур в условиях Республики Башкортостан их посев следует проводить в ранние сроки семенами высших репродукций, обработанными перед посевом соответствующими протравителями и микроудобрениями.

Финансирование. Исследование К.П. Гайнуллиной выполнено в рамках государственного задания Минобрнауки России № 122030200143-8, работы Ф.А. Давлетова поддержаны грантом Минобрнауки РФ № 075-15-2021-549 от 31 мая 2021 г.

Библиографические ссылки

1. Асадова, А. И. Бобовые как альтернативный источник белка в повседневном рационе человека // Знание. 2016. № 6-1(35). С. 30–36.
2. Ашиев А. Р., Хабибуллин К. Н., Костылев П. И., Игнатъева Н. Г. Изучение генетического потенциала сортообразцов гороха разных морфотипов в условиях Ростовской области // Зерновое хозяйство России. 2018. № 1(55). С. 47–52.
3. Гайнуллина К. П., Кулуев Б. Р., Давлетов Ф. А. Создание исходного материала для селекции гороха методом химического мутагенеза и оценка его генетического разнообразия с исполь-

- зованием SSR-маркеров // Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции. 2022. Т. 183, № 3. С. 111–122. DOI: 10.30901/2227-8834-2022-3-111-122
4. Гатаулина Г.Г., Бельшклина М.Е. Соя и другие зернобобовые культуры: импортировать или производить? // Достижения науки и техники АПК. 2017. Т. 31, № 8. С. 5–11.
5. Доспехов, Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). 6-е изд., перераб. и доп., стереотип. М.: Альянс, 2014. 352 с.
6. Жуков В.А., Рычагова Т.С., Штарк О.Ю., Борисов А.Ю., Тихонович И.А. Генетический контроль специфичности взаимодействия бобовых растений с клубеньковыми бактериями // Экологическая генетика. 2008. Т. 6, № 4. С. 12–19.
7. Панина, В.Ф. Показатели оценки агрометеорологических условий формирования урожая гороха // Метеорология и гидрология. 1965. № 2. С. 27–29.
8. Посыпанов, Г.С. Методы изучения биологической фиксации азота воздуха. М.: Агропромиздат, 1991. 299 с.
9. Степанов А.Ф., Чибис С.П., Христич В.В., Александрова С.Н., Храмов С.Ю. Азотфиксирующая способность и роль бобовых трав в биологизации земледелия // Земледелие. 2023. № 1. С. 18–22. DOI: 10.24412/0044-3913-2023-1-18-22
10. Jimenez-Lopez J.C., Singh K.B., Clemente A., Nelson M.N., Ochatt S., Smith P.M. Legumes for global food security // Frontiers in Plant Science. 2020. Vol. 11, Article number: 926. DOI:10.3389/fpls.2020.00926
11. Malovichko Y.V., Shtark O.Y., Vasileva E.N., Nizhnikov A.A., Antonets K.S. Transcriptomic insights into mechanisms of early seed maturation in the garden pea (*Pisum sativum* L.) // Cells. 2020. Vol. 9(3), P. 779–810. DOI: 10.3390/cells9030779

References

1. Asadova, A.I. Bobovye kak al'ternativnyi istochnik belka v povsednevnom ratsione cheloveka [Legumes as an alternative source of protein in the daily human diet] // Znanie. 2016. № 6-1(35). S. 30–36.
2. Ashiev A.R., Khabibullin K.N., Kostylev P.I., Ignat'eva N.G. Izuchenie geneticheskogo potentsiala sortoobraztsov gorokha raznykh morfotipov v usloviyakh Rostovskoi oblasti [Study of the genetic potential of pea varieties of different morphotypes in the Rostov region] // Zernovoe khozyaistvo Rossii. 2018. № 1(55). S. 47–52.
3. Gainullina K.P., Kuluev B.R., Davletov F.A. Sozdanie iskhodnogo materiala dlya selektsii gorokha metodom khimicheskogo mutageneza i otsenka ego geneticheskogo raznoobraziya s ispol'zovaniem SSR-markero [Development of initial material for pea breeding using chemical mutagenesis and estimation of its genetic diversity using SSR markers] // Trudy po prikladnoi botanike, genetike i selektsii. 2022. Т. 183, № 3. С. 111–122. DOI: 10.30901/2227-8834-2022-3-111-122
4. Gataulina G.G., Belyshkina M.E. Soya i drugie zernobobovye kul'tury: importirovat' ili proizvodit'? [Soybeans and other leguminous crops: import or produce?] // Dostizheniya nauki i tekhniki APK. 2017. Т. 31, № 8. С. 5–11.
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)]. 6-е изд., перераб. и доп., стереотип. М.: Альянс, 2014. 352 с.
6. Zhukov V.A., Rychagova T.S., Shtark O. Yu., Borisov A. Yu., Tikhonovich I.A. Geneticheskii kontrol' spetsifichnosti vzaimodeistviya bobovykh rastenii s kluben'kovymi bakteriyami [Genetic control of the interaction specificity between legumes and nodule bacteria] // Ekologicheskaya genetika. 2008. Т. 6, № 4. С. 12–19.
7. Panina, V.F. Pokazateli otsenki agrometeorologicheskikh uslovii formirovaniya urozhaya gorokha [Indicators for estimating agrometeorological conditions for pea productivity formation] // Meteorologiya i gidrologiya. 1965. № 2. С. 27–29.
8. Posypanov, G.S. Metody izucheniya biologicheskoi fiksatsii azota vozdukha [Methods for studying the biological fixation of air nitrogen]. М.: Агропромиздат, 1991. 299 с.
9. Stepanov A.F., Chibis S.P., Khristich V.V., Aleksandrova S.N., Khramov S. Yu. Azotfiksiruyushchaya sposobnost' i rol' bobovykh trav v biologizatsii zemledeliya [Nitrogen-fixing ability and the role of leguminous grasses in biologization of agriculture] // Zemledelie. 2023. № 1. С. 18–22. DOI: 10.24412/0044-3913-2023-1-18-22
10. Jimenez-Lopez J.C., Singh K.B., Clemente A., Nelson M.N., Ochatt S., Smith P.M. Legumes for global food security // Frontiers in Plant Science. 2020. Vol. 11, Article number: 926. DOI: 10.3389/fpls.2020.00926
11. Malovichko Y.V., Shtark O.Y., Vasileva E.N., Nizhnikov A.A., Antonets K.S. Transcriptomic insights into mechanisms of early seed maturation in the garden pea (*Pisum sativum* L.) // Cells. 2020. Vol. 9(3), P. 779–810. DOI: 10.3390/cells9030779

Поступила: 07.02.24; доработана после рецензирования: 22.02.24; принята к публикации: 01.03.24.

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. Давлетов Ф.А. – концептуализация исследования; Юлдыбаев И.Р. – выполнение опытов и сбор данных; Гайнуллина К.П. – анализ данных и их интерпретация, подготовка рукописи.

Все авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.

ОЦЕНКА ПАРАМЕТРОВ АДАПТИВНОСТИ ОБРАЗЦОВ ОЗИМОЙ МЯГКОЙ ПШЕНИЦЫ ПРИ РАЗЛИЧНЫХ СРОКАХ ПОСЕВА В УСЛОВИЯХ ЛЕСОСТЕПИ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ

А. С. Сурначёв, научный сотрудник лаборатории селекции, семеноводства и технологии возделывания полевых культур, Alexsurnachov@mail.ru, ORCID ID: 0000-0002-3917-0950;

К. К. Мусинов, кандидат сельскохозяйственных наук, научный сотрудник лаборатории селекции, семеноводства и технологии возделывания полевых культур, musinov29@gmail.com, ORCID ID: 0000-0002-4500-836X

Сибирский научно-исследовательский институт растениеводства и селекции – филиал Федерального исследовательского центра Института цитологии и генетики Сибирского отделения Российской академии наук, 630501 Новосибирская обл., р. пос. Краснообск, ул. С-200, зд. 5/1; e-mail: sibniirs@bk.ru

В статье представлена трехлетняя оценка образцов озимой пшеницы по показателям адаптивности по признакам «урожайность», «зимостойкость», «масса 1000 зерен», «количество продуктивных стеблей на м²». Цель проведенных исследований – оценка адаптивного потенциала сортов озимой мягкой пшеницы в условиях лесостепи Западной Сибири при различных сроках посева. Исследования проводили в 2018–2022 гг. на базе СибНИИРС – филиала ИЦиГ СО РАН (Новосибирская область) в лаборатории селекции, семеноводства и технологии возделывания полевых культур. В качестве объекта исследования использовали 5 сортов озимой мягкой пшеницы селекции СибНИИРС – филиала ИЦиГ СО РАН. Посев проводили в три срока (первый – 20 августа, второй – 1 сентября и третий – 10 сентября) сеялкой ССФК-7 в 5 повторениях, учетная площадь делянки – 10 м², размещение делянок рендомизированное, предшественник чистый пар. В результате проведенных исследований установлено, что по признаку «урожайность» сочетают экологическую пластичность и стабильность сорта Новосибирская 2 ($b_i = 1,42$; $\delta d^2 = 0,08$) и Новосибирская 3 ($b_i = 1,35$; $\delta d^2 = 0,08$). Сорт Новосибирская 3 также сочетает пластичность и стабильность по признаку «количество продуктивных стеблей на м²» ($b_i = 1,09$; $\delta d^2 = 468,94$). Сорт Краснообская озимая способен стабильно показывать высокую урожайность ($(Y_{\max} + Y_{\min})/2 = 4,92$; $(Sc = 3,42)$; $Hom = 26,2$) и сохранять густоту продуктивного стеблестоя ($(Y_{\min} - Y_{\max}) = -280$; $Sc = 280,8$; $(Y_{\min} + Y_{\max})/2 = 513$; $Hom = 8,9$) при разных сроках посева. Сорт Памяти Чекурова является отзывчивым на улучшения условий среды по признакам «урожайность» ($b_i = 1,10$; $KM = 2,20$), «зимостойкость» ($b_i = 1,53$; $KM = 2,72$), «количество продуктивных стеблей на м²» ($b_i = 1,22$; $KM = 2,2$).

Ключевые слова: озимая пшеница, урожайность, адаптивность, стабильность, пластичность, коэффициент мультипликативности, гомеостатичность.

Для цитирования: Сурначёв А. С., Мусинов К. К. Оценка параметров адаптивности образцов озимой мягкой пшеницы при различных сроках посева в условиях лесостепи Западной Сибири // Зерновое хозяйство России. 2024. Т. 16, № 2. С. 21–28. DOI: 10.31367/2079-8725-2024-91-2-21-28.



ESTIMATION OF ADAPTABILITY PARAMETERS OF WINTER COMMON WHEAT SAMPLES AT DIFFERENT SOWING DATES IN THE FOREST-STEPPE OF WESTERN SIBERIA

A. S. Surnachev, researcher of the laboratory for field crop breeding, seed production and cultivation technologies, Alexsurnachov@mail.ru, ORCID ID: 0000-0002-3917-0950;

K. K. Musinov, Candidate of Agricultural Sciences, researcher of the laboratory for field crop breeding, seed production and cultivation technologies, musinov29@gmail.com, ORCID ID: 0000-0002-4500-836X
Siberian Research Institute of Plant Cultivation and Breeding, the branch of Institute of Cytology and Genetics, Siberian Branch of RAS,

630501, Novosibirsk region, v. of Krasnoobsk, S-200 Str., building 5/1; e-mail: sibniirs@bk.ru

There has been presented a three-year estimation of winter wheat samples according to adaptability indicators, the trait 'productivity', 'winter resistance', '1000-grain weight', and 'number of productive stems per m²'. The purpose of the study was to estimate the adaptive potential of winter common wheat varieties in the forest-steppe of Western Siberia at different sowing dates. The study was conducted in the laboratory for field crop breeding, seed production and cultivation technologies based on SibRIPCБ, the branch of Institute of Cytology and Genetics, SB RAS (Novosibirsk region) in 2018–2022. The objects of study were 5 winter common wheat varieties developed by the SibRIPCБ, a branch of the Institute of Cytology and Genetics SB RAS. Sowing was carried out in three periods (the first was in August 20, the second was in September 1 and the third was in September 10) with an SSFC-7 seeder in 5 repetitions, the recording plot area was 10 m², the placement of the plots was randomized, the crops were laid in weedfree fallow. As a result, there was established that, according to the trait 'productivity', the varieties 'Novosibirskaya 2' ($b_i = 1,42$; $\delta d^2 = 0,08$) and 'Novosibirskaya 3' ($b_i = 1,35$; $\delta d^2 = 0,08$) combined ecological adaptability and stability. The variety 'Novosibirskaya 3' also combined adaptability and stability according to the trait 'number of productive stems per m²' ($b_i = 1,09$;

$\delta d^2 = 468.94$). The winter variety 'Krasnoobskaya' is capable of consistently giving high yields $((Y_{\max} + Y_{\min})/2 = 4.92$; $(Sc = 3.42)$; $Hom = 26.2$) and maintaining the density of productive stems $((Y_{\min} - Y_{\max}) = -280$; $Sc = 280.8$; $(Y_{\min} + Y_{\max})/2 = 513$; $Hom = 8.9$) at different sowing dates. The variety 'Pamyati Chekurova' is responsive to improvements in environmental conditions according to the trait 'productivity' ($b_1 = 1.10$; $KM = 2.20$), 'winter resistance' ($b_1 = 1.53$; $KM = 2.72$), 'number of productive stems per m^2 ' ($b_1 = 1.22$; $KM = 2.2$).

Keywords: winter wheat, productivity, adaptability, stability, plasticity, multiplicative coefficient, homeostaticity.

Введение. Озимая пшеница является одной из ведущих культур среди зерновых. Ее используют в хлебопекарной, кондитерской, макаронной, ликеро-водочной и других отраслях пищевой промышленности. Озимая пшеница обладает высоким биологическим потенциалом урожайности, реализация которого существенно зависит от условий ее возделывания.

Внедрение новых сортов пшеницы, отзывчивых к современным приемам агротехники и адаптированных к конкретным условиям выращивания, обеспечивает получение высоких урожаев и способствует увеличению посевных площадей (Рустамов и др., 2020; Тедеева и Тедеева, 2023). Основная задача селекции – получение и внедрение в производство сортов не только с высокой, но и стабильной урожайностью. Сорта должны быть устойчивыми к экологическим факторам среды и обеспечивать стабильность урожая в различных агроклиматических условиях (Сафонова и Анисков, 2023). Идеальный сорт пшеницы должен быть высокоурожайным при любых условиях окружающей среды. Изучение генотипов в различных средах помогает определить сорта с широкой адаптацией и специфичностью для конкретных условий (Dique et al., 2023).

Урожайность является наследуемым признаком, но на нее оказывает сильное влияние сложное взаимодействие генотипа с условиями окружающей среды (Рустамов и др., 2020; Сапега и Турсумбекова, 2020; Ерошенко и др., 2022; Сафонова и Анисков, 2023). Реакцию генотипов на изменение условий выращивания характеризуют показатели адаптивных особенностей сорта. Адаптивность – это способность растений реализовать свой продуктивный потенциал в конкретной среде или заданных условиях (Coan et al., 2018; Ерошенко и др., 2022). Свойства организмов адаптироваться к произрастанию в той или иной среде называется экологической пластичностью. Чем шире норма реакции к изменению фактора среды, тем больше его экологическая пластичность. Экологическая стабильность сортов – способность постоянно формировать высокую продуктивность в различных средах и широком разнообразии погодных, а также агротехнических условий (Coan et al., 2018; Ерошенко и др., 2022). Адаптивный сорт обладает экологической пластичностью, сочетает стабильно высокую продуктивность, устойчивость к различным неблагоприятным условиям (Юсова и др., 2020; Рустамов и др., 2020).

Для регионов с контрастными погодными условиями, таких как Западная Сибирь, где резкая континентальность климата определяет неустойчивость зернового произ-

водства, селекция должна иметь ярко выраженную адаптивную направленность (Сапега и Турсумбекова, 2020; Юсова и др., 2020).

Срок посева – агротехнический прием, который синхронизирует стадии роста растений с оптимальными климатическими условиями, что оказывает существенное влияние на их продуктивность (Глыва, 2016; Wen et al., 2023).

Слишком ранний или поздний срок посева влияет на дифференциацию колоса и кущение, а также на формирование урожая пшеницы. Оптимизация сроков посева может обеспечить более высокую потенциальную урожайность. (Глыва, 2016; Тедеева и Тедеева, 2023; Wen et al., 2023).

В случае раннего посева у озимой пшеницы увеличивается период осенней вегетации, растения развивают большую вегетативную массу, чрезмерно кустятся. Переросшие растения начинают активно использовать запасные вещества и снижают зимостойкость. Также при раннем севе растения сильнее повреждаются вредителями и болезнями и более подвержены выпреванию. При позднем посеве период всходов растягивается, растения часто не успевают осенью раскуститься, развить достаточную корневую систему и надземную массу (Глыва, 2016; Тедеева и Тедеева, 2023).

В этой связи важно проводить изучение реакции сортов на изменение отдельных элементов технологии возделывания, в частности срока посева. Стабильность основных характеристик генотипа в изменяющихся условиях имеет большое значение для селекционеров. Поэтому крайне важно оценить мультиклиматическую устойчивость сортов при разных сроках посева.

Цель проведенных исследований – оценка адаптивного потенциала сортов озимой мягкой пшеницы в условиях лесостепи Западной Сибири при различных сроках посева.

Материалы и методы исследований. Исследования проводили в 2018–2022 гг. на базе СибНИИРС – филиала ИЦиГ СО РАН (Новосибирская область, р.п. Краснообск) в лаборатории селекции, семеноводства и технологии возделывания полевых культур.

Почвенный покров опытного поля представлен черноземом выщелоченным среднесильным малогумусным среднесуглинистым. Содержание гумуса в пахотном слое 4,0–5,0 % (по Тюрину), содержание K_2O – 104 мг/кг почвы, P_2O_5 – 284 (по Чирикову).

В качестве объекта исследования использовали 5 сортов озимой мягкой пшеницы селекции СибНИИРС – филиала ИЦиГ СО РАН, из которых 2 сорта – Краснообская озимая и Памяти Чекурова – были районированы

и внесены в Государственный реестр селекционных достижений в процессе проведения исследования в 2021 и 2023 гг. соответственно. Для определения адаптивных показателей сортов озимой пшеницы при различающихся агротехнологических условиях (срок посева) посев проводили в три срока (первый – 20 августа, второй – 1 сентября и третий – 10 сентября) сеялкой ССФК-7 в 5 повторениях, учетная площадь делянки – 10 м², размещение делянок рендомизированное, предшественник чистый пар. Применяемая агротехника – общепринятая для возделывания озимых зерновых культур в Западной Сибири. Все сорта изучались на естественном фоне без внесения удобрения и средств защиты от болезней и вредителей. Уборку проводили при наступлении фазы полной спелости прямым комбайнированием селекционным зерноуборочным комбайном Sampro-130. Опыт заложен в соответствии с принятой методикой Б.А. Доспехова (2014). Полевые и лабораторные наблюдения, учеты и оценки проводили в соответствии с общепринятой Методикой государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур (2019). Для оценки метеорологических условий использовали гидротермический коэффициент (ГТК) Селянинова (1937).

Статистические и математические обработки экспериментальных данных произведены по алгоритмам Б.А. Доспехова с применением компьютерных программ Microsoft Office Excel. Расчет индекса условий среды (I_j) основан на средней урожайности сортов по методике Л.А. Животкова с соавторами (1994). Для расчетов параметров адаптивности были использованы: экологическая стабильность и экологическая пластичность по методике S. A. Eberhart, W. A. Russel в изложении В.А. Зыкина (1984); стрессоустойчивость ($Y_{min}-Y_{max}$) и генетическая гибкость сорта ($Y_{min}+Y_{max}$)/2), определяемые по уравнениям А.А. Rossille, J. Hamblin в изложении А.А. Гончаренко (2005); гомеостатичность (H_{om}) и селекционная ценность гено-

типов (Sc) по методике В.В. Хангильдина (1981); коэффициент мультипликативности (КМ) рассчитывали по методике В.А. Драгавцева (1984).

Погодные условия в годы исследований имели значительные различия по оказанному влиянию, но во все годы были удовлетворительными для перезимовки и развития озимой пшеницы. Прекращение вегетации осенью наступало позднее среднемноголетних дат. Высота снежного покрова в годы исследования варьировала от 58 см в 2021 г. до 65 см в 2019 году. Минимальная температура на глубине узла кущения не опускалась ниже -5 °С. В зимний период 2021/2022 г. наблюдалось не однократное повышение температуры выше 0 °С, что повлияло на распространение снежной плесени и частичную гибель растений первого срока посева. Дата начала весенней вегетации отмечалась раньше среднемноголетних данных в 2019 и в 2022 гг. и совпадала с ними в 2021 году. Вегетационный период 2019 г. отличался повышенной влагообеспеченностью (ГТК – 1,33) с суммой эффективных температур 947 °С. В 2021 и 2022 гг. гидротермические условия характеризовались как засушливые (ГТК – 0,85) и очень засушливые (ГТК – 0,68) соответственно с суммой эффективных температур 1070 и 1055 соответственно.

Результаты и их обсуждение. В годы проведения испытаний погодные условия осенней вегетации сложились различные, что позволило оценить показатели адаптивности образцов озимой пшеницы. Для сортов озимой пшеницы важным показателем является стабильность урожая при различном времени всходов. Время всходов может сильно варьировать от многих факторов, таких как сроки посева, температурный режим почвы и воздуха, влагообеспеченность почвы и др.

Самые засушливые условия наблюдались при посеве в 3-й срок 2018 года. Сумма выпавших осадков составила 20 мм, а ГТК – 0,8 (табл. 1).

Таблица 1. Условия осенней вегетации пшеницы мягкой озимой в зависимости от срока посева (2018–2021 гг.)

Table 1. Conditions for the autumn vegetation period of winter common wheat depending on the sowing date (2018–2021)

	2018 г.			2020 г.			2021 г.		
	1-й срок (20.08)	2-й срок (1.09)	3-й срок (10.09)	1-й срок (20.08)	2-й срок (1.09)	3-й срок (10.09)	1-й срок (20.08)	2-й срок (1.09)	3-й срок (10.09)
Сумма осадков, мм	77	49	20	123	93	78	76	70	65
СЭТ, С°	367	234	181	333	201	134	302	112	72
ГТК	1,5	1,6	0,8	1,4	1,3	0,9	0,9	1,5	3,0
Продолжительность периода «посев – всходы», сут.	6	8	11	7	7	10	5	6	10
Продолжительность осенней вегетации, сут.	53	41	32	52	40	31	37	25	16
I_j (урожайность)	-0,2	-0,1	-0,7	0,4	0,8	0,1	-0,6	0,5	-0,1
I_j (зимостойкость)	-1,6	-1,6	-4,6	5,4	5,4	5,4	-11,6	-7,6	10,4
I_j (количество продуктивных стеблей)	39,8	47,4	-8,4	119,8	142,2	13,0	-169,6	-92,2	-92,2
I_j (масса 1000 зерен)	-1,3	-0,9	-1,6	-1,7	-1,6	-2,1	3,8	3,7	1,7

Самый большой показатель увлажненности наблюдался в 2021 г. при посеве в 3-й срок – ГТК равнялся 3,0 с количеством осадков 65 мм. Продолжительность периода «посев–всходы» увеличивалась в зависимости от срока посева от раннего к более позднему. В первый срок продолжительность периода составляла 5–7 сут., во второй – 6–8 сут., в третий – 10–11 сут. Продолжительность осенней вегетации значительно варьировала по годам. Самый короткий период осенней вегетации наблюдался в 2021 г.: при посеве 20 августа – 37 сут., 1 сентября – 25 сут., 10 сентября – 16 сут. Самый продолжительный период осенней вегетации наблюдался в 2018 г.: 53, 41 и 32 сут. соответственно. Наиболее оптимальные условия среды для формирования урожайности сложились в 2020 г. при посеве 1 сентября ($I_j = 0,8$). Худшие условия среды для урожайности сложились в 2018 г. при посеве 10 сентября ($I_j = -0,7$). Оптимальные условия среды для перезимовки озимой пшеницы возникли в 2021 г. при посеве 10 сентября ($I_j = 10,4$). В этот же год при посеве 20 августа наблюдались худшие условия среды для перезимовки ($I_j = -11,6$). Самый высокий показатель условий среды по количеству продуктивных побегов сформировался в 2020 г. при посеве 1 сентября ($I_j = 142,2$), самый низкий – в 2021 г. при посеве 28 августа. Лучшие условия среды за годы исследований для формирования высокой массы 1000 зерен сложились в 2021 г. ($I_j = 3,8; 3,7; 1,7$ соответственно срокам). Худшие условия сложились в 2021 г. ($I_j = -1,7; -1,6; -2,1$). Прослеживается связь с количеством продуктивных стеблей на m^2 ($r = -0,85$): чем изреженнее посев, тем крупнее формируется

зерно. На уровень урожайности оказывают влияние рост и развитие растения на разных этапах органогенеза под воздействием различных лимитирующих факторов в зимний период и во время вегетации. В среднем за годы исследования перезимовка была выше при посеве в 3-й срок, но за счет того, что растения не успевали раскуститься осенью, стеблевой был реже и как итог – урожайность ниже. Растения 1-го срока посева активно развивались осенью, но перезимовка была ниже, чем у растений 2 и 3-го сроков посева. Наиболее оптимальным сроком посева оказался посев 1 сентября.

По результатам трехфакторного дисперсионного анализа урожайности озимой пшеницы за три года влияние срока посева на изменчивость продуктивности составило 14,5 % и является достоверным. Условия года и генотип также оказывали существенное влияние на изменение урожайности – 12,0 и 12,7 % соответственно. Наибольшее влияние на изменчивость урожайности оказало взаимодействие факторов «условия года» и «генотип» – 22,7 %. Вклад взаимодействия условий года и срока посева оказался 7,9 %, взаимодействия срока посева и генотипа – 2,1 % и совокупность всех факторов оказалась равна 6,7 %.

За годы исследований по всем срокам посева урожайность существенно варьировала – от 2,27 (Памяти Чекурова) до 5,76 т/га (Краснообская озимая) (табл. 2). Все изучаемые сорта в среднем за три года показали свою максимальную урожайность при посеве во 2-й срок – от 4,22 (Памяти Чекурова) до 5,16 т/га (Краснообская озимая).

Таблица 2. Хозяйственно ценные показатели образцов озимой пшеницы при разных сроках посева (2019–2022 гг.)
Table 2. Economically valuable indicators of winter wheat samples at different sowing dates (2019–2022)

Сорт	Срок посева	Зимостойкость, %				Урожайность, т/га				Количество продуктивных стеблей на m^2				Масса 1000 зерен, г			
		2019 г.	2021 г.	2022 г.	I_x	2019 г.	2021 г.	2022 г.	I_x	2019 г.	2021 г.	2022 г.	I_x	2019 г.	2021 г.	2022 г.	I_x
Новосибирская 2	20.08	65	80	60	68,3	3,96	5,03	3,49	4,16	361	551	235	382	39,0	38,2	42,5	39,9
	1.09	65	80	70	71,7	3,95	5,28	5,02	4,75	396	571	340	436	39,0	39,7	42,8	40,5
	10.09	60	80	85	75,0	3,07	4,50	4,73	4,10	372	451	367	397	38,6	38,3	39,6	38,8
Новосибирская 3	20.08	70	70	55	65,0	4,23	4,66	3,32	4,07	558	603	287	483	36,4	37,1	43,1	38,9
	1.09	70	70	65	68,3	4,30	5,48	4,77	4,85	533	630	376	513	39,0	36,5	45,6	40,4
	10.09	70	70	75	71,7	3,84	4,41	3,67	3,97	441	516	405	454	37,9	35,8	40,6	38,1
Новосибирская 40	20.08	65	80	65	70,0	3,96	4,30	3,79	4,02	386	544	263	398	36,3	36,6	40,2	37,7
	1.09	65	80	65	70,0	4,17	4,58	4,45	4,40	480	511	329	440	36,6	36,5	39,3	37,5
	10.09	65	80	80	75,0	3,11	4,07	3,72	3,63	365	389	297	350	34,7	36,4	38,4	36,5
Краснообская озимая	20.08	70	70	65	68,3	4,64	4,67	5,36	4,89	578	571	375	508	35,8	34,2	42,5	37,5
	1.09	70	70	65	68,3	4,40	5,32	5,76	5,16	488	653	373	505	36,4	34,3	41,8	37,5
	10.09	65	70	85	73,3	4,07	4,57	4,79	4,48	514	467	406	462	36,4	34,4	39,1	36,6
Памяти Чекурова	20.08	65	70	40	58,3	3,89	4,64	2,27	3,60	551	565	227	448	38,3	37,9	43,2	39,8
	1.09	65	70	40	58,3	4,06	4,86	3,74	4,22	575	581	356	504	36,9	37,7	41,2	38,6
	10.09	60	70	70	66,7	3,65	4,25	3,86	3,92	501	477	299	426	37,1	37,0	43,2	39,1

Примечание. НСР_{0,5}: по показателю «зимостойкость»: срок – 1,1; год – 1,1; сорт – 1,4;
по показателю «урожайность»: срок – 0,07; год – 0,07; сорт – 0,10;
по показателю «количество продуктивных стеблей на m^2 »: срок – 19; год – 19; сорт – 25;
по показателю «масса 1000 зерен»: срок – 0,4; год – 0,4; сорт – 0,5

Для озимой пшеницы, как и для всех озимых культур, одним из основных факторов адаптивности является зимостойкость. Данный показатель дает возможность реализовать потенциал продуктивности в условиях возделывания. Зимостойкость растений – сложный физиологический процесс, находящийся в зависимости не только от генотипа сорта, но и от условий среды. За три года исследований перезимовка рассматриваемых сортов озимой пшеницы варьировала от 40 до 85 %. Лучшие средние показатели зимостойкости у всех сортов отмечены при посеве в 3-й срок – от 66,7 (Памяти Чекурова) до 75,0 % (Новосибирская 2, Новосибирская 40).

Количество продуктивных стеблей на м² является одним из основных элементов структуры урожайности. Особенно важен данный показатель при рассмотрении различных сроков посева, так как при позднем сроке растения озимой пшеницы не всегда успевают раскуститься осенью и только весной могут сформировать дополнительные побеги. Изменчивость количества продуктивных стеблей на м² за время исследования была от 227 до 653 шт. Почти у всех сортов максимальный показатель был отмечен при 2-м сроке

сева – от 436 (Новосибирская 2) до 513 шт./м² (Новосибирская 3). У сорта Краснообская озимая максимальное количество стеблей на м² при посеве 20 августа 508 шт., но различие с посевом 1 сентября (505 шт.) не существенно.

К основным элементам структуры урожая, определяющим продуктивность, относятся и масса 1000 зерен, характеризующая плотность, крупность и выполненность зерна. На величину массы 1000 зерен оказывают влияние не только генотипические особенности сорта, но и факторы внешней среды. За три года исследований при разных сроках посева масса 1000 зерен изменялась от 34,2 (Краснообская озимая) до 45,6 г (Новосибирская 3). Сорта Новосибирская 2 и Новосибирская 40 дали лучшие показатели массы 1000 зерен при посеве во 2-й срок (40,5 и 40,4 г соответственно). Сорта Новосибирская 40 и Краснообская озимая формировали наиболее крупное зерно при посеве 20 августа и 1 сентября: Новосибирская 40 – 37,7 и 37,5 г соответственно, Краснообская озимая – 37,5 г.

Среди изучаемых сортов наибольшую среднюю урожайность за годы исследований по трем срокам посева показал сорт Краснообская озимая – 4,84 т/га (табл. 3).

Таблица 3. Параметры адаптивности образцов озимой пшеницы по признаку «урожайность» (в среднем за 2019–2022 гг.)

Table 3. Adaptability parameters of winter wheat samples according to the trait 'productivity' (mean in 2019–2022)

Сорт	Урожайность, т/га			b_i	δd^2	$(Y_{min} - Y_{max})$	$(Y_{min} + Y_{max})/2$	Sc	KM	Hom
	min	max	$\bar{x}$							
Новосибирская 2	3,07	5,28	4,34	1,42	0,1	-2,21	4,18	2,52	2,40	11,2
Новосибирская 3	3,32	5,48	4,30	1,17	0,1	-2,16	4,40	2,60	2,17	13,2
Новосибирская 40	3,11	4,58	4,02	0,79	0,0	-1,47	3,85	2,73	1,85	24,9
Краснообская озимая	4,07	5,76	4,84	0,52	0,3	-1,69	4,92	3,42	1,46	26,2
Памяти Чекурова	2,27	4,86	3,91	1,10	0,3	-2,59	3,57	1,83	2,20	8,0

Примечание. b_i – экологическая пластичность; δd^2 – экологическая стабильность; $(Y_{min} - Y_{max})$ – стрессоустойчивость; $(Y_{min} + Y_{max})/2$ – генетическая гибкость; Sc – селекционная ценность; KM – коэффициент мультипликативности; Hom – гомеостатичность

Изучение показателей экологической адаптивности по признаку «урожайность» показало, что сорта Новосибирская 2, Новосибирская 3 и Памяти Чекурова обладают экологической пластичностью и отзывчивы на изменение изучаемых факторов (условия года и срок посева), так как коэффициент регрессии $b_i > 1$ (1,42; 1,17; 1,10 соответственно). Эти сорта можно отнести к интенсивному типу. Более стабильными считаются сорта, у которых δd^2 стремится к 0, такими сортами в нашем исследовании оказались Новосибирская 2, Новосибирская 3, Новосибирская 40 ($\delta d^2 = 0,1$; 0,1; 0,0 соответственно).

Стрессоустойчивость $(Y_{min} - Y_{max})$ является важным показателем для оценки потенциала адаптивности. Данный показатель является разницей между максимальной урожайностью и минимальной, чем разрыв меньше, тем выше

устойчивость к стрессу. Наибольшей стрессоустойчивостью обладал сорт Новосибирская 40 (-1,47). Генетическая гибкость сорта $((Y_{max} + Y_{min})/2)$, или компенсаторная способность, показывает соответствие между генотипом сорта и климатическими условиями среды и характеризуется средней урожайностью сорта в контрастных (стрессовых и не стрессовых) условиях. Среди изучаемых образцов наибольшей генетической гибкостью обладал сорт Краснообская озимая (4,92).

Показателем, определяющим реакцию сортов на изменение условий среды, является коэффициент мультипликативности (KM). Высокой отзывчивостью к изменениям условий обладали сорта Новосибирская 2 ($KM = 2,40$) и Памяти Чекурова ($KM = 2,20$). Еще один показатель, с помощью которого можно определять адаптивные свойства – селекционная

ценность (Sc). Данный параметр определяется как соотношение урожайности конкретного образца в лимитирующих и оптимальных условиях, умноженное на среднюю урожайность по пунктам испытания. Высоким показателем селекционной ценности характеризовался сорт Краснообская озимая ($Sc = 3,42$). Способность растений показывать стабильность рассматриваемого параметра при воздействии неблагоприятных условий среды – гомеостатичность (Hom). Этот показатель прямо пропорционален урожайности сорта и обратно пропорционален ее разбросу в разных условиях. Чем выше числовое выражение этого показателя, тем большая стабиль-

ность при выращивании в различных условиях среды. Наибольшей гомеостатичностью обладали сорта Краснообская озимая ($Hom = 26,2$) и Новосибирская 40 ($Hom = 24,9$).

Для селекционной практики более ценными считают сорта, у которых $b_i > 1$, а δd^2 стремится к 0. По признаку «урожайность» к таким сортам можно отнести Новосибирскую 2 и Новосибирскую 3.

Наибольшую среднюю зимостойкость по трем годам и всем срокам посева (71,7 %) показали сорта Новосибирская 2 и Новосибирская 40 (табл. 4). По параметру «зимостойкость» экологически пластичными оказались сорта Новосибирская 2 ($b_i = 1,20$) и Памяти Чекурова ($b_i = 1,53$).

Таблица 4. Параметры адаптивности образцов озимой пшеницы по признаку «зимостойкость» (в среднем за 2019–2022 гг.)
Table 4. Adaptability parameters of winter wheat samples according to the trait 'winter resistance' (mean in 2019–2022)

Сорт	Зимостойкость, %			b_i	δd^2	$(Y_{min} - Y_{max})$	$(Y_{min} + Y_{max})/2$	Sc	KM	Hom
	min	max	$\bar{x}$							
Новосибирская 2	60,0	85,0	71,7	1,20	22,1	-25,0	72,5	50,6	2,15	21,2
Новосибирская 3	55,0	75,0	68,3	0,64	11,8	-20,0	65,0	50,1	1,64	41,8
Новосибирская 40	65,0	80,0	71,7	0,97	15,8	-15,0	72,5	58,2	1,93	43,3
Краснообская озимая	65,0	85,0	70,0	0,66	16,8	-20,0	75,0	53,5	1,65	40,0
Памяти Чекурова	40,0	70,0	61,1	1,53	38,2	-30,0	55,0	34,9	2,72	10,0

Примечание. b_i – экологическая пластичность; δd^2 – экологическая стабильность; $(Y_{min} - Y_{max})$ – стрессоустойчивость; $(Y_{min} + Y_{max})/2$ – генетическая гибкость; Sc – селекционная ценность; KM – коэффициент мультипликативности; Hom – гомеостатичность

Высокую стабильность перезимовки в различных условиях показал сорт Новосибирская 3 ($\delta d^2 = 11,8$). По средней зимостойкости в контрастных условиях выделился сорт Краснообская озимая с показателем генетической гибкости $(Y_{min} + Y_{max})/2 = 75,0$. Сорт Новосибирская 40 показал лучшие результаты таких показателей адаптивности по призна-

ку «перезимовка», как стрессоустойчивость (-15,0), селекционная ценность (58,2), гомеостатичность (43,3). Наибольшим показателем коэффициента мультипликативности характеризовался сорт Памяти Чекурова ($KM = 2,72$).

Наибольшее среднее количество продуктивных стеблей по опыту сформировал сорт Краснообская озимая (492 шт./м²) (табл. 5).

Таблица 5. Параметры адаптивности образцов озимой пшеницы по признаку «количество продуктивных стеблей на м²» (в среднем за 2019–2022 гг.)
Table 5. Adaptability parameters of winter wheat samples according to the trait 'number of productive stems per m²' (mean in 2019–2022)

Сорт	Количество продуктивных побегов, шт.			b_i	δd^2	$(Y_{min} - Y_{max})$	$(Y_{min} + Y_{max})/2$	Sc	KM	Hom
	min	max	$\bar{x}$							
Новосибирская 2	235	571	405	0,93	2337,1	-336	403	166,6	2,0	4,6
Новосибирская 3	287	630	483	1,09	468,9	-343	459	220,1	2,0	6,0
Новосибирская 40	263	544	396	0,90	1055,3	-281	404	191,4	2,0	5,8
Краснообская озимая	373	653	492	0,87	1622,6	-280	513	280,8	1,8	8,9
Памяти Чекурова	227	581	459	1,22	2177,8	-354	404	179,4	2,2	4,5

Примечание. b_i – экологическая пластичность; δd^2 – экологическая стабильность; $(Y_{min} - Y_{max})$ – стрессоустойчивость; $(Y_{min} + Y_{max})/2$ – генетическая гибкость; Sc – селекционная ценность; KM – коэффициент мультипликативности; Hom – гомеостатичность

Анализ сортов озимой пшеницы на экологическую адаптивность по признаку «количество продуктивных стеблей» показал, что к со-

ртам интенсивного типа из рассматриваемых образцов относятся сорта Памяти Чекурова ($b_i = 1,22$) и Новосибирская 3 ($b_i = 1,09$). Это

означает, что они требовательны к высокому уровню агротехники. Сорт Новосибирская 3 также отличался стабильностью продуктивного стеблестоя ($\delta d^2 = 468,9$) на фоне разных сроков посева. Наиболее стрессоустойчивыми сортами за годы исследования оказались Новосибирская 40 и Краснообская озимая ($(Y_{\min} - Y_{\max}) = -281, -280$ соответственно). Краснообская озимая выделилась еще и по таким показателям, как селекционная ценность ($Sc = 280,8$), генетическая гибкость ($(Y_{\min} + Y_{\max})/2 = 513$) и гомеостатичность

($Hom = 8,9$), что характеризует данный сорт как устойчивый к неблагоприятным факторам внешней среды по признаку «количество продуктивных побегов» при разных сроках посева. Наиболее отзывчивым на изменения условий среды являлся сорт Памяти Чекурова с показателем $KM = 2,2$.

Наибольшую среднюю массу 1000 зерен за годы исследований по трем срокам посева сформировал сорт Новосибирская 2 (39,7 г) (табл. 6).

Таблица 6. Параметры адаптивности образцов озимой пшеницы по признаку «масса 1000 зерен» (в среднем за 2019–2022 гг.)
Table 6. Adaptability parameters of winter wheat samples according to the trait '1000-grain weight' (mean in 2019–2022)

Сорт	Масса 1000 зерен, г			b_i	δd^2	$(Y_{\min} - Y_{\max})$	$(Y_{\min} + Y_{\max})/2$	Sc	KM	Hom
	min	max	$\bar{x}$							
Новосибирская 2	38,2	42,8	39,7	0,67	0,46	-4,6	40,5	35,5	1,65	198,5
Новосибирская 3	35,8	45,6	39,1	1,35	1,12	-9,8	40,7	30,7	2,33	46,3
Новосибирская 40	34,7	40,2	37,2	0,67	0,46	-5,5	37,5	32,1	1,70	146,5
Краснообская озимая	34,2	42,5	37,2	1,31	0,48	-8,3	38,4	29,9	2,36	52,3
Памяти Чекурова	36,9	43,2	39,2	0,99	1,52	-6,3	40,1	33,5	1,97	92,6

Примечание. b_i – экологическая пластичность; δd^2 – экологическая стабильность; $(Y_{\min} - Y_{\max})$ – стрессоустойчивость; $(Y_{\min} + Y_{\max})/2$ – генетическая гибкость; Sc – селекционная ценность; KM – коэффициент мультипликативности; Hom – гомеостатичность

По результатам изучения параметров экологической адаптивности сортов озимой пшеницы по признаку «масса 1000 зерен» при разных сроках посева к сортам интенсивного типа относятся Новосибирская 3 ($b_i = 1,35$) и Краснообская озимая ($b_i = 1,31$). Данные сорта пластичны и положительно реагируют на улучшение условий выращивания. Сорта Новосибирская 2, Новосибирская 40 и Краснообская озимая показали лучшие результаты по экологической стабильности ($\delta d^2 = 0,46; 0,46; 0,48$ соответственно). Наиболее устойчивым к стрессовым факторам, вызванным условиями года и разными сроками посева, по признаку «масса 1000 зерен» оказался сорт Новосибирская 2, показавший лучшие результаты по стрессоустойчивости ($(Y_{\min} - Y_{\max}) = -4,6$), генетической гибкости ($(Y_{\min} + Y_{\max})/2 = 40,5$), селекционной ценности ($Sc = 35,5$) и гомеостатичности ($Hom = 198,5$). Сорт Новосибирская 3 выделялся показателями генетической гибкости ($(Y_{\min} + Y_{\max})/2 = 40,7$) и коэффициента мультипликативности ($KM = 2,33$). Хорошую отзывчивость на изменения условий среды при различных сроках посева также показал сорт Краснообская озимая.

Выводы. По результатам изучения показателей экологической адаптивности у сортов озимой пшеницы при различных сроках посева можно сделать следующие выводы:

– к сортам, совмещающим экологическую пластичность и экологическую стабильность по признаку «урожайность», относятся Новосибирская 2 ($b_i = 1,42; \delta d^2 = 0,08$) и Новосибирская 3 ($b_i = 1,35; \delta d^2 = 0,08$);

– сорт Новосибирская 3 совмещает экологическую пластичность и экологическую стабильность по признаку «количество продуктивных стеблей на m^2 » ($b_i = 1,09; \delta d^2 = 468,94$);

– сорт Краснообская озимая способен минимизировать негативные факторы среды и показывать высокую урожайность ($(Y_{\max} + Y_{\min})/2 = 4,92; Sc = 3,42; Hom = 26,2$) и густоту продуктивного стеблестоя ($(Y_{\min} - Y_{\max}) = -280; Sc = 280,8; (Y_{\min} + Y_{\max})/2 = 513; Hom = 8,9$) вне зависимости от срока посева. Агротехника этого сорта допускает широкий диапазон времени для посева (20 августа – 10 сентября для наших исследований);

– сорт Памяти Чекурова показал хорошую отзывчивость на условия среды по признакам «урожайность» ($b_i = 1,10; KM = 2,20$), «зимостойкость» ($b_i = 1,53; KM = 2,72$), «количество продуктивных стеблей на m^2 » ($b_i = 1,22; KM = 2,2$). Для данного сорта необходимо подбирать оптимальный срок посева с целью полноценной реализации потенциала.

Финансирование. Работа выполнена в рамках Государственного задания ИЦиГ СО РАН (проект № FWN-2022-0018).

Библиографические ссылки

1. Глыва, В.В. Влияние сроков сева на адаптивность выращивания сортов пшеницы озимой в условиях Западной лесостепи Украины // Вестник Белорусской государственной сельскохозяйственной академии. 2016. № 4. С. 50–54.

2. Ерошенко Л. М., Ромахин М. М., Ерошенко Н. А., Дедушев И. А., Ромахина В. В., Болдырев М. А. Урожайность, пластичность, стабильность и гомеостатичность сортов ярового ячменя в условиях Нечерноземной зоны // Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции. 2022. Т. 183, № 1. С. 38–47. DOI: 10.30901/2227-8834-2
3. Рустамов Х. Н., Акпаров З. И., Аббасов М. А. Адаптивный потенциал сортов пшеницы твердой (*Triticum durum* Desf.) Азербайджана // Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции. 2020. Т. 181, № 4. С. 22–28. DOI: 10.30901/2227-8834-2020-4-22-28
4. Сапега В. А., Турсумбекова Г. Ш. Урожайность, экологическая пластичность и стабильность сортов яровой мягкой и твердой пшеницы в южной лесостепи Тюменской области // Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2020. Т. 21, № 2. С. 114–123. DOI: 10.30766/2072-9081.2020.21.2.114-123
5. Сафонова И. В., Аниськов Н. И. Эффективность использования некоторых критериев определения адаптивности на примере сортов озимой ржи // Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции. 2023. Т. 184, № 2. С. 66–75. DOI: 10.30901/2227-8834-2023-2-66-75
6. Тедеева А. А., Тедеева В. В. Урожайность озимой пшеницы в зависимости от сроков и норм высева // Аграрный вестник Урала. 2023. № 05(234). С. 36–48. DOI: 10.32417/1997-4868-2023-234- 05-36-48
7. Юсова О. А., Николаев П. Н., Васюкевич В. С., Аниськов Н. И., Сафонова И. В. Уровень качества зерна омских сортов овса ярового в контрастных экологических условиях // Вестник НГАУ (Новосибирский государственный аграрный университет). 2020. № 2(55). С. 84–96. DOI: 10.31677/2072-6724-2020-55-2-84-96
8. Coan M. M. D., Marchioro V. S., Franco F. de A., Pinto R. J. B., Scapim C. A., Baldissera J. N. C. Determination of Genotypic Stability and Adaptability in Wheat Genotypes Using Mixed Statistical Models // Journal of Agricultural Science and Technology. 2018. Vol. 20, P. 1525–1540.
9. Dique J. E. L., Miguel M. A., Pedro C., Silota G., Fernando C. J. J., Bungala L. T. da C., Charimba A. M., Abílio L. C., Simbe J. D., Carneiro V. Q. GGE biplot analysis of the adaptability and stability of wheat genotypes in Mozambique // Pesquisa Agropecuária Brasileira. 2023. Vol. 58, Article number: e03549. DOI: 10.1590/S1678-3921.pab2023.v58.03549
10. Wen P., Wei Q., Zheng L., Rui Z., Niu M., Gao C., Guan X., Wang T., Xiong S. Adaptability of wheat to future climate change: effects of sowing date and sowing rate on wheat yield in three wheat production regions in the North China plain // Science of the total environment. 2023. Vol. 901, Article number: 165906. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2023.165906

References

1. Glyva, V. V. Vliyanie srokov seva na adaptivnost' vyrashchivaniya sortov pshenitsy ozimoi v usloviyakh Zapadnoi lesostepi Ukrainy [The effect of sowing time on the adaptability of winter wheat varieties' growing in the conditions of the Western forest-steppe of Ukraine] // Vestnik Belorusskoi gosudarstvennoi sel'skokhozyaistvennoi akademii. 2016. № 4. S. 50–54.
2. Eroshenko L. M., Romakhin M. M., Eroshenko N. A., Dedushev I. A., Romakhina V. V., Boldyrev M. A. Urozhainost', plastichnost', stabil'nost' i gomeostatichnost' sortov yarovogo yachmenya v usloviyakh Nечерноземной зоны [Productivity, adaptability, stability and homeostaticity of spring barley varieties in the Non-Blackearth Zone] // Trudy po prikladnoi botanike, genetike i selektsii. 2022. T. 183, № 1. S. 38–47. DOI: 10.30901/2227-8834-2
3. Rustamov Kh. N., Akparov Z. I., Abbasov M. A. Adaptivnyi potentsial sortov pshenitsy tverdoi (*Triticum durum* Desf.) Azerbaidzhana [Adaptive potential of durum wheat varieties (*Triticum durum* Desf.) of Azerbaijan] // Trudy po prikladnoi botanike, genetike i selektsii. 2020. T. 181, № 4. S. 22–28. DOI: 10.30901/2227-8834-2020-4-22-28
4. Sapega V. A., Tursumbekova G. Sh. Urozhainost', ekologicheskaya plastichnost' i stabil'nost' sortov yarovoi myagkoi i tverdoi pshenitsy v yuzhnoi lesostepi Tyumenskoi oblasti [Productivity, ecological adaptability, and stability of spring common and durum wheat varieties in the southern forest-steppe of the Tyumen region] // Agrarnaya nauka Evro-Severo-Vostoka. 2020. T. 21, № 2. S. 114–123. DOI: 10.30766/2072-9081.2020.21.2.114-123
5. Safonova I. V., Anis'kov N. I. Effektivnost' ispol'zovaniya nekotorykh kriteriev opredeleniya adaptivnosti na primere sortov ozimoi rzhi [The efficiency of using some criteria to identify adaptability using the example of winter rye varieties] // Trudy po prikladnoi botanike, genetike i selektsii. 2023. T. 184, № 2. S. 66–75. DOI: 10.30901/2227-8834-2023-2-66-75
6. Tedeeva A. A., Tedeeva V. V. Urozhainost' ozimoi pshenitsy v zavisimosti ot srokov i norm vyseva [Winter wheat productivity depending on seeding time and rates] // Agrarnyi vestnik Urala. 2023. № 05(234). S. 36–48. DOI: 10.32417/1997-4868-2023-234- 05-36-48
7. Yusova O. A., Nikolaev P. N., Vasyukevich V. S., Anis'kov N. I., Safonova I. V. Uroven' kachestva zerna omskikh sortov ovsa yarovogo v kontrastnykh ekologicheskikh usloviyakh [Grain quality level of Omsk spring oats varieties in the contrasting environmental conditions] / Vestnik NGAU (Novosibirskii gosudarstvennyi agrarnyi universitet). 2020. № 2(55). S. 84–96. DOI: 10.31677/2072-6724-2020-55-2-84-96
8. Coan M. M. D., Marchioro V. S., Franco F. de A., Pinto R. J. B., Scapim C. A., Baldissera J. N. C. Determination of Genotypic Stability and Adaptability in Wheat Genotypes Using Mixed Statistical Models // Journal of Agricultural Science and Technology. 2018. Vol. 20, P. 1525–1540.
9. Dique J. E. L., Miguel M. A., Pedro C., Silota G., Fernando C. J. J., Bungala L. T. da C., Charimba A. M., Abílio L. C., Simbe J. D., Carneiro V. Q. GGE biplot analysis of the adaptability and stability of wheat genotypes in Mozambique // Pesquisa Agropecuária Brasileira. 2023. Vol. 58, Article number: e03549. DOI: 10.1590/S1678-3921.pab2023.v58.03549
10. Wen P., Wei Q., Zheng L., Rui Z., Niu M., Gao C., Guan X., Wang T., Xiong S. Adaptability of wheat to future climate change: effects of sowing date and sowing rate on wheat yield in three wheat production

regions in the North China plain // Science of the total environment. 2023. Vol. 901, Article number: 165906. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2023.165906

Поступила: 02.02.24; доработана после рецензирования: 15.03.24; принята к публикации: 19.03.24.

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. Сурначёв А. С. – концептуализация и проектирование исследования, выполнение полевых опытов и сбор данных, подготовка рукописи; Мусинов К. К. – анализ данных и интерпретация, выполнение полевых опытов и сбор данных, подготовка рукописи.

Все авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.

ВЛИЯНИЕ КОЛИЧЕСТВЕННЫХ ПРИЗНАКОВ НА УРОЖАЙНОСТЬ ЗЕРНА ГИБРИДОВ КУКУРУЗЫ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ КЛИМАТИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ

Г. Я. Кривошеев, кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник лаборатории селекции и семеноводства кукурузы, genadiy.krivosheev@mail.ru, ORCID ID: 0000-0002-5876-7672;
А. С. Игнатьев, кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник лаборатории селекции и семеноводства кукурузы, ignatev1983@rambler.ru, ORCID ID: 0000-0002-0319-460
ФГБНУ Аграрный научный центр «Донской»,
347740, Ростовская обл., г. Зерноград, ул. Научный городок, д. 3; e-mail: vniizk30@mail.ru

Цель исследований – выявить влияние на урожайность зерна гибридов кукурузы количественных признаков в зависимости от влагообеспеченности. Исследования проведены на селекционном поле лаборатории селекции и семеноводства кукурузы ФГБНУ АНЦ «Донской» в 2020–2023 годах. Почва опытного участка – чернозем обыкновенный с мощностью гумусового слоя 140 см. Климат характеризуется засушливостью – зона неустойчивого увлажнения. Годы проведения исследований контрастные по температурному режиму и влагообеспеченности (ГТК 0,49–0,83). Из-за неравномерности распределения осадков в течение вегетации кукурузы температурный режим по месяцам и влагообеспеченность имели еще большие различия (ГТК 0,11–2,28). Объект исследований – 96 гибридов кукурузы. Основной метод создания гибридов – межлинейная гибридизация. Выявлена стабильная в каждый из четырех лет исследований зависимость урожайности зерна от количественных признаков: «масса 1 початка» ($r = 0,34 \pm 0,09 - 0,64 \pm 0,08$) и «количество зерен в ряду» ($r = 0,35 \pm 0,09 - 0,58 \pm 0,08$). Специфические климатические условия некоторых лет эксперимента (одного года из четырех) повлияли на отсутствие зависимости между величиной урожая и количественными признаками: «количество початков на 1 растении» ($r = 0,11 \pm 0,10$ в 2022 году), «количество зерен на початке» ($r = 0,01 \pm 0,10$ в 2023 году), «выход зерна при обмолоте» ($r = 0,04 \pm 0,10$ в 2023 году). Еще большей изменчивости от метеословий оказалась подвержены зависимости урожайности от признаков: «высота прикрепления початка» ($r = 0,01 \pm 0,10 - 0,40 \pm 0,09$), «высота растений» ($r = 0,16 \pm 0,10 - 0,38 \pm 0,09$), «диаметр початка» ($r = -0,02 \pm 0,10 - 0,43 \pm 0,09$), «масса 1000 семян» ($r = -0,14 \pm 0,10 - 0,45 \pm 0,09$). Стабильным отсутствием связи во все годы проведения исследований с урожайностью зерна отличались признаки «количество рядов зерен» ($r = -0,27 \pm 0,09 - 0,17 \pm 0,10$) и «длина початка» ($r = 0,01 \pm 0,10 - 0,29 \pm 0,09$).

Ключевые слова: кукуруза (*Zéa máys L.*), гибрид, количественные признаки, корреляционная связь, гидротермический коэффициент.

Для цитирования: Кривошеев Г. Я., Игнатьев А. С. Влияние количественных признаков на урожайность зерна гибридов кукурузы в зависимости от климатических условий // Зерновое хозяйство России. 2024. Т. 16, № 2. С. 30–35. DOI: 10.31367/2079-8725-2024-91-2-30-35.



THE EFFECT OF QUANTITATIVE TRAITS ON GRAIN PRODUCTIVITY OF MAIZE HYBRIDS DEPENDING ON CLIMATIC CONDITIONS

G. Ya. Krivosheev, Candidate of Agricultural Sciences, leading researcher of the laboratory for maize breeding and seed production, genadiy.krivosheev@mail.ru, ORCID ID: 0000-0002-5876-7672;
A. S. Ignatiev, Candidate of Agricultural Sciences, senior researcher of the laboratory for maize breeding and seed production, ignatev1983@rambler.ru, ORCID ID: 0000-0002-0319-460
FSBSI Agricultural Research Center “Donskoy”,
347740, Rostov region, Zernograd, Nauchny Gorodok Str., 3; e-mail: vniizk30@mail.ru

The purpose of the study was to identify the effect of quantitative traits on grain productivity of maize hybrids depending on moisture availability. The study was carried out on the breeding field of the laboratory for maize breeding and seed production of the FSBSI “ARC “Donskoy” in 2020–2023. The soil of the experimental plot was ordinary blackearth, with a humus layer thickness of 140 cm. The climate is characterized by aridity with unstable moisture. The years of the study were contrasting in temperature and moisture availability (HTC 0.49–0.83). Due to the uneven distribution of precipitation during a vegetation period of maize, the temperature regime through the months and moisture availability had even greater differences (HTC 0.11–2.28). The objects of research were 96 maize hybrids. The main method for developing hybrids was an interline hybridization. There has been identified a stable correlation between grain productivity and quantitative traits in each of the four years of study, when ‘one ear weight’ was $r = 0.34 \pm 0.09 - 0.64 \pm 0.08$ and ‘number of grains in a ear row’ was $r = 0.35 \pm 0.09 - 0.58 \pm 0.08$. The specific climatic conditions of some years of the study (one year out of four) influenced the lack of correlation between amount of productivity and quantitative traits with ‘number of ears per plant’ ($r = 0.11 \pm 0.10$ in 2022), ‘number of grains per ear’ ($r = 0.01 \pm 0.10$ in 2023), ‘grain yield during threshing’ ($r = 0.04 \pm 0.10$ in 2023). The correlation between productivity and traits was subject to even greater variability depending on weather conditions with ‘ear attachment height’ ($r = 0.01 \pm 0.10 - 0.40 \pm 0.09$), ‘plant height’ ($r = 0.16 \pm 0.10 - 0.38 \pm 0.09$), ‘ear diameter’ ($r = -0.02 \pm 0.10 - 0.43 \pm 0.09$), ‘1000-grain weight’ ($r = -0.14 \pm 0.10 - 0.45 \pm 0.09$). In all years of the study, there were no correlation between productivity and such traits as ‘number of grain rows’ ($r = -0.27 \pm 0.09 - 0.17 \pm 0.10$) and ‘ear length’ ($r = 0.01 \pm 0.10 - 0.29 \pm 0.09$).

Keywords: maize (*Zéa máys L.*), hybrid, quantitative traits, correlation, hydrothermal coefficient.

Введение. Создание новых сортов и гибридов сельскохозяйственных культур ведется, как правило, для конкретных почвенно-климатических условий с учетом лимитирующих факторов среды. Основным лимитирующим фактором для успешного возделывания и получения зерна кукурузы в северных регионах России является теплообеспеченность (Исмагилов, 2020).

На юге Российской Федерации, где значительная площадь под этой культурой расположена в зоне недостаточного увлажнения, лимитирующим фактором является влагообеспеченность. (Кривошеев и Шевченко, 2021). Показателем влагообеспеченности условий произрастания сельскохозяйственных культур служит количество атмосферных осадков, однако количество осадков, используемых растениями, будет зависеть от испаряемости влаги. На этот показатель, в свою очередь, влияют величины среднесуточных температур воздуха. Поэтому наиболее объективным показателем влагообеспеченности условий считается гидротермический коэффициент (ГТК). Важность этого показателя в качестве характеристики гидротермических условий территории отмечают другие исследователи (Гудко и др., 2023).

Результативность селекционной работы по любой культуре будет выше, если учитывать зависимость урожайности от количественных признаков, проявляющихся в конкретных климатических условиях (Ковтунова и др., 2022).

В условиях высокой влагообеспеченности параметры початка (длина, диаметр), количество рядов зерен на початке рекомендуется использовать в качестве дополнительных критериев отбора на повышение продуктивности кукурузы. (Magar et al., 2021) Количество зерен на початке, их вес, а также параметры початка оказались важнейшими признаками для формирования урожая зерна кукурузы в орошаемых условиях (Rahimi et al., 2021).

По сведениям других исследователей (Fadhli et al., 2020), создание адаптивных сортов и гибридов кукурузы в условиях засухи требует эффективного отбора. Сообщается, что многофакторный анализ может повысить эффективность отбора растений за счет добавления второстепенных признаков в отбор. Масса початка является эффективным второстепенным признаком в качестве критерия отбора адаптивных генотипов кукурузы в условиях засушливого стресса.

В условиях неустойчивого увлажнения выделены признаки продуктивности у подвида восковидной кукурузы, которые оказывали наибольшее влияние на формирование урожая зерна, определена сопряженность этих признаков (Кривошеев и др., 2023).

Особое внимание исследователи уделяют изучению у исходного материала количественных признаков, которые впоследствии будут переданы гибридам кукурузы (Панфилов

и Овчинников, 2019, Кагермазов и Хачидогов, 2023, Бижоев и др., 2022).

В различных почвенно-климатических условиях разные количественные признаки имеют первостепенное значение для формирования высокого урожая зерна гибридов кукурузы. Причем в одной и той же зоне климатические условия могут сильно различаться в разные годы. Это необходимо учитывать селекционерам при выявлении взаимосвязей между признаками и выделении наиболее значимых. Цель исследований – выявить влияние на урожайность зерна гибридов кукурузы количественных признаков в зависимости от влагообеспеченности.

Материалы и методы исследований. Объект исследований – 96 межлинейных гибридов кукурузы питомника конкурсного сортоиспытания. Полевые опыты проведены на селекционном поле лаборатории селекции и семеноводства кукурузы ФГБНУ «АНЦ «Донской».

Гибриды кукурузы созданы методом межлинейной гибридизации. В качестве материнских форм взяты тестеры – простые гибриды или самоопыленные линии, в качестве отцовских форм использовали новые линии с хорошей пыльцеобразовательной способностью. Полевые опыты заложены по Методическим рекомендациям по проведению полевых опытов с кукурузой (1980). Обработка экспериментальных данных выполнена по Доспехову (2014). ГТК определен по Селянинову.

Определена урожайность зерна гибридов кукурузы и изучены количественные признаки: «количество початков на 1 растении», «масса 1 початка», «масса 1000 зерен», «количество рядов зерен», «количество зерен в ряду», «количество зерен на початке», «выход зерна при обмолаоте», «длина початка» «диаметр початка», «высота растений», «высота прикрепления початка».

Почва участка проведения исследований – чернозем обыкновенный, мощность гумусового слоя 140 см. Климат характеризуется засушливостью – зона неустойчивого увлажнения.

Анализ метеоусловий лет проведения исследований позволяет утверждать, что годы эксперимента были контрастными по влагообеспеченности. Количество осадков за период вегетации кукурузы варьировало от 132,1 до 244,6 мм, что составило от 58,6 до 108,5 % от среднемноголетней нормы. Среднесуточная температура воздуха во все годы исследований (21,3–23,9 °C) была выше среднемноголетней (20,5 °C). Гидротермический коэффициент изменялся по годам от 0,49 до 0,83 при среднемноголетнем значении 0,89. Варьирование климатических параметров по месяцам было еще более значительным: осадки 7,4 – 110,4 мм, среднесуточная температура воздуха – 14,8 – 26,7 °C, ГТК – 0,30 – 2,28 (табл. 1).

Таблица 1. Метеорологические условия проведения исследований
Table 1. Meteorological conditions of the trials

Климатические параметры	май	июнь	июль	август	май – август
2020 год					
Осадки, мм	79,9	38,8	60,7	44,7	224,1
Среднемесячная температура воздуха, °C	15,4	23,1	25,7	23,4	21,9
ГТК	1,67	0,56	0,76	0,62	0,83
2021 год					
Осадки, мм	65,0	103,9	24,6	51,1	244,6
Среднемесячная температура воздуха, °C	18,1	21,5	26,7	25,8	23,9
ГТК	1,15	1,61	0,30	0,64	0,83
2022 год					
Осадки, мм	21,7	7,4	55,8	47,2	132,1
Среднемесячная температура воздуха, °C	14,8	23,1	23,8	26,6	22,1
ГТК	0,70	0,11	0,76	0,57	0,49
2023 год					
Осадки, мм	110,4	37,0	51,3	19,5	218,2
Среднемесячная температура воздуха, °C	15,6	20,4	23,6	25,6	21,8
ГТК	2,28	0,60	0,70	0,25	0,83
средненоголетние данные					
Осадки, мм	51,3	71,3	57,7	45,2	225,5
Среднемесячная температура воздуха, °C	16,5	20,5	23,1	21,9	20,5
ГТК	1,00	1,16	0,81	0,67	0,89

Результаты и их обсуждение. Изучаемые гибриды кукурузы характеризовались разнообразием изучаемых признаков. Наибольшим размахом варьирования ($X_{\max} - X_{\min}$) отличались урожайность зерна (2,17 т/га), масса 1 початка (57,3 г), масса 1000 семян (106 г), количество зерен в ряду (11,3 шт.), количество зерен на по-

чатке (176,1 шт.), соответственно эти признаки имели более высокие коэффициенты вариации (11,6–15,0 %). Меньшим размахом варьирования и низкими коэффициентами вариации (4,7–9,2 %) характеризовались остальные признаки (табл. 2).

Таблица 2. Статистические параметры урожайности зерна и количественных признаков гибридов кукурузы (2020–2023 гг.)
Table 2. Statistical parameters of grain productivity and quantitative traits of the maize hybrids (2020–2023)

Признаки	Среднее значение ($\bar{x}$)	Минимальное значение ($X_{\min}$)	Максимальное значение ($X_{\max}$)	Размах варьирования ($X_{\max} - X_{\min}$)	Стандартное отклонение (S)	Коэффициент вариации (V), %
Урожайность зерна при 14 % влажности, т/га	3,80	2,71	4,88	2,17	0,57	15,0
Количество початков на 1 растении, шт.	1,00	0,85	1,18	0,33	0,07	7,0
Масса 1 початка, г	113,9	91,0	148,3	57,3	13,21	11,6
Масса 1000 семян, г	245,0	190,0	296,0	106,0	32,66	13,3
Количество рядов зерен	15,1	12,6	17,3	4,7	1,46	9,7
Количество зерен в ряду	34,6	28,8	39,5	11,3	4,29	12,4
Количество зерен на початке	521,5	429,3	605,4	176,1	75,34	14,4
Выход зерна при обмолоте, %	79,9	72,5	84,0	11,5	3,73	4,7
Длина початка, см	16,5	14,5	18,3	3,8	1,33	8,1
Диаметр початка, см	4,2	3,7	4,7	1,0	0,31	7,4
Высота растения, см	204,1	192,3	218,1	26,0	10,99	5,4
Высота прикрепления початка, см	79,7	71,7	92,2	20,5	7,34	9,2

Корреляционный анализ, проведенный по усредненным данным за 4 года исследований, показал среднюю зависимость урожайности зерна гибридов кукурузы от величины изучаемых признаков: количества початков на 1 растении ($r = 0,34 \pm 0,01$), массы

1 початка ($r = 0,59 \pm 0,08$), количества зерен в ряду ($r = 0,56 \pm 0,08$), количества зерен на початке ($r = 0,30 \pm 0,09$), выхода зерна при обмолоте ($r = 0,58 \pm 0,08$), высоты прикрепления початка ($r = 0,33 \pm 0,09$). Коэффициенты корреляции между урожайностью зерна и массой 1000 се-

мян, высотой растения ($r = 0,27 \pm 0,09$) оказались низкими, но существенными при уровне значимости $P = 0,05$. Не выявлено зависимости урожайности зерна от признаков «количество ря-

дов зерен» ($r = -0,20 \pm 0,01$), «диаметр початка» ($r = 0,20 \pm 0,01$), «длина початка» ($r = 0,18 \pm 0,01$) (табл. 3).

Таблица 3. Коэффициенты корреляции между урожайностью зерна и количественными признаками кукурузы

Table 3. Correlation coefficients between grain productivity and quantitative traits of maize

Признаки	Годы				
	2020	2021	2022	2023	среднее
Количество початков на 1 растении, шт.	0,34*	0,32*	0,11	0,42*	0,349
Масса 1 початка, г	0,64*	0,34*	0,60*	0,63*	0,599
Масса 1000 семян, г	0,01	-0,14	0,18	0,45*	0,27
Количество рядов зерен	0,03	-0,05	0,17	-0,27*	-0,20
Количество зерен в ряду	0,50*	0,44*	0,58*	0,35*	0,56*
Количество зерен на початке	0,42*	0,30*	0,46*	-0,01	0,30*
Выход зерна при обмолоте, %	0,55*	0,61*	0,63*	0,04	0,58*
Длина початка, см	0,01	0,17	0,26*	0,29*	0,18
Диаметр початка, см	-0,02	0,07	0,43*	0,18	0,20
Высота растения, см	0,38*	0,16	0,31*	0,29*	0,27
Высота прикрепления початка, см	0,40*	0,01	0,34*	0,29*	0,33*

Примечание. * – значимы при $P_{0,05}$

Однако корреляционный анализ, выполненный отдельно по каждому году исследований (2020–2023 гг.), позволяет утверждать, что метеоусловия года влияют на то, как проявляется зависимость урожайности от количественных признаков. Стабильной оказалась зависимость урожайности зерна от массы 1 початка. Во все годы исследований коэффициенты корреляции были существенными, зависимость средняя ($r = 0,34 \pm 0,09$ – $0,64 \pm 0,08$). Стабильная средняя зависимость во все годы исследований выявлена также между урожайностью и количеством зерен в ряду ($r = 0,35 \pm 0,09$ – $0,58 \pm 0,08$). То есть во все годы исследований косвенным показателем продуктивности гибридов кукурузы служили признаки «масса 1 початка» и «количество зерен в ряду початка», что позволяет утверждать о необходимости уделять внимание селекционерам в первую очередь имен-

но этим признакам при создании и выделении перспективных гибридов кукурузы.

Следующая группа количественных признаков, у которых из четырех лет исследований в трех корреляционная зависимость оказалась существенной и средней: «количество початков на 1 растении» ($r = 0,32 \pm 0,09$ – $0,42 \pm 0,09$), «количество зерен на початке» ($r = 0,30 \pm 0,08$ – $0,63 \pm 0,08$), «выход зерна при обмолоте» ($r = 0,55 \pm 0,08$ – $0,63 \pm 0,08$). Отсутствовала зависимость урожайности зерна от количества початков, приходящихся на одно растение, в 2022 г. ($r = 0,11 \pm 0,10$). Объясняется это тем, что в этом году в связи с сильной почвенной и воздушной засухой (ГТК за период вегетации кукурузы составил 0,49, в июне – 0,11) заложение вторых початков на растении кукурузы не происходило, а незначительное количество (1 %) бесплодных растений не повлияло на наличие связи (табл. 4).

Таблица 4. Средние значения количественных признаков по годам

Table 4. Mean values of quantitative traits during the years of study

Признаки	Годы			
	2020	2021	2022	2023
Количество початков на 1 растении, шт.	1,00	0,96	0,99	1,03
Масса 1 початка, г	94,1	105,1	130,9	125,5
Масса 1000 семян, г	239,0	243,6	271,1	225,5
Количество рядов зерен	14,9	15,0	15,3	15,1
Количество зерен в ряду	21,3	34,4	34,7	38,0
Количество зерен на початке	465,4	514,3	531,8	574,6
Выход зерна при обмолоте, %	78,9	80,0	77,9	82,8
Длина початка, см	15,5	15,5	16,8	17,9
Диаметр початка, см	3,8	4,0	4,5	4,4
Высота растения, см	180,2	228,9	183,6	223,6
Высота прикрепления початка, см	71,3	89,2	68,4	89,6

Не выявлено зависимости урожайности зерна от количества зерен на початке в 2023 г.

($r = 0,01 \pm 0,1$). Этот год отличался от остальных тем, что начало вегетации кукурузы (май) было

влагообеспеченным (ГТК = 2,28), в дальнейшем благодаря большим запасам влаги, накопленным в мае, и дополнительным атмосферным осадкам в июне (37,0 мм) и июле (51,3 мм) растения кукурузы сформировали початки с хорошо озерненной верхушкой, без череззерницы. Сильная засуха в августе (ГТК = 0,25) уже не повлияла на количество зерен на початке. Такие специфические погодные условия 2023 г., по-видимому, стали причиной отсутствия влияния этого признака на урожайность зерна. В 2023 г. гибриды кукурузы имели наибольшее значение этого признака (575 шт.), в то время как в 2020–2022 гг. из-за неполной озерненности початков происходило снижение количества зерен на початке (465–532 шт.). Подобные результаты получены и по признаку «выход зерна при обмолоте початков». Влияние этого признака на урожайность зерна не выявлено только в 2023 г. ($r = 0,04 \pm 0,1$).

Несмотря на то что специфические климатические условия отдельных лет эксперимента не позволили выявить стабильную зависимость между урожайностью и количеством початков на 1 растении, количеством зерен на початке и выходом зерна при обмолоте, кумулирование высоких значений этих признаков влияло на урожай зерна.

Менее важными для формирования высокого урожая зерна оказались признаки «высота прикрепления нижнего початка» и «высота растения». В 2020 и 2022 гг. выявлена средняя корреляционная связь с урожайностью ($r = 0,40 \pm 0,09$, $r = 0,34 \pm 0,09$ и $r = 0,38 \pm 0,09$, $r = 0,31 \pm 0,09$ соответственно); в 2023 г. – слабая ($r = 0,29 \pm 0,09$), а в 2021 г. – отсутствие связи ($r = 0,01 \pm 0,10$ и $r = 0,16 \pm 0,10$ соответственно).

Еще меньшим оказалось влияние признаков «диаметр початка» (связь имелась толь-

ко в 2023 г. – $r = 0,45 \pm 0,09$) и «масса 1000 семян» (связь только в 2023 г. – $r = 0,45 \pm 0,09$). Примечательно, что налив зерна проходил в наиболее засушливых и жарких условиях именно в 2023 г., так ГТК в августе 2023 г. составил 0,25. По-видимому, такие специфические условия способствовали тому, что гибриды, не снизившие массу 1000 семян, имели в этом году более высокий урожай зерна. Во все годы исследований коэффициенты корреляции между урожайностью зерна и длиной початка оказались низкими ($r = 0,01 \pm 0,1$ – $0,29 \pm 0,09$). Однако в 2022 и 2023 гг. они были существенными ($r = 0,26 \pm 0,09$ – $0,29 \pm 0,09$) при уровне значимости $P_{0,5}$. Не выявлено ни в один год влияния признака «количество рядов зерен» на урожай зерна ($r = -0,27 \pm 0,09$ – $0,03 \pm 0,1$).

Выводы. Выявлена стабильная средняя зависимость урожайности зерна от количественных признаков: «масса 1 початка» ($r = 0,34 \pm 0,09$ – $0,64 \pm 0,08$), «количество зерен в ряду» ($r = 0,35 \pm 0,09$ – $0,58 \pm 0,08$).

Выделена группа количественных признаков: «количество початков на 1 растении», «количество зерен на початке», «выход зерна при обмолоте», у которых имелаась корреляционная связь с урожайностью в течение трех лет из четырех.

Наиболее сильное влияние метеоусловий лет эксперимента на характер зависимости отмечено у признаков: «высота прикрепления початка», «высота растений», «диаметр початка» и «масса 1000 семян».

Не выявлено ни в один год проведения эксперимента корреляционной связи урожайности зерна с количеством рядов зерен и длиной початка.

Библиографические ссылки

1. Бижоев М. В., Кагермазов А. М., Хачидогов А. В., Бижоев Р. В. Изучение линии восковидной кукурузы коллекции ВИР по количественным и хозяйственно полезным признакам в Кабардино-Балкарии // Труды Кубанского государственного аграрного университета. 2022. № 99. С. 71–78. DOI: 10.21515/1999-1703-99-71-78
2. Гудко В. Н., Усатов А. В., Азарин К. В. Сезонная и годовая динамика гидротермических условий в восточной природно-сельскохозяйственной зоне Ростовской области в 1961–2020 гг. // Аридные экосистемы. 2023. Т. 29, № 2 (95). С. 29–35. DOI: 10.24412/1993-3916-2023-2-29-35
3. Исмагилов, К. Р. Оценка агроклиматических условий возделывания кукурузы на территории Республики Башкортостан // Пермский аграрный вестник. 2020. № 2 (30). С. 39–46. DOI: 10.24411/2307-2873-2020-10020
4. Кагермазов А. М., Хачидогов А. В. Анализ количественных и хозяйственно ценных признаков линий кукурузы коллекции ВИР в условиях предгорной зоны Кабардино-Балкарии // Зерновое хозяйство России. 2023. Т. 15, № 6. С. 59–66. DOI: 10.31367/2079-8725-2023-89-6-59-66
5. Ковтунова Н. А., Ковтунов В. В., Романюкин А. Е., Ермолина Г. М. Урожайность сорго травянистого в зависимости от метеорологических условий // Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2022. № 23(3). С. 334–342. DOI: 10.30766/2072-9081.2022.23.3.334-342
6. Кривошеев Г. Я., Шевченко Н. А. Устойчивость к водному стрессу новых самоопыленных линий и гибридов кукурузы // Зерновое хозяйство России. 2021. № 5(77). С. 46–50. DOI: 10.31367/2079-8725-2021-77-5-46-50
7. Кривошеев Г. Я., Игнатъев А. С., Лупиного Д. Р., Арженювская Ю. Б., Шевченко Н. А. Взаимосвязь количественных признаков и урожайности зерна у гибридов восковидной кукурузы // Зерновое хозяйство России. 2023. Т. 15, № 3. С. 29–35. DOI: 10.31367/2079-8725-2023-86-3-29-35
8. Панфилов А. Э., Овчинников П. Ю. Местная популяция как источник хозяйственно полезных признаков в селекции кукурузы для Уральского региона // Кормопроизводство. 2019. № 10. С. 26–30.
9. Magar B. T., Acharya S., Gyawali B., Timilsena K., Upadhyaya J., Shrestha J. Genetic variability and trait association in maize (*Zea mays* L.) Varieties for growth and yield traits // Heliyon. 2021. Vol. 7, Iss. 10. Article number: e08144, DOI: 10.1016/j.heliyon.2021.e08144

10. Rahimi Jahangirlou M., Akbari G.A., Alahdadi I., Soufizadeh S., Kumar U., Parsons D. Phenotypic Traits, Grain Yield and Yield Components of Maize Cultivars Under Combinations of Management Practices in Semi arid Conditions of Iran // International Journal of Plant Production. 2021. Vol. 15, P. 459–471, DOI: 10.1007/s42106-021-00151-7
11. Fadhli N.U.R., Farid M.U.H., Effendi R.O.Y., Azrai M., Anshori M.F. Multivariate analysis to determine secondary characters in selecting adaptive hybrid corn lines under drought stress // Biodiversitas Journal of Biological Diversity. 2020. Vol. 21, № 8. P. 3617–3624. DOI: 10.13057/biodiv/d210826

References

1. Bizhoyev M. V., Kagermazov A.M., Khachidogov A. V., Bizhoyev R. V. Izuchenie linii voskovidnoi kukuruzy kolleksii vir po kolichestvennym i khozyaistvenno poleznym priznakam v Kabardino-Balkarii [Study of the waxy maize line of the VIR collection according to quantitative and economically useful traits in Kabardino-Balkaria] // Trudy Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2022. № 99. S. 71–78. DOI: 10.21515/1999-1703-99-71-78
2. Gudko V.N., Usatov A.V., Azarin K.V. Sezonnaya i godovaya dinamika gidrotermicheskikh uslovii v vostochnoi prirodno-sel'skokhozyaistvennoi zone rostovskoi oblasti v 1961–2020 gg. [Seasonal and annual dynamics of hydrothermal conditions in the eastern natural and agricultural part of the Rostov region in 1961–2020] // Aridnye ekosistemy. 2023. T. 29, № 2 (95). S. 29–35. DOI: 10.24412/1993-3916-2023-2-29-35
3. Ismagilov, K.R. Otsenka agroklimaticheskikh uslovii vozdeystviya kukuruzy na territorii respubliky Bashkortostan [Estimation of agroclimatic conditions for maize cultivation on the territory of the Republic of Bashkortostan] // Permskii agrarnyi vestnik. 2020. № 2 (30). S. 39–46. DOI: 10.24411/2307-2873-2020-10020
4. Kagermazov A.M., Khachidogov A.V. Analiz kolichestvennykh i khozyaistvenno tsennykh priznakov linii kukuruzy kolleksii VIR v usloviyakh predgornoi zony Kabardino-Balkarii [Analysis of quantitative and economically valuable traits of maize lines from the VIR collection in the conditions of the foothill zone of Kabardino-Balkaria] // Zernovoe khozyaistvo Rossii. 2023. T. 15, № 6. S. 59–66. DOI: 10.31367/2079-8725-2023-89-6-59-66
5. Kovtunova N.A., Kovtunov V.V., Romanyukin A.E., Ermolina G.M. Urozhainost' sorgo travyanistogo v zavisimosti ot meteorologicheskikh uslovii [Grass sorghum productivity depending on meteorological conditions] // Agrarnaya nauka Evro-Severo-Vostoka. 2022. № 23(3). S. 334–342. DOI: 10.30766/2072-9081.2022.23.3.334-342
6. Krivosheev G. Ya., Shevchenko N.A. Ustoichivost' k vodnomu stressu novykh samoopylennykh linii i gibridov kukuruzy [Water stress resistance of new self-pollinated lines and hybrids of maize] // Zernovoe khozyaistvo Rossii. 2021. № 5(77). S. 46–50. DOI: 10.31367/2079-8725-2021-77-5-46-50
7. Krivosheev G. Ya., Ignat'ev A.S., Lupinoga D.R., Arzhenovskaya Yu.B., Shevchenko N.A. Vzaimosvyaz' kolichestvennykh priznakov i urozhainosti zerna u gibridov voskovidnoi kukuruzy [Correlation between quantitative traits and grain productivity in waxy maize hybrids] // Zernovoe khozyaistvo Rossii. 2023. T. 15, № 3. S. 29–35. DOI: 10.31367/2079-8725-2023-86-3-29-35
8. Panfilov A.E., Ovchinnikov P. Yu. Mestnaya populyatsiya kak istochnik khozyaistvenno poleznykh priznakov v seleksii kukuruzy dlya Ural'skogo regiona [Local population as a source of economically useful traits in maize breeding for the Ural region] // Kormoproizvodstvo. 2019. № 10. S. 26–30.
9. Magar B.T., Acharya S., Gyawali B., Timilsena K., Upadhyaya J., Shrestha J. Genetic variability and trait association in maize (*Zea mays* L.) Varieties for growth and yield traits // Heliyon. 2021. Vol. 7, Iss. 10. Article number: e08144, DOI: 10.1016/j.heliyon.2021.e08144
10. Rahimi Jahangirlou M., Akbari G.A., Alahdadi I., Soufizadeh S., Kumar U., Parsons D. Phenotypic Traits, Grain Yield and Yield Components of Maize Cultivars Under Combinations of Management Practices in Semi arid Conditions of Iran // International Journal of Plant Production. 2021. Vol. 15, P. 459–471, DOI: 10.1007/s42106-021-00151-7
11. Fadhli N.U.R., Farid M.U.H., Effendi R.O.Y., Azrai M., Anshori M.F. Multivariate analysis to determine secondary characters in selecting adaptive hybrid corn lines under drought stress // Biodiversitas Journal of Biological Diversity. 2020. Vol. 21, № 8. P. 3617–3624. DOI: 10.13057/biodiv/d210826

Поступила: 02.02.24; доработана после рецензирования: 19.03.24; принята к публикации: 19.03.24.

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. Кривошеев Г. Я. — концептуализация и проектирование исследования, анализ данных и интерпретация, подготовка рукописи; Игнатьев А. С. — анализ данных и интерпретация, выполнение полевых опытов и сбор данных, подготовка рукописи.

Все авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.

ХАРАКТЕРИСТИКА СОРТА ЯРОВОЙ МЯГКОЙ ПШЕНИЦЫ БАЛКЫШ

Данил Ф. Асхадуллин, кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник лаборатории селекции яровой пшеницы, trulik@ya.ru, ORCID ID: 0000-0002-2601-6735;

Дамир Ф. Асхадуллин, кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник лаборатории селекции яровой пшеницы, ORCID ID: 0000-0002-2717-7178;

Н. З. Василова, кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник лаборатории селекции яровой пшеницы, ORCID ID: 0000-0003-1135-486x;

М. Р. Тазутдинова, научный сотрудник лаборатории селекции яровой пшеницы, ORCID ID: 0000-0002-4753-7644;

И. И. Хусаинова, научный сотрудник лаборатории селекции яровой пшеницы, ORCID ID: 0000-0002-0369-6221;

Г. Р. Гайфуллина, младший научный сотрудник лаборатории селекции яровой пшеницы, ORCID ID: 0000-0003-0942-8321

Татарский НИИСХ – обособленное структурное подразделение ФИЦ КазНЦ РАН, 420059, Республика Татарстан, г. Казань, ул. Оренбургский тракт, д. 48

Одним из результатов селекционной работы последних лет в ФИЦ КазНЦ РАН стал сорт яровой мягкой пшеницы Балкыш, включенный в 2021 г. в Государственный реестр селекционных достижений, допущенных к использованию по Средневолжскому региону. Целью исследований было дать характеристику сорту в условиях последних лет испытания в сравнении с другими сортами. Исследования проводили в 2019–2023 гг. на полях Татарского НИИСХ, расположенного в пригороде г. Казань, на серых лесных почвах. Сорт Балкыш не уступает или превосходит по урожайности и сбору белка сорта, наиболее распространенные в Республике Татарстан: средняя урожайность сорта составила 4,31 т/га, сбор белка – 0,54 т/га. Сорт отличается высокой стабильностью урожая. Имеет среднее содержание клейковины в зерне 25 %, белка – 13,2 %, ИДК – 94 е.п. Особенность реологических свойств теста сорта Балкыш – низкое значение силы муки – 109 е.а., упругости теста – 61 мм, высокое значение разжижения – 121 е.ф., что может быть применено для формирования сбалансированных по качеству помольных партий зерна для снижения нагрузки на тестомесительные машины. Сорт Балкыш отличается высокой полевой комплексной устойчивостью к основным листостебельным болезням, степень поражения бурой листовой и стеблевой ржавчиной за годы испытаний не превышала 5 %, устойчивость к мучнистой росе в годы эпифитотий была не ниже 6 баллов (поражена нижняя треть растения в слабой степени). Сорт Балкыш характеризуется как короткостебельный, средняя высота растений составила 65,7 см, что достоверно ниже, чем у сортов, созданных в ТатНИИСХ.

Ключевые слова: пшеница, селекция, качество, болезни, высота растений.

Для цитирования: Асхадуллин Данил Ф., Асхадуллин Дамир Ф., Василова Н. З., Тазутдинова М. Р., Хусаинова И. И., Гайфуллина Г. Р. Характеристика сорта яровой мягкой пшеницы Балкыш // Зерновое хозяйство России. 2024. Т. 16, № 2. С. 36–42. DOI: 10.31367/2079-8725-2024-91-2-36-42.



CHARACTERISTICS OF THE SPRING COMMON WHEAT VARIETY 'BALKYSH'

Danil F. Askhadullin, Candidate of Agricultural Sciences, leading researcher of the laboratory for spring wheat breeding, e-mail: trulik@ya.ru, ORCID ID: 0000-0002-2601-6735;

Damir F. Askhadullin, Candidate of Agricultural Sciences, leading researcher of the laboratory for spring wheat breeding, ORCID ID: 0000-0002-2717-7178;

N. Z. Vasilova, Candidate of Agricultural Sciences, leading researcher of the laboratory for spring wheat breeding, ORCID ID: 0000-0003-1135-486x;

M. R. Tazutdinova, researcher of the laboratory for spring wheat breeding, ORCID ID: 0000-0002-4753-7644;

I. I. Khusainova, researcher of the laboratory for spring wheat breeding, ORCID ID: 0000-0002-0369-6221;

G. R. Gaifullina, junior researcher of the laboratory for spring wheat breeding, ORCID ID: 0000-0003-0942-8321

Tatar Research Institute of Agriculture, a separate structural subdivision of the FRC Kazan Research Center RAS, 420059, Republic of Tatarstan, Kazan, Orenburgsky Trakt Str., 48

One of the recent breeding work results of the FRC KazRC of RAS was the spring common wheat variety 'Balkysh', which was included in the State List of Breeding Achievements approved for use in the Middle Volga region in 2021. The purpose of the current study was to characterize the variety under the conditions of the last years of testing in comparison with other varieties. The study was carried out in the fields with gray forest soils of the Tatar RIA, located in the suburbs of Kazan, in 2019–2023. The variety 'Balkysh' is not inferior or superior in productivity and protein yield to the varieties most common in the Republic of Tatarstan; the mean productivity of the variety was 4.31 t/ha, protein yield was 0.54 t/ha. The variety is characterized with high productivity stability. The variety had 25 % of gluten

in grain, 13.2 % of protein, 94 units of IDK. The peculiarity of the rheological dough properties of the variety 'Balkysh' was a low value of flour force with 109 u.a., 61 mm of dough elasticity, 121 u.ph. of dough dilution, which can be used to form grinding grain batches balanced in quality to reduce the load on dough mixing machines. The variety 'Balkysh' is characterized with high field complex resistance to major leaf and stem diseases, with not more than 5 % of damage caused with brown leaf and stem rust over the years of testing; powdery mildew resistance during epiphytity years was not lower than 6 points (a lower one third of the plant was slightly affected). The variety 'Balkysh' is characterized as short-stemmed; the mean plant height was 65.7 cm, which is significantly lower than that of the varieties developed by the TatRIA.

Keywords: wheat, breeding, quality, diseases, plant height.

Введение. Пшеница является одной из ключевых культур в сельском хозяйстве России и мира. На пшеницу приходится более трех четвертей потребления зерновых. Более 2,5 млрд человек во всем мире потребляют продукты на основе пшеницы (Bentley et al., 2022). Спрос на пшеницу ежегодно увеличивается на 1,7 %, достигнув в общей сложности 1 млрд т к 2050 г., при этом, среднегодовой прирост урожайности пшеницы за счет селекционного улучшения составляет 1 % (Tadesse et al., 2019). Прогнозируемый беспрецедентный спрос на пшеницу может быть обеспечен за счет генетических, физиологических, агрономических преобразований и селекционного улучшения. Сорт создается быстрее, чем любая другая инновация в сельском хозяйстве, и последующий рост производства пшеницы будет во многом определяться достижениями селекции.

Поволжье является важным регионом производства яровой пшеницы в России, оно разнородно по своим гидротермическим условиям вегетации, давлению биотических факторов, и селекционная работа с яровой пшеницей здесь ведется многими научными учреждениями. Одно из наиболее «северных» учреждений, занимающихся селекцией яровой пшеницы, находится в Татарстане. Одним из результатов селекционной работы последних лет в Татарском НИИСХ стал сорт яровой мягкой пшеницы Балкыш, включенный в Государственный реестр селекционных достижений, допущенных к использованию в 2021 г. по Средневолжскому региону. В 2023 г. площадь под данным сортом в Республике Татарстан уже составила 2020 га. Целью исследований было дать характеристику сорту в условиях последних лет испытания в сравнении с другими сортами.

Материалы и методы исследований. Исследования проводили в 2019–2023 гг. в ТатНИИСХ – ФИЦ КазНЦ РАН, опытные поля которого находятся в пригороде Казани (55.62–63 с.ш. 49.30–32 в.д.). Почва опытного участка – серая лесная, хорошо окультуренная, типичная для зоны. Объект исследования – сорт яровой мягкой пшеницы Балкыш, в качестве стандартов использовали сорт Йолдыз – стандарт Госсорткомиссии для Республики Татарстан, сорта высококачественной пшеницы Хазинэ и Хаят (оригинатор ФИЦ КазНЦ РАН), а также контрольные сорта: восприимчивый к мучнистой росе – сорт Приамурская, к стеблевой ржавчине – сорт Ситара, к бурой листовой ржавчине – сорт Хаят. Также сорт Балкыш по урожайности, сбору белка, их стабильности и содержанию клейкови-

ны в зерне сравнивался с сортами-лидерами по посевным площадям в Республике Татарстан: Ульяновская 105, Бурлак, Архат, Экада 109, Йолдыз. Изучаемые сорта высевали селекционной сеялкой ССФК-7 в первой – второй декаде мая с нормой высева 6 млн всх. сем./га, площадь делянки 10 м². Повторность 3-кратная. Изучение биохимического состава, технологических, хлебопекарных свойств зерна, физических свойств теста проводили в лаборатории аналитических исследований ТатНИИСХ с использованием приборного парка ЦКП – САЦ ФИЦ «КазНЦ РАН» по ГОСТам: ГОСТ 10846-91, ГОСТ 10840, ГОСТ 10987-76, ГОСТ Р 54478-2011, ГОСТ ISO 3093-2016, ГОСТ Р 51415-99, ГОСТ ISO 5530-1-2013, ГОСТ 27669-88. Изучение полевой устойчивости к листостебельным болезням проводили в условиях естественного инфекционного фона. Степень поражения видами ржавчины – в процентах по шкале Петерсона (Peterson et al., 1948). Степень устойчивости сортов к мучнистой росе определяли с помощью 9-балльной шкалы на основании методических рекомендаций ВНИИ фитопатологии (Санин и др., 2008). Устойчивость к полеганию оценивали по 9-балльной шкале на основании методических указаний ВИР (Мережко и др., 1999). Сорт Балкыш по высоте растений сравнивали с сортами, созданными за последние 9 лет в ФИЦ КазНЦ РАН: Йолдыз, Ситара, Аль Варис, Надира, Хазинэ.

Гидротермические условия в период май–июнь (формирование биомассы) и июль (налив зерна) за годы испытаний существенно различались, наиболее влагообеспеченными были 2019 г. (ГТК 0,81–1,32) и 2023 год (0,94–1,08), засушливым – 2021 г. (0,27–0,46) (рис. 1).

Статистическую обработку результатов исследований проводили с использованием пакета анализа надстройки Excel в соответствии с частью второй методики полевого опыта (Доспехов, 2014). Для оценки стабильности сортов пшеницы применили метод графического анализа GGE biplot с помощью программы PB Tools, version 1.4. (IRRI, 2014).

Результаты и их обсуждение. Главным параметром, характеризующим сорт пшеницы, является зерновая продуктивность. От стабильности и величины урожайности во многом зависит востребованность сорта в производстве. Анализ показывает, что сорт Балкыш не уступает (или превосходит) по урожайности, сбору белка и содержанию клейковины в зерне сортам, наиболее распространенным в Республике Татарстан. По содержанию клейковины в зерне наиболее распространен-

ные сорта яровой мягкой пшеницы достоверно не отличаются от сорта Балкыш, у которого среднее содержание клейковины в зерне составляет 25 %, и не опускалось ниже 23 %

за годы испытаний, что соответствует требованиям третьего класса ограничительных норм по качеству (ГОСТ 9353-2016. Пшеница. Технические условия) (табл. 1).

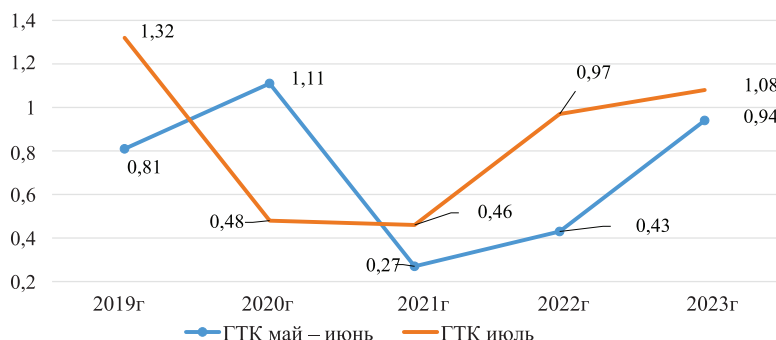


Рис. 1. Гидротермический коэффициент в годы испытаний

Fig. 1. Hydrothermal coefficient during the years of trials

Таблица 1. Характеристика сортов яровой мягкой пшеницы (2019–2023 гг.)
Table 1. Characteristics of the spring common wheat varieties (2019–2023)

№ п/п	Сорт	Урожайность, т/га	Сбор белка, т/га	Содержание сырой клейковины в зерне, %
GEN1	Балкыш	4,31	0,54	25,0
GEN2	Ульяновская 105	4,30	0,51	25,9
GEN3	Бурлак	4,04	0,47	24,6
GEN4	Архат	3,78	0,49	25,4
GEN5	Экада 109	3,59	0,44	26,2
GEN6	Йолдыз, st	3,94	0,45	22,4
	HCP ₀₅	0,48	0,08	4,0

Графический анализ GGE biplot сортов по отношению к гипотетическому «идеальному» генотипу, сочетающий стабильность уро-

жайности и ее среднюю величину, и стабильность сбора белка и ее величину, приведен на рисунке 2.

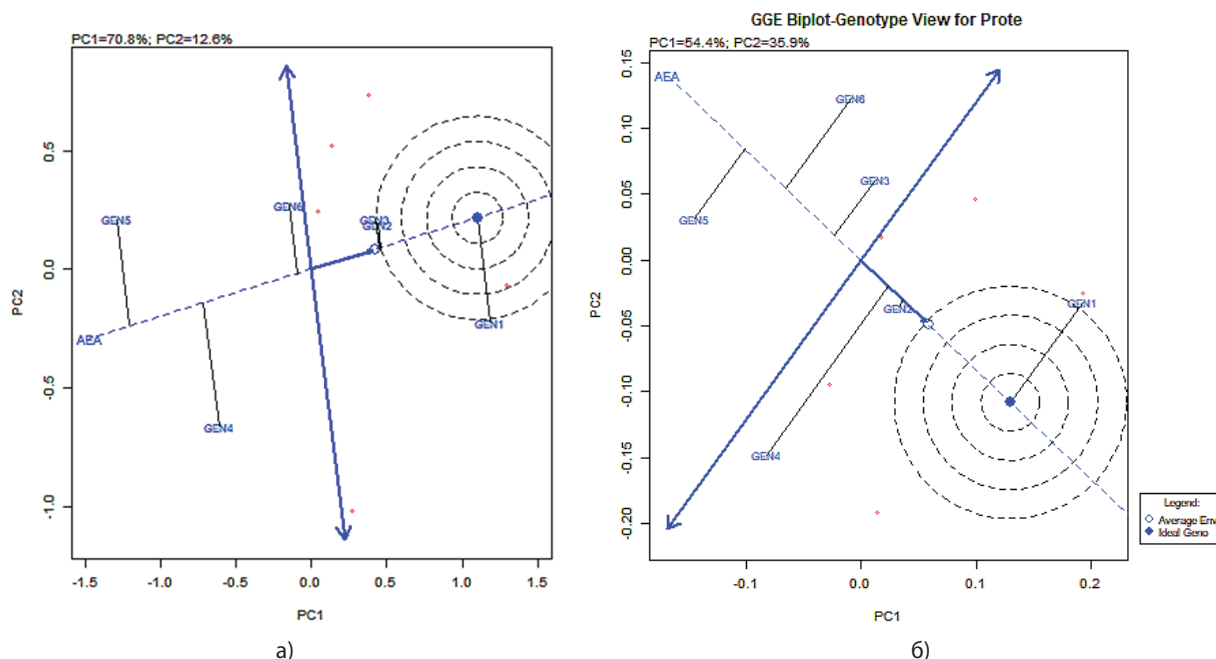


Рис. 2. Ранжирование сортов яровой пшеницы по урожайности (а) и сбору белка (б) по сравнению с «идеальным» генотипом

Fig. 2. Ranking of spring wheat varieties according to productivity (a) and protein yield (b) compared with the “ideal” genotype

Центр кругов представляет собой положение эталонного «идеального» генотипа. Генотип

более желателен, если он ближе на графике к «идеальному» генотипу. В нашем случае сорт

Балкыш (GEN1) наиболее приближен к «идеальному» генотипу по сбору белка, то есть у него лучшее сочетание стабильности и величины белковой продуктивности, и наиболее приближен к «идеальному» генотипу наравне с сортами Ульяновская 105 (GEN2) и Бурлак (GEN3) по урожайности.

По качеству зерна сорт Балкыш отнесен Госсорткомиссией к ценным сортам пшеницы, однако по содержанию белка и клейковины в зерне сорт Балкыш достоверно уступает высококачественному сорту Хазинэ, но не уступает высококачественному сорту Хаят (табл. 2).

Таблица 2. Технологические свойства зерна сортов яровой мягкой пшеницы (2019–2023 гг.)
Table 2. Technological grain properties of the spring common wheat varieties (2019–2023)

Показатель	Балкыш	Йолдыз, st	Хазинэ	Хаят	НСР ₀₅
Массовая доля белка, %	13,6±0,5*	12,1±0,8	14,8±0,3	13,2±0,7	1,1
Содержание сырой клейковины, %	25,0±0,8	22,6±2,4	31,0±1,3	26,7±2,1	3,4
Качество клейковины, ед. ИДК	94±3	78±4	83±3	75±5	8,0
Стекловидность общая, %	54±3	50±2	62±4	56±4	–
Натура, г/л	779±11	795±17	798±13	785±14	12

Примечание. * – ± SE (ошибка выборочной средней).

Качество клейковины у сорта Балкыш во все годы относилось ко II группе качества (удовлетворительно слабая клейковина), и в среднем показатель прибора ИДК составил 94 ед., что достоверно выше, чем у сравниваемых сортов. Достоверных различий по стекловидности зерна между изучаемыми сортами не выявлено, все они относятся по данному показателю к «ценным» по качеству.

По натуре зерна сорт Балкыш уступает сортам Йолдыз и Хазинэ, но соответствует классификационным нормам сильной по качеству пшеницы – 779 г/л.

Пригодность сорта к хлебопечению необходимо подтверждать показателями реологических свойств теста и пробной лабораторной выпечкой (табл. 3).

Таблица 3. Реологические свойства теста и хлебопекарная оценка сортов яровой мягкой пшеницы (2019–2022 гг.)
Table 3. Rheological properties of dough and baking estimation of the spring common wheat varieties (2019–2022)

Показатель		Балкыш	Йолдыз, st	Хазинэ	Хаят	НСР ₀₅
Энергия деформации, е.а.		109±24*	219±23	284±79	321±29	101
Упругость по альвеографу, мм		61±10	89±7	89±13	121±15	23
Показатель формы кривой по альвеографу, P/L		0,99±0,16	1,32±0,22	1,18±0,49	1,96±0,75	—
Водопоглощение, %		60,1±1,1	59,1±0,4	61,8±2,0	60,0±1,2	—
Разжижение по фаринографу, е.ф.	через 12 мин	121±15	78±13	47±5	37±9	28
	через 20 мин	147±17	87±15	56±6	укрепление	—
	увеличение разжижения, %	22	12	20		
Объемный выход хлеба из 100г муки, см³		521±34	526±29	579±6	526±37	—
Симметричность хлеба, балл		4,2	4,3	4,7	4,7	—
Формоустойчивость хлеба, балл		0,60	0,68	0,70	0,68	—

Примечание. * – ± SE (ошибка выборочной средней).

Показатели «энергия деформации (сила муки)» и «упругость теста» у сорта Балкыш имеют низкие значения, в среднем 109 е.а. и 61 мм соответственно, что достоверно ниже, чем у изученных сортов. Показатель формы кривой демонстрирует баланс между упругостью и растяжимостью теста, который у сорта Балкыш близок к единице – 0,99. Водопоглощательная способность у сорта Балкыш составляет в среднем 60,1 % и соответствует требованиям, предъявляемым к ценной пшенице. Степень разжижения теста у сорта Балкыш имеет высокие значения при стандартном измерении через 12 мин – 121 е.ф., что соответствует уровню филлера, и достоверно ниже, чем у других сортов. Кроме того, у сорта Балкыш отмечается максимальное увеличение степени разжижения теста через 20 мин регистрации на 22 %. Объемный выход хлеба из муки сорта Балкыш составил в среднем 521 см³, что, согласно

ГОСТ 34702-2020, соответствует требованиям, предъявляемым к сильной пшенице. В то же время хлеб, выпеченный из зерна урожая отдельных лет, формируется менее симметричный и с более низкой формоустойчивостью, чем у изученных образцов. Особенности качества зерна сорта Балкыш – низкие значения силы муки, упругости теста, высокие значения разжижения – могут быть применены для формирования помольных партий зерна, сбалансированных по физическим свойствам теста для снижения нагрузки на лопасти тестомесильных машин.

На основании классификации показателей качества муки для изготовления различных видов печенья (Мелешкина и др., 2013) мука из зерна сорта Балкыш по большинству показателей соответствует требованиям для получения печенья и крекеров высокого качества.

В условиях Республики Татарстан участились вспышки опасных грибных болезней на яровой пшенице (Асхадуллин и др., 2019), имеет место изменение вирулентности патогенов, вызывающих опасные болезни пшеницы (Асхадуллин и др., 2023; Асхадуллин и др., 2022), поэтому селекционная работа направлена на создание сортов с комплексной полевой устойчивостью. Сильное развитие бурой листо-

вой ржавчины отмечалось в 2019 и 2022 гг., слабое – в 2020 и 2021 годах. Стеблевой ржавчины: сильное развитие – в 2019, 2020 и 2022 гг., слабое – в 2021 г.; сильное развитие мучнистой росы отмечалось ежегодно (в табл. 4 приведены данные испытания сорта Балкыш в годы сильного развития болезней в сравнении со стандартами).

Таблица 4. Фитопатологическая оценка сортов яровой мягкой пшеницы
Table 4. Phytopathological estimation of the spring common wheat varieties

Сорт	Степень поражения, %					Устойчивость к мучнистой росе, балл, 2019–2023	
	бурой листовой ржавчиной		стеблевой ржавчиной				
	2019	2022	2019	2020	2022	min	max
Балкыш	0	5	0	5	5	6	8
Йолдыз, st	ед.	15	40	70	40	3	5
Восприимчивые стандарты							
Хаят	60	50	–	–	–	–	–
Ситара	–	–	80	40	60	–	–
Приамурская	–	–	–	–	–	1	3

Сорт Балкыш отличается высокой полевой комплексной устойчивостью к основным листостебельным болезням. Степень поражения бурой листовой и стеблевой ржавчиной за годы испытания не превышала 5 %, устойчивость к мучнистой росе в годы эпифитотий была не ниже 6 баллов (поражена нижняя треть растения в слабой степени). Устойчивость сорта Балкыш к стеблевой ржавчине объясняется наличием в генотипе пшенично-ржаной транслокации 1RS.1BL, несущей ген резистентности *Sr31*, который эффективен против российских популяций возбудителя стеблевой ржавчины (Baranova et al., 2023). Устойчивость к мучнистой росе, по-видимому, объясняется

наличием гена *Pm4b*, унаследованного от сорта Ethos.

В настоящее время сформировался существенный спрос на низкорослые сорта яровой пшеницы, что объясняется появлением на рынке короткостебельных сортов западноевропейской селекции и агрессивным их продвижением в производство для условий высокого агрофона. Одно из преимуществ сорта Балкыш перед большинством российских районированных сортов пшеницы – его короткостебельность. Сорт Балкыш достоверно отличается от созданных в ТатНИИСХ сортов мягкой пшеницы по высоте растений (рис. 3).

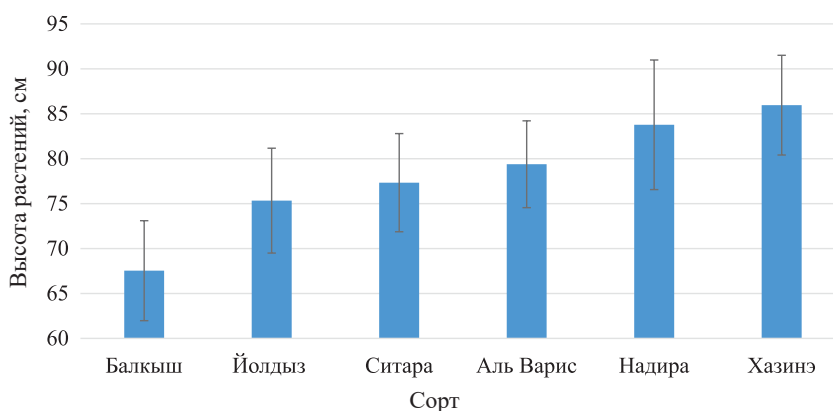


Рис. 3. Высота сортов яровой мягкой пшеницы (2019–2023 гг.)
Fig. 3. Plant height of the spring common wheat varieties (2019–2023)

Средняя высота сорта Балкыш составляет 65,7 см, что достоверно ниже, чем у других сравниваемых сортов. Максимальная регистрируемая высота – 82,9 см, минимальная – 48,9 см. Данный сорт относится к полукарликовым, высокоустойчив к полеганию, за годы испытаний прикорневое полегание данного сорта отмечалось только в 2023 г. (устойчивость составила 7 баллов).

Выводы. Сорт Балкыш характеризуется высокой урожайностью и сбором белка – на уровне наиболее востребованных сортов в производстве, средняя урожайность сорта составила 4,31 т/га, белковая продуктивность – 0,54 т/га. Особенностями качества сорта Балкыш являются низкие значения силы муки – 109 е.а., упругости теста – 61 мм, высокие значения разжижения теста – 121 е.ф. Сорт Балкыш имеет

комплексную полевую устойчивость к бурой листовой ржавчине, стеблевой ржавчине и мучнистой росе. Одним из преимуществ сорта Балкыш является его короткостебельность, высота растений достоверно ниже, чем у последних сортов, созданных в ТатНИИСХ.

Финансирование. Работа выполнена в рамках Государственного задания Татарского НИИСХ – обособленного структурного подразделения ФИЦ КазНЦ РАН: № 122011800138-7.

Библиографические ссылки

1. Асхадуллин Д. Ф., Асхадуллин Д. Ф., Василова Н. З., Зуев Е. В., Хусаинова И. И. Источники устойчивости яровой мягкой пшеницы к мучнистой росе // Аграрный научный журнал. 2022. № 10. С. 10–15. DOI:10.28983/asj.y2022i10pp10-15
2. Асхадуллин Д. Ф., Асхадуллин Д. Ф., Василова Н. З., Хусаинова И. И., Тазутдинова М. Р. Сорт в системе защиты яровой пшеницы от листостебельных болезней // Вестник Казанского государственного аграрного университета. 2019. № 3(54). С. 10–14. DOI: 10.12737/article_5db8423bb4f997.64890554
3. Асхадуллин Д. Ф., Асхадуллин Д. Ф., Василова Н. З., Тазутдинова М. Р., Хусаинова И. И., Гайфуллина Г. Р. Характеристика эффективности генов устойчивости к листовой бурой ржавчине яровой пшеницы в условиях Республики Татарстан // Зерновое хозяйство России. 2023. Т. 15, № 4. С. 109–113. DOI: 10.31367/2079-8725-2023-87-4-109-113
4. Доспехов, Б. А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). Изд. 6-е, стереотип., перепеч. с 5-го изд. М.: Альянс, 2014. 352 с.
5. Мелешкина Е. П., Коломиец С. Н., Шеленкова Л. В., Коваль А. И. Целевое использование зерна и муки – требование времени // Пищевая промышленность. 2013. № 9. С. 64–66.
6. 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 ВИР им. Н. И. Вавилова», 1999. 82 с.
7. Санин С. С., Неклеса Н. П., Санина А. А., Пахолкова Е. В. Методические рекомендации по созданию инфекционных фондов для иммунологических исследований пшеницы. М., 2008. 68 с.
8. Baranova O., Solyanikova V., Kyrova E., Kon'kova E., Gaponov S., Sergeev V., Shevchenko S., Mal'chikov P., Dolzhenko D., Bepalova L., Ablova I., Tarhov A., Vasilova N., Askhadullin D., Askhadullin D., Sibikeev S. Evaluation of Resistance to Stem Rust and Identification of Sr Genes in Russian Spring and Winter Wheat Cultivars in the Volga Region // Agriculture. 2023. Vol. 13(3), Article number: 635. DOI: 10.3390/agriculture13030635
9. Bentley A. R., Donovan J., Sonder K., Baudron F., Lewis J. M., Voss R., Govaerts B. Near-to long-term measures to stabilize global wheat supplies and food security // Nature Food. 2022. Vol. 3, P. 483–486. DOI: 10.1038/s43016-022-00559-y
10. Peterson R. F., Campbell A. B., Hannah A. E. A diagrammatic scale for estimating rust intensity on leaves and stems of cereals // Canadian Journal of Research. 1948. Vol. 26, № 5. P. 496–500. DOI: 10.1139/cjr48c-033
11. Tadesse W., Sanchez-Garcia M., Assefa S. G., Amri A., Bishaw Z., Ogbonnaya F. C., Baum M. Genetic Gains in Wheat Breeding and Its Role in Feeding the World // Crop Breeding Genetics and Genomics. 2019. Vol. 1(1), Article number: e190005. DOI: 10.20900/cbagg2019000

References

1. Askhadullin D. F., Askhadullin D. F., Vasilova N. Z., Zuev E. V., Khusainova I. I. Istochniki ustoichivosti yarovoi myagkoi pshenitsy k muchnistoi rose [Sources of spring common wheat resistance to powdery mildew] // Agrarnyi nauchnyi zhurnal. 2022. № 10. S. 10–15. DOI:10.28983/asj.y2022i10pp10-15
2. Askhadullin D. F., Askhadullin D. F., Vasilova N. Z., Khusainova I. I., Tazutdinova M. R. Sort v sisteme zashchity yarovoi pshenitsy ot listostebel'nykh boleznei [Variety in the system of protecting spring wheat from leaf diseases] // Vestnik Kazanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2019. № 3(54). S. 10–14. DOI: 10.12737/article_5db8423bb4f997.64890554
3. Askhadullin D. F., Askhadullin D. F., Vasilova N. Z., Tazutdinova M. R., Khusainova I. I., Gaifullina G. R. Kharakteristika effektivnosti genov ustoichivosti k listovoi buroi rzhavchine yarovoi pshenitsy v usloviyakh Respubliki Tatarstan [Characteristics of the efficiency of leaf rust resistance genes of spring wheat in the Republic of Tatarstan] // Zernovoe khozyaistvo Rossii. 2023. T. 15, № 4. S. 109–113. DOI: 10.31367/2079-8725-2023-87-4-109-113
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)]. Izd. 6-e, stereotip., perepech. s 5-go izd. M.: Al'yans, 2014. 352 s.
5. Meleshkina E. P., Kolomiets S. N., Shelenkova L. V., Koval' A. I. Tselevoe ispol'zovanie zerna i muki – trebovanie vremeni [Targeted use of grain and flour is a nowadays requirement] // Pishchevaya promyshlennost'. 2013. № 9. S. 64–66.
6. 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 izuchenie mirovoi kolleksii pshenitsy, egilopsa i tritcale [Replenishment, preservation in living form and study of the world collection of wheat, aegilops and tritcale]. Metodicheskie ukazaniya. SPb.: Izd-vo FGBNU «FITs VIR im. N. I. Vavilova», 1999. 82 s.
7. Sanin S. S., Neklesa N. P., Sanina A. A., Pakholkova E. V. Metodicheskie rekomendatsii po sozdaniyu infektsionnykh fonov dlya immunologicheskikh issledovaniy pshenitsy [Methodological

recommendations for developing infectious backgrounds for immunological study of wheat]. M., 2008. 68 s.

8. Baranova O., Solyanikova V., Kyrova E., Kon'kova E., Gaponov S., Sergeev V., Shevchenko S., Mal'chikov P., Dolzhenko D., Bespalova L., Ablova I., Tarhov A., Vasilova N., Askhadullin D., Askhadullin D., Sibikeev S. Evaluation of Resistance to Stem Rust and Identification of Sr Genes in Russian Spring and Winter Wheat Cultivars in the Volga Region // Agriculture. 2023. Vol. 13(3), Article number: 635. DOI: 10.3390/agriculture13030635

9. Bentley A.R., Donovan J., Sonder K., Baudron F., Lewis J.M., Voss R., Govaerts B. Near-to long-term measures to stabilize global wheat supplies and food security // Nature Food. 2022. Vol. 3, P. 483–486. DOI: 10.1038/s43016-022-00559-y

10. Peterson R.F., Campbell A.B., Hannah A.E. A diagrammatic scale for estimating rust intensity on leaves and stems of cereals // Canadian Journal of Research. 1948. Vol. 26, № 5. P. 496–500. DOI: 10.1139/cjr48c-033

11. Tadesse W., Sanchez-Garcia M., Assefa S.G., Amri A., Bishaw Z., Ogbonnaya F.C., Baum M. Genetic Gains in Wheat Breeding and Its Role in Feeding the World // Crop Breeding Genetics and Genomics. 2019. Vol. 1(1), Article number: e190005. DOI: 10.20900/cbgg2019000

Поступила: 16.02.24; доработана после рецензирования: 22.03.24; принята к публикации: 25.03.24.

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. Асхадуллин Данил Ф., Асхадуллин Дамир Ф. – сбор данных, анализ данных и их интерпретация, подготовка рукописи; Василова Н.З. – концептуализация исследования, сбор данных; Тазутдинова М.Р., Хусаинова И.И., Гайфуллина Г.Р. – подготовка опыта, сбор данных.

Все авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.

ИДЕНТИФИКАЦИЯ ГЕНОВ КАЧЕСТВА ЗЕРНА СРЕДИ СОРТОВ ОЗИМОЙ МЯГКОЙ ПШЕНИЦЫ

И. В. Потоцкая, доктор сельскохозяйственных наук, профессор кафедры агрономии, селекции и семеноводства, iv.pototskaya@omgau.org, ORCID ID: 0000-0003-3574-2875;

С. С. Шепелев, кандидат сельскохозяйственных наук, заведующий лабораторией генетики зерновых культур, ss.shepelev@omgau.org, ORCID ID: 0000-0002-4282-8725;

А. С. Чурсин, кандидат сельскохозяйственных наук, заведующий лабораторией селекции и семеноводства полевых культур, as.chursin@omgau.org, ORCID ID: 0000-0001-6797-6145;

А. М. Ковальчук, аспирант кафедры агрономии, селекции и семеноводства am.kovalchuk2032@omgau.org, ORCID ID: 0009-0006-8371-7243;

В. П. Шаманин, доктор сельскохозяйственных наук, профессор кафедры агрономии, селекции и семеноводства, vp.shamanin@omgau.org, ORCID ID: 0000-0003-4767-9957

ФГБОУ ВО «Омский государственный аграрный университет имени П. А. Столыпина» (ФГБОУ ВО Омский ГАУ),

644008, Омская обл., г. Омск, Институтская пл., д. 1

В настоящее время на рынке агропродукции представлен широкий ассортимент сортов озимой пшеницы отечественной селекции. Однако в связи с потеплением климата и усилением частоты засушливых лет актуальным является создание сортов с широкой адаптивностью, высоким потенциалом урожайности и качества зерна. Цель исследований – выявление новых генетических источников озимой мягкой пшеницы с комплексом благоприятных аллелей генов, контролирующих признаки качества зерна. В 2022–2023 гг. изучена коллекция из 26 сортов озимой мягкой пшеницы из селекционных учреждений Ростовской области и Краснодарского края с применением общепринятых селекционных методик. Проведен анализ технологических признаков качества и идентификация локусов, ассоциированных с данными признаками, с использованием KASP-маркеров, разработанных в Институте биологии и биотехнологии растений (Казахстан). Сорта селекции Федерального Ростовского АНЦ сформировали наибольшую урожайность (341 г/м²) при меньшем накоплении белка и клейковины (14,2 и 29,5 %), и напротив, сорта АНЦ «Донской» и Национального центра зерна имени П. П. Лукьяненко характеризовались более высокими показателями белка и клейковины (15,5–15,7 и 33,2–34,4 %), но меньшей урожайностью (244–276 г/м²). Сорта Донской Маяк, Конкурент, Находка, Ростовчанка 7, Дуплет и линия К 18918 отличались лучшими технологическими признаками зерна (белок >15 %, клейковина >30 %, индекс глютена >85 % и седиментация ≥53 %) и большим количеством благоприятных аллелей SNP локусов, сопряженных с этими признаками. Сорта Донна, Золушка, Донская Лира превзошли по урожайности стандарт Омская 4 (368–378 г/м²), но аллельные варианты выявленных маркеров у них ниже. Выделены сорта с максимальным числом благоприятных аллелей (10–11), сопряженных с технологическими признаками качества, рекомендуемые для улучшения сортов озимой пшеницы по качеству зерна: Донна, Золушка, Донская Лира (Федеральный Ростовский АНЦ), Донской Маяк, Конкурент, Находка, Ростовчанка 7 (АНЦ «Донской»), Дуплет, линия К 18918 (Национальный центр зерна имени П. П. Лукьяненко).

Ключевые слова: озимая пшеница, сорт, качество зерна, KASP-маркеры.

Для цитирования: Потоцкая И. В., Шепелев С. С., Чурсин А. С., Ковальчук А. М., Шаманин В. П. Идентификация генов качества зерна среди сортов озимой мягкой пшеницы // Зерновое хозяйство России. 2024. Т. 16, № 2. С. 43–48. DOI: 10.31367/2079-8725-2024-91-2-43-48.



IDENTIFICATION OF GRAIN QUALITY GENES AMONG WINTER COMMON WHEAT VARIETIES

I. V. Pototskaya, Doctor of Agricultural Sciences, professor of the department of agronomy, breeding and seed production, iv.pototskaya@omgau.org, ORCID ID: 0000-0003-3574-2875;

S. S. Shepelev, Candidate of Agricultural Sciences, head of the laboratory for grain crop genetics, ss.shepelev@omgau.org, ORCID ID: 0000-0002-4282-8725;

A. S. Chursin, Candidate of Agricultural Sciences, head of the laboratory for field crops' breeding and seed production, as.chursin@omgau.org, ORCID ID: 0000-0001-6797-6145;

A. M. Kovalchuk, post-graduate of the department of agronomy, breeding and seed production am.kovalchuk2032@omgau.org, ORCID ID: 0009-0006-8371-7243;

V. P. Shamanin, Doctor of Agricultural Sciences, professor of the department of agronomy, breeding and seed production, vp.shamanin@omgau.org, ORCID ID: 0000-0003-4767-9957

FSBEI HE "Omsk State Agrarian University named after P. A. Stolypin" (FSBEI HE Omsk SAU), 644008, Omsk region, Omsk, Institutskaia Sq. 1

Currently, the agricultural market offers a wide range of winter wheat varieties of domestic breeding. However, due to climate warming and the increasing frequency of arid years, it is urgent to develop varieties with wide adaptability, large productivity potential and grain quality. The purpose of the current study was to identify new genetic sources of winter common wheat with a complex of favorable gene alleles that control grain quality traits. In 2022–2023 there was studied the collection of 26 winter common wheat varieties from breeding institutions of the Rostov region and Krasnodar region using generally accepted breeding techniques. There was carried out an analysis of technological

quality traits and identification of loci associated with these traits using KASP-markers developed at the Institute of Plant Biology and Biotechnology (Kazakhstan). The varieties developed by the Federal Rostov ARC generated the largest productivity (341 g/m²) with less accumulation of protein and gluten (14.2 and 29.5 %), and, on the contrary, the varieties of the ARC "Donskoy" and the National Grain Center named after P. P. Lukyanenko were characterized by higher percentage of protein and gluten (15.5–15.7 and 33.2–34.4 %), but lower productivity (244–276 g/m²). The varieties 'Donskoy Mayak', 'Konkurent', 'Nakhodka', 'Rostovchanka 7', 'Duplet' and the line 'K 18918' were distinguished by the best technological traits of grain (protein >15 %, gluten >30 %, gluten index >85 % and sedimentation ≥53 %) and many favorable alleles of SNP loci associated with these features. The varieties 'Donna', 'Zolushka', 'Donskaya Lira' exceeded the standard 'Omskaya 4' (368–378 g/m²) in productivity, but their allelic variants of the identified markers were lower. There have been identified the varieties 'Donna', 'Zolushka', 'Donskaya Lira' (Federal Rostov ARC), 'Donskoy Mayak', 'Konkurent', 'Nakhodka', 'Rostovchanka 7' (ARC "Donskoy"), 'Duplet', 'line K 18918' ("National Grain Center named after P. P. Lukyanenko") with the maximum number of favorable alleles (10–11), associated with technological quality traits, recommended for improving winter wheat varieties in terms of grain quality.

Keywords: winter wheat, variety, grain quality, KASP markers.

Введение. В настоящее время на рынке агропродукции представлен широкий ассортимент сортов озимой пшеницы отечественной селекции. Однако в связи с потеплением климата и усилением частоты засушливых лет актуальным является создание сортов с широкой адаптивностью и отзывчивостью на интенсификацию агротехнологий, а также с высоким потенциалом урожайности и качества зерна. Признаки качества являются весьма вариабельными в зависимости от погодных условий, в этой связи вклад генотипа сорта и технологии возделывания играют важную роль в формировании высококачественного зерна пшеницы (Сандухадзе, 2010). Содержание белка и клейковины – основные показатели, определяющие качество и технологическое использование зерна пшеницы. Широкое генетическое разнообразие сортов пшеницы по данным признакам может быть использовано для получения высокоурожайных сортов с повышенной пищевой ценностью зерна (Cha et al., 2023). Среди платформ генотипирования технология KASP (Kompetitive Allele-Specific PCR) была разработана в дополнение к технологии SNP типирования с помощью чипов и обеспечивает высокую производительность и эффективность генотипирования пшеницы при относительно низких затратах (Kaur et al., 2020). Анализ полиморфизма сортов пшеницы с помощью KASP технологии позволяет выделить генотипы с комплексом благоприятных аллелей с целью их привлечения в стратегию скрещивания селекционных программ (Потоцкая и др., 2020; Лагуновская, 2023). В ряде исследований показана эффективность SNP типирования и выявления маркеров, сопряженных с признаками качества зерна, для улучшения сортов озимой пшеницы (Шаптуренко и др. 2016; Каракотов и др., 2022).

Цель исследований – выявление новых генетических источников озимой мягкой пшеницы с комплексом благоприятных аллелей генов, контролирующих признаки качества зерна.

Материалы и методы исследований. Изучена коллекция 26 сортов и линий озимой мягкой пшеницы российской селекции из учреждений Ростовской области и Краснодарского края:

Федеральный Ростовский АНЦ (Губернатор Дона, Донна, Донэра, Вестница, Донская Лира, Золушка, Донэко); АНЦ «Донской» (Ростовчанка 7, Донской Маяк, Находка, Дон 107, Донская Юбилейная, Донской Сюрприз, Konkurent, Танаис); Национальный центр зерна имени П. П. Лукьяненко (Этнос, Анка, Алексеич, Жива, Граф, Дуплет, Маркиз, Антонина, Гурт, К 18918, Л 2293).

Коллекция сортообразцов оценивалась в 2022–2023 гг. на малом опытном поле Омского ГАУ. Посев проводили сеялкой, площадь делянок 3 м² с нормой высева 500 зерен на 1 м², повторность 2-кратная, стандарты – Омская 4 и Безостая 1. Содержание белка, клейковины и зольность зерна определяли с помощью прибора Инфралюм ФТ-10М («Люмэкс», Россия); индекс глютена – на приборе Gluten Index Device-Y08; показатель седиментации – на аппарате седиментации Sedimentation Device-15 («YUCEBAS MACHINERY», Турция) (ГОСТ ISO 21415-2-2019, ГОСТ ISO 5529-2013). Дисперсионный анализ проводили по руководству Доспехова с использованием Microsoft Excel. Молекулярно-генетический анализ образцов озимой пшеницы проведен по 55 KASP-маркерам, в том числе 13-ти, ассоциированным с признаками качества зерна (табл. 1). KASP-маркеры разработаны в лаборатории молекулярной генетики Института биологии и биотехнологии растений (Казахстан) на основе данных GWAS и поиска SNP локусов, ассоциированных с фенотипическим проявлением признака (Amalova et al., 2022). Вегетационный период 2022 г. характеризовался как засушливый (ГТК = 0,91) со средними декадными температурами, неравномерным распределением осадков – в мае сумма осадков составила 35 % от среднемноголетней (6 мм); 2023 г. характеризовался как острозасушливый (ГТК = 0,63) с большим недобором осадков в мае (12 мм) и, напротив, превышением среднегодового количества осадков в августе – начале сентября (46 мм). В зимний период в 2021–2022 гг. отмечена меньшая высота снежного покрова (20,1 см) в сравнении с 2022–2023 гг. (24,9 см), тогда как среднесуточные температуры существенно не отличались.

Таблица 1. KASP-маркеры, используемые для идентификации генов качества зерна
Table 1. KASP-markers used for identification of grain quality genes

Признак	KASP ID	Хромосома	Позиция	Аллель
Клейковина, %	<i>ipbb_ta_219</i>	1D	81,4	C / T*
Белок / Клейковина, %	<i>ipbb_ta_220</i>	6A	72	G / T
Натура, г/л	<i>ipbb_ta_247</i>	3B	70852262	G / A
Крахмал, %	<i>ipbb_ta_249</i>	4A	614111171	C / A
Натура, г/л	<i>ipbb_ta_253</i>	5A	698509784	C / T
Натура, г/л	<i>ipbb_ta_257</i>	1A	87,832	C / T
Клейковина, % / Седиментация, мл	<i>ipbb_ta_258</i>	1D	12,3904	C / T
Белок, %	<i>ipbb_ta_261</i>	4A	40,1001	A / G
Белок, %	<i>ipbb_ta_272</i>	7B	32,2946	A / C
Стекловидность, %	<i>ipbb_ta_274</i>	1B	99,1	A / G
Седиментация, мл	<i>ipbb_ta_275</i>	1B	109,2	A / G
Белок, %	<i>ipbb_ta_278</i>	2D	35,6	A / G
Седиментация, мл	<i>ipbb_ta_283</i>	6A	56,3	C / T

Примечание. * – полужирным шрифтом обозначены благоприятные аллели.

Результаты и их обсуждение. Оценка качества и урожайности зерна коллекционных образцов озимой пшеницы за два года исследований выявила, что среди изученных признаков широкий размах изменчивости отме-

чен у содержания клейковины (25,8–41,3 %) и показателя седиментации (36–67 мл), а также массы 1000 зерен (26,5–49,8 г) и урожайности (83–378 г/м²) (табл. 2).

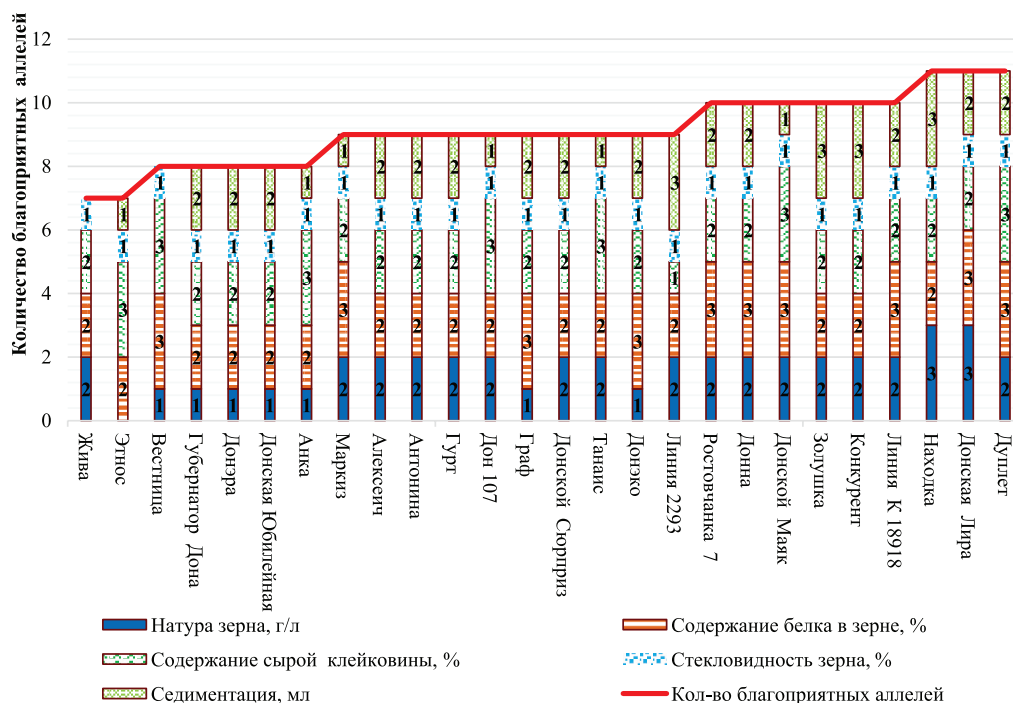
Таблица 2. Урожайность и признаки технологических свойств зерна сортообразцов озимой пшеницы (2022–2023 гг.)
Table 2. Productivity and traits of technological properties of winter wheat varieties' grain (2022–2023)

Признак		Федеральный Ростовский АНЦ	АНЦ «Донской»	НЦ зерна имени П. П. Лукьяненко
Количество образцов, шт.		7	8	11
Содержание белка, %	min–max	13,2–15,3	13,5–16,9	13,3–17,5
	среднее	14,2±5,38	15,4±5,45	15,7±4,53
Содержание клейковины, %	min–max	25,8–33,8	25,9–38,4	25,9–41,3
	среднее	29,5±11,1	33,2±11,7	34,4±9,94
Зольность зерна, %	min–max	1,69–1,78	1,50–1,93	1,60–2,11
	среднее	1,70±0,65	1,80±0,62	1,80±0,52
Индекс глютена, %	min–max	95,2–98,1	85,2–98,9	88,9–99,1
	среднее	97,0±36,7	95,9±33,9	95,2±27,5
Седиментация, мл	min–max	36,0–56,8	46,0–67,0	46,0–67,0
	среднее	46,5±17,6	57,7±20,4	55,3±15,9
Масса 1000 зерен, г	min–max	32,4–49,8	33,6–40,3	26,5–43,6
	среднее	38,3±14,5	36,5±12,9	35,4±10,2
Урожайность, г/м ²	min–max	213–378	150–352	83–375
	среднее	341±129	276±98	244±70

Отмечена отрицательная корреляция между содержанием белка и клейковины в зерне и урожайностью ($r = -0,27$ и $r = -0,30$ соответственно) в условиях Западной Сибири. Так, сорта селекции Федерального Ростовского АНЦ сформировали наибольшую урожайность (341 г/м²) при меньшем накоплении белка и клейковины (14,2 и 29,5 % соответственно), и напротив, сорта Национального центра зерна имени П. П. Лукьяненко характеризовались более высокими показателями белка и клейковины (15,7 и 34,4 %), но меньшей урожайностью (244 г/м²). Генотипы сортов озимой пшеницы из АНЦ «Донской» имели высокие значения белка (15,4 %), клейковины (33,2 %), индекса глютена (95,9 %) и седиментации (57,7 мл) при средней урожайности 276 г/м². В более засушливых условиях 2022 г. в период налива зерна показатели белка и клейковины в зер-

не коллекционных образцов были существенно выше (16,5 и 37,0 %) в сравнении с 2023 г. (13,6 и 27,2 %).

Современные методы селекции позволяют существенно сократить сроки создания сортов пшеницы, но эти методы, к сожалению, финансово емки, и у селекционных учреждений зачастую не хватает средств на их внедрение. Генотипирование сортов с использованием KASP-маркеров является относительно недорогим и эффективным методом выделения ценных генетических источников среди селекционного материала (Никитина и др., 2022; Галимова и др., 2023). Изученные сорта озимой пшеницы ранжированы по количеству благоприятных аллелей (7–11), ассоциированных с признаками качества зерна: натурой и стекло-видностью зерна, содержанием белка и клейковины, показателем седиментации (см. рис.).



Распределение образцов озимой пшеницы в соответствии с наличием благоприятных аллелей, ассоциированных с признаками качества зерна
Distribution of winter wheat samples according to the presence of favorable alleles associated with grain quality traits

Среди изученных KASP-маркеров, сопряженных с признаками качества зерна, частота встречаемости благоприятных аллелей для полиморфных локусов варьировала от 0,026 до 0,990. Наибольшая частота встречаемости выявлена для благоприятных аллелей локусов *ipbb_ta_257* (0,865), натура зерна; *ipbb_ta_220* (0,990), *ipbb_ta_261* (0,932), содержание белка; *ipbb_ta_219* (0,833), *ipbb_ta_220* (0,990), содержание клейковины; *ipbb_ta_274* (0,969), стекловидность зерна. Некоторые SNP-локусы (*ipbb_ta_220* и *ipbb_ta_258*) имеют плейотропный эффект, контролируя два признака одновременно (белок и клейковину, клейковину и показатель седиментации). Например, сорта

Маркиз, Антонина, Гурт (Национальный центр зерна имени П.П. Лукьяненко) показали высокие значения белка, клейковины и седиментации за годы исследований (16,9–17,5%; 34,8–41,3%; 50–67 мл) среди изученных образцов; в этих сортах идентифицированы маркерные гены *ipbb_ta_219*, *ipbb_ta_220*, *ipbb_ta_258*, *ipbb_ta_261*. Эта особенность может быть использована как фактор при отборе генотипов для улучшения качества зерна озимой пшеницы в селекционных программах. Выделены образцы, несущие максимальное число благоприятных аллелей, оказывающих положительный эффект на экспрессию признаков качества зерна (табл. 3).

Таблица 3. Характеристика качества зерна сортов озимой пшеницы с максимальным числом благоприятных аллелей (2022–2023 гг.)
Table 3. Characteristics of grain quality of winter wheat varieties with the maximum number of favorable alleles (2022–2023)

Сорт	Содержание белка, %	Содержание клейковины, %	Зольность зерна, %	Индекс глютена, %	Седиментация, мл	Масса 1000 зерен, г	Урожайность, г/м ²
Федеральный Ростовский АНЦ							
Донна	13,2	25,8	1,73*	97,5	45,8	37,8*	378*
Золушка	14,3	29,9	1,78*	96,1	37,0	34,9*	376*
Донская Лира	14,0	29,0	1,66	97,1	36,0	37,9*	368*
АНЦ «Донской»							
Донской Маяк	15,1	30,4	1,78*	98,9*	61,5*	37,3*	329
Конкурент	15,6*	33,3*	1,71	98,7*	63,0*	40,3*	243
Находка	16,9*	38,4*	1,48	85,2	67,0*	35,8*	234
Ростовчанка 7	16,8*	38,2*	1,93*	97,4	66,5*	34,7*	150
Национальный центр зерна имени П.П. Лукьяненко							
Линия К 18918	15,6*	34,0*	1,82*	88,9*	53,0	31,2*	316
Дуплет	15,8*	32,8*	2,11*	99,1*	53,0	43,6*	267
Безостая 1, st	15,4	33,5	1,61	97,2	57,5	37,9	313
Омская 4, st	15,1	31,3	1,67	97,8	54,4	25,7	335
НСР ₀₅	0,45	1,39	0,05	0,67	4,04	2,15	21,3

Примечание. * – достоверное превышение над стандартом Омская 4.

Анализ KASP-маркеров, идентифицированных у данных сортов, показал деление генотипов на две группы в зависимости от фенотипического проявления признаков. Сорта Донской Маяк, Конкурент, Находка, Ростовчанка 7, Дуплет и линия К 18918 отличались лучшими технологическими признаками зерна (белок >15 %, клейковина >30 %, индекс глютена >85 % и седиментация ≥53 %) и большим аллельным разнообразием маркеров, сопряженных с этими признаками: *ipbb_ta_219*, *ipbb_ta_220*, *ipbb_ta_258*, *ipbb_ta_261*, *ipbb_ta_272*, *ipbb_ta_275*, *ipbb_ta_278*, *ipbb_ta_283* в разных сочетаниях. Зольность зерна этих сортов составила 1,48–2,11% при низкой вариабельности признака между изученными генотипами.

Сорта Донна, Золушка, Донская Лира превосшли по урожайности стандарт Омская 4 (368–378 г/м²), но количество выявленных благоприятных аллелей SNP-локусов у них ниже (*ipbb_ta_219*, *ipbb_ta_220*, *ipbb_ta_258*, *ipbb_ta_261*, *ipbb_ta_272*, *ipbb_ta_275*). Следует отметить, что фенотипическая выраженность признаков качества у этих сортов соответствует требованиям, предъявляемым к сильной пшенице, за исключением седиментации (36–45,8 мл), которая лишь косвенно характеризует качество клейковины. Стандарты Омская 4 (*ipbb_ta_220*, *ipbb_ta_258*, *ipbb_ta_261*, *ipbb_ta_283*) и Безостая 1 (*ipbb_ta_219*, *ipbb_ta_220*, *ipbb_ta_261*, *ipbb_ta_272*) несут благоприятные аллели четырех локусов, ассоциированных с признаками накопления белка, клейковины и седиментации.

Выводы. Выявлен значительный полиморфизм среди сортов озимой пшеницы различных селекционных учреждений по SNP-локусам и источники с наибольшим числом благоприятных аллелей (10–11) по изученным SNP-локусам, которые рекомендуются в качестве нового исходного материала для улучшения

сорта озимой пшеницы по качеству зерна: Донна, Золушка, Донская Лира (Ростовский АНЦ), Донской Маяк, Конкурент, Находка, Ростовчанка 7 (АНЦ «Донской»), Дуплет, линия К 18918 (Национальный центр зерна имени П.П. Лукьяненко).

Отличительной особенностью сортов селекции Федерального Ростовского АНЦ с высоким потенциалом продуктивности (341 г/м²) является более низкий полиморфизм по SNP-локусам, сцепленным с генами, оказывающими положительный эффект на формирование высококачественного зерна.

Сорта из АНЦ «Донской» и Национального центра зерна имени П.П. Лукьяненко отличались меньшей урожайностью (244–276 г/м²), но лучшими технологическими признаками зерна (белок >15 %, клейковина >30 %, индекс глютена >95 % и седиментация ≥55 %), включая большее аллельное разнообразие локусов, сопряженных с этими признаками.

Наибольшая частота встречаемости выявлена для благоприятных аллелей локусов *ipbb_ta_257* (0,865), натура зерна; *ipbb_ta_220* (0,990), *ipbb_ta_261* (0,932), содержание белка; *ipbb_ta_219* (0,833), *ipbb_ta_220* (0,990), содержание клейковины; *ipbb_ta_274* (0,969), стекловидность зерна. Выявлен плейотропный эффект SNP-локусов *ipbb_ta_220* и *ipbb_ta_258* на несколько признаков одновременно у сортов Маркиз, Антонина, Гурт (Национальный центр зерна имени П.П. Лукьяненко), имевших высокие значения белка, клейковины и седиментации (16,9–17,5%; 34,8–41,3%; 50–67 мл). Эта особенность может быть использована как фактор при отборе генотипов для улучшения качества зерна озимой пшеницы в селекционных программах.

Финансирование. Исследования проведены при поддержке Российского научного фонда (соглашение № 23-16-20006 от 20.04.2023 г.).

Библиографические ссылки

1. Галимова А.А., Кулуев А.Р., Исмагилов К.Р., Кулуев Б.Р. Генетический полиморфизм локусов высокомолекулярных субъединиц глютенина у сортообразцов мягкой пшеницы Предуральской степной зоны // Вавиловский журнал генетики и селекции. 2023. Т. 27 (4), С. 297–305. DOI: 10.18699/VJGB-23-36
2. Каракотов С.Д., Карлов Г.И., Прянишников А.И., Дивашук М.Г., Хверенец С.Е., Титов В.Н., Попова В.М. К использованию алгоритмов маркерной селекции для улучшения сортов озимой пшеницы // Вестник аграрной науки. 2022. Т. 3 (96), С. 8–17. DOI: 10.17238/issn2587-666X.2022.3.8
3. Лагуновская, Е.В. Оценка гомозиготности и аллельного состава генов, ассоциированных с хозяйственно ценными признаками, у диний удвоенных гаплоидов пшеницы и тритикале // Молекулярная и прикладная генетика. 2023. Т. 34, С. 28–40.
4. Никитина Е.А., Архипов А.В., Минькова Я.В., Яновский А.С., Коробкова В.А., Самарина М.А., Черноок А.Г., Крупин П.Ю., Карлов Г.И., Дивашук М.Г. Конкурентная аллель-специфичная ПЦР (KASP): особенности, интерпретация результатов // Известия ТСХА. 2022. Вып. 6. С. 79–93.
5. Потоцкая И.В., Шаманин В.П., Шепелев С.С., Пожерукова В.Е., Моргунов А.И. Фенотипическая и генотипическая оценка линий гексаплоидной синтетической пшеницы с геномом Ae. *tauschii* (AABBDD) по параметрам зерновки в условиях Западной Сибири // Сельскохозяйственная биология. 2020. Т. 55, № 1. С. 15–26. DOI: 10.15389/agrobiology.2020.1.15rus
6. Сандухадзе, Б.И. Селекция озимой пшеницы – важнейший фактор повышения урожайности и качества // Достижения науки и техники АПК. 2010. № 11. С. 4–6.
7. Шаптуренко М.Н., Вакула С.В., Корзун В., Хотылева Л.В. SNP-анализ генетического разнообразия пшеницы Беларуси // Доклады Национальной академии наук Беларуси. 2016. Т. 60 (4), С. 98–103.
8. Amalova A., Yermekbayev K., Griffiths S., Abugalieva S., Babkenov A., Fedorenko E., Abugalieva A., Turuspekov Y. Identification of quantitative trait loci of agronomic traits in bread wheat using a Pamyati

Azieva× Paragon mapping population harvested in three regions of Kazakhstan // PeerJ. 2022. Vol. 10, Article number: e14324.

9. Cha J.-K., Park H., Kwon Y., Lee S.-M., Oh K.-W., Lee J.-H. Genotyping the High Protein Content Gene NAM-B1 in Wheat (*Triticum aestivum* L.) and the Development of a KASP Marker to Identify a Functional Haplotype // Agronomy. 2023. Vol. 13, Article number: 1977. DOI: 10.3390/agronomy13081977

10. Kaur B., Mavi G. S., Gill M. S., Saini D. K. Utilization of KASP technology for wheat improvement // Cereal Research Communications. 2020. Vol. 48, P. 409–421. DOI: 10.1007/s42976-020-00057-6

References

1. Galimova A.A., Kuluev A.R., Ismagilov K.R., Kuluev B.R. Geneticheskii polimorfizm lokusov vysokomolekulyarnykh sub"edinit glyutenina u sortoobraztsov myagkoi pshenitsy Predural'skoi stepnoi zony [Genetic polymorphism of loci of high molecular weight glutenin subunits in the common wheat varieties of the Cis-Ural steppe zone] // Vavilovskii zhurnal genetiki i selektsii. 2023. T. 27(4), S. 297–305. DOI: 10.18699/VJGB-23-36

2. Karakotov S.D., Karlov G.I., Pryanishnikov A.I., Divashuk M.G., Khverenets S.E., Titov V.N., Popova V.M. K ispol'zovaniyu algoritmov markernoi selektsii dlya uluchsheniya sortov ozimoi pshenitsy [Towards the use of marker breeding algorithms to improve winter wheat varieties] // Vestnik agrarnoi nauki. 2022. T. 3(96), S. 8–17. DOI: 10.17238/issn2587-666X.2022.3.8

3. Lagunovskaya, E.V. Otsenka gomozigotnosti i allel'nogo sostava genov, assotsiirovannykh s khozyaistvenno tsennymi priznakami, u dinii udvoennykh gaploidov pshenitsy i tritikale [Estimation of homozygosity and allelic composition of genes associated with economically valuable traits in lines of doubled haploids of wheat and triticale] // Molekulyarnaya i prikladnaya genetika. 2023. T. 34, S. 28–40.

4. Nikitina E.A., Arkhipov A.V., Min'kova Ya. V., Yanovskii A.C., Korobkova V.A., Samarina M.A., Chernook A.G., Krupin P. Yu., Karlov G.I., Divashuk M.G. Konkurentnaya allel'-spetsifichnaya PTsR (KASP): osobennosti, interpretatsiya rezul'tatov [Competitive allele-specific PCR (KASP): features, interpretation of results] // Izvestiya TSKhA. 2022. Vyp. 6, S.79–93.

5. Pototskaya I.V., Shamanin V.P., Shepelev S.S., Pozherukova V.E., Morgunov A.I. Fenotipicheskaya i genotipicheskaya otsenka linii geksaploidnoi sinteticheskoi pshenitsy s genomom Ae. *tauschii* (AABBDD) po parametram zernovki v usloviyakh Zapadnoi Sibiri [Phenotypic and genotypic estimation of hexaploid synthetic wheat lines with the Ae genome. *tauschii* (AABBDD) according to grain parameters in Western Siberia] // Sel'skokhozyaistvennaya biologiya. 2020. T. 55, № 1. S. 15–26. DOI: 10.15389/agrobiologiya.2020.1.15rus

6. Sandukhadze, B.I. Selekttsiya ozimoi pshenitsy – vazhneishii faktor povysheniya urozhainosti i kachestva [Winter wheat breeding is the most important factor in improving productivity and quality] // Dostizheniya nauki i tekhniki APK. 2010. № 11. S. 4–6.

7. Shapturenko M.N., Vakula S.V., Korzun V., Khotyleva L.V. SNP-analiz geneticheskogo raznoobraziya psheniitsy Belarusi [SNP-analysis of genetic diversity of wheat in Belarus] // Doklady Natsional'noi akademii nauk Belarusi. 2016. T. 60(4), S. 98–103.

8. Amalova A., Yermekbayev K., Griffiths S., Abugalieva S., Babkenov A., Fedorenko E., Abugalieva A., Turuspekov Y. Identification of quantitative trait loci of agronomic traits in bread wheat using a Pamyati Azieva× Paragon mapping population harvested in three regions of Kazakhstan // PeerJ. 2022. Vol. 10, Article number: e14324.

9. Cha J.-K., Park H., Kwon Y., Lee S.-M., Oh K.-W., Lee J.-H. Genotyping the High Protein Content Gene NAM-B1 in Wheat (*Triticum aestivum* L.) and the Development of a KASP Marker to Identify a Functional Haplotype // Agronomy. 2023. Vol. 13, Article number: 1977. DOI: 10.3390/agronomy13081977

10. Kaur B., Mavi G. S., Gill M. S., Saini D. K. Utilization of KASP technology for wheat improvement // Cereal Research Communications. 2020. Vol. 48, P. 409–421. DOI: 10.1007/s42976-020-00057-6

Поступила: 07.03.24; доработана после рецензирования: 07.04.24; принята к публикации: 09.04.24.

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

Конфликт интересов. Авторы статьи заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Авторский вклад. Потоцкая И.В. – анализ данных, обзор литературы и написание статьи; Шепелев С.С. – выполнение полевых опытов, сбор данных, математическая обработка; Чурсин А.С. – проведение полевых исследований; Ковальчук А.М. – проведение полевых исследований; Шаманин В.П. – концептуализация и интерпретация результатов исследований.

Все авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.

ОЦЕНКА ПАРАМЕТРОВ АДАПТИВНОСТИ КОЛЛЕКЦИОННЫХ СОРТООБРАЗЦОВ ОВСА ПЛЕНЧАТОГО ПО УРОЖАЙНОСТИ В УСЛОВИЯХ КИРОВСКОЙ ОБЛАСТИ

М. В. Тулякова, старший научный сотрудник лаборатории селекции и первичного семеноводства овса, Tulyakova1966@bk.ru, ORCID ID: 0000-0002-4493-1005;
Г. А. Баталова, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, академик РАН, заведующий отделом селекции и семеноводства овса, g.batalova@mail.ru, ORCID ID: 0000-0002-3491-499X;
С. С. Салтыков, младший научный сотрудник лаборатории селекции и первичного семеноводства овса, sergei3221@outlook.com, ORCID ID: 0009-0001-2371-0617;
С. В. Пермякова, младший научный сотрудник лаборатории селекции и первичного семеноводства овса, fss.nauka@mail.ru, ORCID ID: 0000-0002-9595-1129
ФГБНУ «Федеральный аграрный научный центр Северо-Востока им. Н. В. Рудницкого», 610007, г Киров, ул. Ленина, 166А; e-mail: Tulyakova1966@bk.ru?

В статье представлены результаты исследований, проведенных в 2021–2023 гг. на опытном поле Фалёнской селекционной станции филиала ФГБНУ ФАНЦ Северо-Востока. Цель исследований – оценка коллекционных сортов овса пленчатого по урожайности зерна, параметрам адаптивности в почвенно-климатических условиях Кировской области. Материалом для изучения послужили 9 коллекционных сортов овса и сорт стандарт Кречет. По признаку «урожайность» проводили расчет параметров адаптивности. В годы испытаний изучаемые сорта овса в значительной степени отличались изменчивостью урожайности ($V = 16,8–30,0 \%$). Наибольшее влияние на формирование урожайности овса оказал фактор «год» – $90,3 \%$. В засушливом 2021 г. урожайность сортов овса была низкой ($276–401 \text{ г/м}^2$) при отрицательном индексе условий среды ($I_j = -163$), в наиболее благоприятном 2022 г. – соответственно $463–682 \text{ г/м}^2$ и $I_j = 104$. Высокой стрессоустойчивостью, характеризовались сорта овса к-3967 0144 (-190 г/м^2) и 15584 Мутант 258 (-214 г/м^2). Высокая генетическая гибкость в контрастных условиях по средней урожайности отмечена у сортов овса 15472 Sumphony (504 г/м^2), к-3967 0144 (496 г/м^2) и 15340 Уран (487 г/м^2). Выделены генисточки: пластичные к-3967 0144, 15472 Sumphony, 15340 Уран, к-3951 0146, к-3954 0149 ($ИЭП = 1,13–1,0$); с высокой стабильностью признака урожайности к-3967 0144, 15584 Мутант 258, к-3954 0149 ($SF = 1,47–1,78$). Низкую вариабельность и высокую гомеостатичность наблюдали у сортов овса к-3967 0144, 15584 Мутант 258, к-3954 0149 ($V = 16,8–22,8 \%$; $Нот = 31,31–20,75$) с высоким индексом стабильности ($Ис = 5,95–4,38$). Коэффициент адаптивности подтверждает высокую адаптивность сортов овса к-3967 0144, 15472 Sumphony и 15340 Уран ($КА = 112,3–108 \%$). В адаптивной селекции для дальнейшей работы представляют интерес сорта овса к-3967 0144, 15584 Мутант 258, к-3954 0149, 15472 Sumphony, 15340 Уран, которые наиболее адаптивны по сумме рангов. На основании комплексной оценки по признаку «урожайность», параметрам адаптивности лучшим сортом овса признан к-3967 0144, который способен формировать высокую среднюю урожайность (526 г/м^2) в меняющихся погодных условиях.

Ключевые слова: сорта овса, урожайность, индекс условий среды, адаптивность, стабильность, пластичность.

Для цитирования: Тулякова М. В., Баталова Г. А., Салтыков С. С., Пермякова С. В. Оценка параметров адаптивности коллекционных сортов овса пленчатого по урожайности в условиях Кировской области // Зерновое хозяйство России. 2024. Т. 16, № 2. С. 49–55. DOI: 10.31367/2079-8725-2024-91-2-49-55.



ESTIMATION OF ADAPTABILITY PARAMETERS OF COLLECTION HULLED OATS VARIETIES ACCORDING TO PRODUCTIVITY IN THE KIROV REGION

M. V. Tulyakova, senior researcher of the laboratory for oats breeding and primary seed production, fss.nauka@mail.ru, ORCID ID: 0000-0002-4493-1005;
G. A. Batalova, Doctor of Agricultural Sciences, professor, academician RAS, head of the department of oats breeding and primary seed production, g.batalova@mail.ru, ORCID ID: 0000-0002-3491-499X;
S. S. Saltykov, junior researcher of the laboratory for oats breeding and primary seed production, sergei3221@outlook.com, ORCID ID: 0009-0001-2371-0617;
S. V. Permyakova, junior researcher of the laboratory for oats breeding and primary seed production, fss.nauka@mail.ru, ORCID ID: 0000-0002-9595-1129
FSBSI "Federal Agricultural Research Center of the North-East named after N. V. Rudnitsky" 610007, Kirov, Lenin Str., 166A; e-mail: Tulyakova1966@bk.ru

The current paper has presented the study results conducted on the experimental plot of the Falenskaya breeding station of the branch of the FSBI FANC of the North-East in 2021–2023. The purpose of the study was to evaluate the collection hulled oat varieties according to grain productivity and adaptability parameters in the soil and climatic conditions of the Kirov region. The materials for the study were 9 collection oat varieties and the standard variety 'Krechet'. According to the trait 'productivity', there have been estimated adaptability parameters. During the testing years, the studied variety samples differed significantly in productivity variability ($V = 16.8–30.0 \%$). The factor

'year' had the greatest effect on the formation of oat yields (90.3 %). In the arid year of 2021, the varieties' productivity was low (276–401 g/m²), with a negative index of environmental conditions ($I_j = -163$), in the most favorable year of 2022, it was 463–682 g/m² and $I_j = 104$, respectively. The variety samples 'k-3967 0144' (-190 g/m²) and '15584 Mutant 258' (-214 g/m²) were characterized by high stress resistance. High genetic flexibility of mean productivity under contrasting conditions was established in the variety samples '15472 Sumphony' (504 g/m²), 'k-3967 0144' (496 g/m²) and '15340 Uran' (487 g/m²). There have been identified such gene sources as plastic 'k-3967 0144', '15472 Sumphony', '15340 Uran', 'k-3951 0146', 'k-3954 0149' ($IEP = 1.13-1.0$), and with high stability of the trait 'productivity' 'k-3967 0144', '15584 Mutant 258', 'k-3954 0149' ($SF = 1.47-1.78$). Low variability and high homeostaticity were found in the variety samples 'k-3967 0144', '15584 Mutant 258', 'k-3954 0149' ($V = 16.8-22.8$ %; $Hom = 31.31-20.75$) with a high stability index ($Is = 5.95-4.38$). The adaptability coefficient has confirmed the high adaptability of variety samples 'k-3967 0144', '15472 Sumphony' and '15340 Uran' ($KA = 112.3-108$ %). In adaptive breeding for further work, the varieties 'k-3967 0144', '15584 Mutant 258', 'k-3954 0149', '15472 Sumphony', '15340 Uran' are of great interest, since they are the most adaptive in terms of the sum of ranks. Based on a comprehensive estimation of productivity and adaptability parameters, 'k-3967 0144' was recognized as the best variety sample, which can give a large mean productivity (526 g/m²) in changing weather conditions.

Keywords: variety sample, productivity, environmental index, adaptability, stability, plasticity.

Введение. Овес во всем мире широко известная культура, которая способна формировать экономически значимые урожаи зерна в различных агроклиматических условиях. Проблема приспособления его в Волго-Вятском регионе связана с контрастностью условий ведения земледелия, в том числе неравномерным по годам распределением тепла и осадков (Баталова и др., 2021). Сорт – это основа любой отрасли сельскохозяйственного производства, он определяет основные требования к технологии возделывания (Сапега и Турсумбекова, 2020). В регионах с меняющимися на протяжении всего периода вегетации агроклиматическими условиями, значение имеет в первую очередь экологическая сортоустойчивость (Путина и Беседин, 2019). Сочетание в сорте высокого уровня продуктивности и экологической стабильности на сегодняшний день становится важной задачей (Hassan et al., 2013). На рост и развитие растений большое влияние оказывают стрессовые факторы окружающей среды, которые в дальнейшем могут привести к снижению урожайности зерна (Tshikunde et al., 2019). Урожайность – важный признак, характеризующий селекционную ценность генотипа, в то же время урожайность – это сложный генетический признак, который зависит от многих составляющих. Отмечают, что на формирование урожайности большое влияние оказывают погодные условия и тип почв (Асеева и Зенкина, 2019). Для правильного размещения сортов в различных почвенно-климатических зонах необходим их потенциал адаптивности (Рыбась и др., 2023). Перед селекционерами стоит задача создания новых экологически пластичных сортов, характеризующихся высокой урожайностью и адаптивностью к меняющимся климатическим условиям среды (Ашиев и др., 2023).

Цель исследований – оценка коллекционных сортообразцов овса пленчатого по урожайности зерна, параметрам адаптивности в почвенно-климатических условиях Кировской области.

Материалы и методы исследований. Изучение коллекционных сортообразцов овса пленчатого проводили в 2021–2023 гг. на опытном поле Фалёнской селекционной станции филиала ФГБНУ ФАНЦ Северо-Востока: стрес-

соустойчивость определяли по А.А. Rossielle, J. Hemblin (1981) в изложении А.А. Гончаренко (2005); индекс экологической пластичности (ИЭП) – по А.А. Грязнову, коэффициент адаптивности – по Л.А. Животкову и др. (Поползухин и др., 2018); гомеостатичность (Hom) – по В.В. Хангильдину, индекс стабильности (Ис) рассчитывали по Р.А. Удачину (Аниськов и Сафонова, 2020); фактор стабильности считали согласно методике Lewis L., (1954) в изложении Юсовой и др., 2020. Объекты исследований – 9 сортообразцов овса пленчатого, выделенные по наивысшей урожайности из коллекционного питомника: 15472 Sumphony (Германия), 15584 Мутант 258 (Швеция), 15338 Креол, 15337 Половец, 15340 Уран (Россия), к-3954 0149, к-3967 0144, к-3951 0146, к-3959 0130 (США) и сорт стандарт Кречет (Россия). Почва опытного участка дерново-подзолистая, предшественник горох посевной, посев был проведен на делянках площадью 1 м² в трехкратной повторности. Статистическая обработка данных выполнена с использованием пакета селекционно-ориентированной программы AGROS, версия 2.07.

Годы проведения исследований характеризовались контрастными условиями. Период вегетации 2021 г. отмечен как засушливый – ГТК = 0,68. Май был жарким, среднемесячная температура воздуха 15,0 °С, превышение нормы на 4,8 °С, ГТК за месяц составил 0,89. Июнь характеризовался как очень сухой (ГТК = 0,33), осадки практически отсутствовали, количество их составило 19,1 мм (29 % от нормы). Среднемесячная температура воздуха (19,3 °С) превысила климатическую норму на 3,3 °С. В июле преобладала теплая, временами жаркая погода, в некоторые дни температура воздуха достигала 30,6 °С и в среднем составила 18,8 °С, выпало 65,3 мм осадков (85 % от нормы). На протяжении всего периода вегетации наблюдали засуху, все это привело к ускоренному прохождению фаз развития растений и впоследствии негативно сказалось на урожайности овса. Вегетационный период 2022 и 2023 гг. характеризовался как недостаточной влажный (ГТК = 0,75 и 0,89 соответственно). В 2022 г. май и июнь были влагообеспеченными (ГТК = 1,68 и 1,40). Наблюдали понижение относительно средней многолетней среднесу-

точной температуры воздуха – в мае на 1,9 °С, в июне на 0,7 °С соответственно. Сумма осадков за май и июнь составила 63,8 и 66,2 мм (138 и 100 % от нормы). Июль и август были засушливыми (ГТК = 0,84 и 0,14). В 1-й декаде июля выпало 36,0 мм осадков (119 % нормы). Выпавшие осадки в мае, июне и в 1-й декаде июля обеспечили запас влаги в почве, который оказал положительное влияние на рост и развитие растений овса на протяжении всего периода вегетации. В целом был получен высокий урожай зерна. В мае 2023 г. выпало 44,3 мм осадков, или 96 % от средней многолетней, ГТК = 0,96. В период «посев–кущение» выпало 40,1 мм осадков, что составляло 113 % от среднелетнего количества. ГТК в июне был

равен 0,65, однако осадки выпали в особенно важный для формирования высокой урожайности период – «кущение–выход в трубку». В июле сумма осадков составила 79,5 мм (103 % от нормы), ГТК = 1,36. Все это способствовало получению высокого урожая зерна.

Результаты и их обсуждение. Методом дисперсионного анализа установлено достоверное влияние факторов и их взаимодействие на урожайность овса. На изменение урожайности основное влияние оказал фактор А (год) – 90,3 %. Доля влияния генотипа фактора В (сорт) невелика и составила 3,2 %. Взаимодействие факторов (А × В) – 6,47 % свидетельствует о возможности повышения урожайности при использовании адаптивных сортов (табл. 1).

Таблица 1. Результаты дисперсионного двухфакторного анализа по урожайности коллекционных сортообразцов овса (2021–2023 гг.)
Table 1. Results of two-factor analysis of variance of productivity of the collection oat variety samples (2021–2023)

Источник варьирования	Сумма квадратов	Степень свободы	Средний квадрат	F _ф	F ₀₅	Доля влияния фактора, %
Общая	15161188,0	269	–	–	–	–
Варианты	15161134,0	89	–	–	–	–
Фактор А (год)	13689927,0	2	6844963,5	22675002,0	19,46	90,3
Фактор В (сорт)	490391,625	29	16910,057	1,0	1,69	3,23
Взаимодействие А×В	980815,375	58	16910,609	56019,016	1,52	6,47
Остаток	53,733	178	0,302	–	–	–

Примечание. * – значимо на 5%-м уровне.

В годы испытаний все изучаемые генотипы, судя по коэффициенту вариации ($V = 16,8–30,0\%$), в значительной степени отличались изменчивостью урожайности. Адаптивные с низким коэффициентом вариации отмечены у сортообразцов к-3967 0144, 15584 Мутант 258, к-3954 0149 ($V = 16,8–22,8\%$). С высоким коэффициентом вариации был сортообразец к-3951 0146 ($V = 30,0\%$). Индекс условий среды в годы наших исследований обладал существенной вариабельностью.

Условия 2021 г. ввиду его отрицательной величины ($I_j = -163$) можно считать недостаточно благоприятными. Средняя урожайность по изучаемым сортообразцам в засушливом 2021 г. была низкой – 315 г/м², она варьировала от 276 г/м² у сортообразца 15337 Половец до 401 г/м² у к-3967 0144. Образцы с наиболее высокой урожайностью к-3967 0144, 15472 Symphony, 15340 Уран, 15584 Мутант 258 превзошли стандарт Кречет на 98–10 г/м², или на 32,3–3,3 % (табл. 2).

Таблица 2. Урожайность коллекционных сортообразцов овса (2021–2023 гг.)
Table 2. Productivity of the collection oat variety samples (2021–2023)

№ каталога	Образец	Урожайность, г/м ²			
		2021 год	2022 год	2023 год	среднее
	Кречет, st	303	523	492	439
15472	Symphony	325	682	574	527
15584	Мутант 258	313	527	504	448
15338	Креол	301	603	412	439
15337	Половец	276	463	518	440
15340	Уран	317	657	605	526
к-3954	0149	325	580	513	473
к-3967	0144	401	591	586	526
к-3951	0146	296	651	563	503
к-3959	0130	295	542	528	456
Среднее по опыту		315	582	536	478
НСР ₀₅		20	85	71	–
Индекс условий среды (I_j)		163	104	58	–

Для формирования высокого урожая овса более благоприятными были 2022 и 2023 гг., что подтверждает высокий индекс среды ($I_j = 104$ и 58). В 2022 г. урожайность сортообраз-

цов варьировала от 463 г/м² (15337 Половец) до 682 г/м² (15472 Symphony). Достоверно превысили стандарт (НСР₀₅ = 85 г/м²) пять сортообразцов: 15472 Symphony, 15340 Уран,

к-3951 0146, 15338 Креол, к-3967 0144. В 2023 г. средняя урожайность по опыту составила 536 г/м². Максимальная урожайность получена у сортообразцов 15340 Уран (605 г/м²), к-3967 0144 (586 г/м²), 15472 Symphony (574 г/м²) и к-3951 0146 (563 г/м²) при урожайности сорта-стандарта Кречет 492 г/м².

По разности между минимальной и максимальной урожайностью ($Y_2 - Y_1$) определяли степень стрессоустойчивости сортообразцов к неблагоприятным климатическим условиям. Этот показатель имеет отрицательный знак:

чем меньше будет его величина, тем стрессоустойчивость сортообразцов и выносливость их к различным экстремальным условиям среды выше (Градобоева и Баталова, 2020). Повышенной стрессоустойчивостью в наших исследованиях в засушливом 2021 г. характеризовались сортообразцы к-3967 0144 (-190) и 15584 Мутант 258 (-214) с урожайностью 401–313 г/м² при среднем по сортам показателе 315 г/м² (табл. 3). Снижение урожайности относительно 2022 г. составило соответственно 32,2 и 40,6 %.

Таблица 3. Показатели стрессоустойчивости коллекционных сортообразцов овса (2021–2023 гг.)

Table 3. Stress resistance indicators of the collection oat variety samples (2021–2023)

№ каталога	Образец	Y_2 (min)	Y_1 (max)	$Y_2 - Y_1$	$(Y_1 + Y_2)/2$
		г/м ²			
	Кречет, st	303	523	-220	414
15472	Symphony	325	682	-357	504
15584	Мутант 258	313	527	-214	420
15338	Креол	301	603	-302	452
15337	Половец	276	518	-305	429
15340	Уран	317	657	-340	487
к-3954	0149	325	580	-255	453
к-3967	0144	401	591	-190	496
к-3951	0146	296	651	-355	474
к-3959	0130	295	542	-247	419
Среднее по опыту	315	582	–	–	–

Гибкость генотипа ($(Y_1 + Y_2)/2$) и его компенсационную особенность определяют как среднеарифметическое между минимальной и максимальной, полученной в конкретных (стрессовых и не стрессовых) условиях. Максимальное значение показателя генетической гибкости между генотипом и факторами среды установлено у сортообразцов 15472 Symphony (504), к-3967 0144 (496) и 15340 Уран (487). Эти сортообразцы способны формировать высокую урожайность как в острозасушливые, так и в более благоприятные по влагообеспеченности годы.

По параметру индекса экологической пластичности (ИЭП) была дана оценка испытыва-

емым сортообразцам в меняющихся условиях среды, что дает вероятность наблюдать за сортообразцами, которые способны формировать высокую урожайность. Наиболее пластичным и ценным при возделывании считается сорт, у которого выше значение индекса экологической пластичности, за точку отсчета принимается единица (Николаев и др., 2018). Высокий индекс экологической пластичности (ИЭП = 1,13–1,0) был отмечен у сортообразцов к-3967 0144, 15472 Symphony, 15340 Уран, к-3951 0146, к-3954 0149. Низким индексом экологической пластичности (ИЭП = 0,95–0,92) отмечены сортообразцы 15584 Мутант 258, к-3959 0130, 15338 Креол, 15337 Половец (табл. 4).

Таблица 4. Параметры адаптивной способности сортообразцов овса по признаку «урожайность» (2021–2023 гг.)

Table 4. Adaptability parameters of the collection oat variety samples according to the trait 'productivity' (2021–2023)

№ каталога	Образец	CV, %	ИЭП	SF	Ис	Нот	КА, %
	Кречет, st	22,1	0,93	1,73	4,52	19,86	92
15472	Symphony	28,4	1,09	2,10	3,53	18,56	109
15584	Мутант 258	21,4	0,95	1,68	4,67	20,92	95
15338	Креол	28,4	0,92	2,00	3,52	15,46	91
15337	Половец	24,5	0,92	2,11	4,23	17,96	91
15340	Уран	28,4	1,09	2,07	3,52	18,52	108
к-3954	0149	22,8	1,00	1,78	4,38	20,75	100
к-3967	0144	16,8	1,13	1,47	5,95	31,31	112
к-3951	0146	30,0	1,04	2,20	3,33	16,78	103
к-3959	0130	24,9	0,95	1,84	4,03	18,31	93

Примечание. CV – коэффициент вариации, ИЭП – индекс экологической пластичности, SF – фактор стабильности, Ис – индекс стабильности, Нот – показатель гомеостатичности, КА – коэффициент адаптивности.

Согласно методике, предложенной D. Lewis (1954), чем больше отклонение показателей фактора стабильности (SF) от единицы, тем сорт менее стабилен, и у него низкая приспособительная способность к меняющимся факторам среды. Чем ниже показатели значения фактора стабильности, тем стабильнее сорт. Максимально высокая стабильность признака «урожайность» свойственна генотипам к-3967 0144, 15584 Мутант 258, к-3954 0149 (SF = 1,47–1,78).

Большой интерес в наших исследованиях представляли генисточники, которые имели высокий уровень гомеостаза, характеризующего выносливость растений к воздействию на них экстремальных условий среды. По данному параметру выделены сортообразцы к-3967 0144 (V = 16,8 %; Hom = 31,31), 15584 Мутант 258 (V = 21,4 %; Hom = 20,92), к-3954 0149 (V = 22,8 %; Hom = 20,75), они способны реализовать свой потенциал в различных условиях среды. Выделены высокая вариабельность и низкая гомеостатичность у сортообразцов к-3951 0146 (V = 30,0 %; Hom = 16,78) и 15338 Креол (V = 28,4 %; Hom = 15,46), это говорит о том, что данные сортообразцы нестабильны и имеют низкую адаптивность к условиям возделывания.

Индекс стабильности (Ис) в нашем опыте был применен в качестве показателя проявления гомеостатических реакций сорто-

образцов в различных условиях внешней среды. Наиболее высокие показатели индекса стабильности отмечены у генисточников к-3967 0144, 15584 Мутант 258, к-3954 0149 (Ис = 5,95–4,38).

Об адаптивных возможностях сортообразцов можно судить по коэффициенту адаптивности (КА), который был предложен Л.А. Животковым и др. По мнению Н.В. Тетяникова с соавт. (Тетяников и Боме, 2021), расчет коэффициента адаптивности позволяет оценить адаптивные и продуктивные возможности сортообразцов по изменчивости их урожайности в различные периоды вегетации относительно общей видовой адаптивной реакции сортообразцов на условия внешней среды. Рассчитанные коэффициенты подтверждали высокую адаптивность генотипов к-3967 0144, 15472 Symphony, 15340 Уран (КА = 112,3–108 %). Изучив все параметры адаптивности, мы можем применить в наших исследованиях метод ранжирования, который дает полную информацию о параметрах адаптивности данных генотипов (табл. 5). Сортообразцы к-3967 0144, 15584 Мутант 258, к-3954 0149, 15472 Symphony, 15340 Уран имели наименьшую сумму рангов (9–44). Судя по этим данным, можно сказать, что эти генотипы сохраняли устойчивость по показателю «урожайность» в варьирующих условиях среды.

Таблица 5. Ранжирование сортообразцов овса по параметрам адаптивности
Table 5. Ranking of the oat variety samples according to adaptability parameters

№ каталога	$y_2 - y_1$	$(y_1 + y_2)/2$	CV, %	ИЭП	SF	Ис	Hom	КА, %	Сумма рангов
Кречет. st	3	10	3	6	3	3	4	8	40
15472	10	1	7	2	8	7	5	2	42
15584	2	8	2	5	2	2	2	6	29
15338	6	6	7	7	6	8	10	9	59
15337	7	7	5	7	9	5	8	9	57
15340	8	3	7	2	7	8	6	3	44
к-3954	5	5	4	4	4	4	3	5	34
к-3967	1	2	1	1	1	1	4	1	9
к-3951	9	4	8	3	10	9	9	4	56
к-3959	4	9	6	5	5	6	7	7	49

Выводы. Таким образом, снижение урожайности сортообразцов до 276–401 г/м² наблюдали в засушливом 2021 г., индекс условий среды отрицательный ($I_j = -163$). В 2022 г. условия для формирования высокой урожайности (463–682 г/м²) были наиболее благоприятными, индекс условий среды положительный ($I_j = 104$). Отмечены стрессоустойчивые сортообразцы к-3967 0144 (-190 г/м²), 15584 Мутант 258 (-214 г/м²); с высокой генетической гибкостью – 15472 Symphony (504 г/м²), к-3967 0144 (496 г/м²) и 15340 Уран (487 г/м²). Выделены сортообразцы: с высоким индексом пластичности – к-3967 0144, 15472 Symphony, 15340 Уран, к-3951 0146, к-3954 0149 (ИЭП = 1,13–1,0); с высокой стабильностью – к-3967 0144, 15584 Мутант 258,

к-3954 0149 (SF = 1,47–1,78). С низкой вариабельностью и высокой гомеостатичностью (V = 16,8–22,8 %; Hom = 31,31–20,75), с высоким индексом стабильности (Ис = 5,95–4,38) отмечены сортообразцы к-3967 0144, 15584 Мутант 258, к-3954 0149. С высоким коэффициентом адаптивности были отмечены сортообразцы к-3967 0144, 15472 Symphony, 15340 Уран (КА = 112,3–108 %).

В результате наших испытаний интерес для дальнейшей работы в селекции представляют сортообразцы к-3967 0144, 15584 Мутант 258, к-3954 0149, 15472 Symphony, 15340 Уран. Эти сортообразцы имеют наименьшую сумму рангов, то есть они сохраняют устойчивость в варьирующих условиях среды. По всем параметрам с высоким потенциалом

адаптивности превзошел сорт к-3967 0144, который способен формировать высокую среднюю урожайность (526 г/м²) в почвенно-климатических условиях Кировской области. Выделенные сортообразцы по оценке пара-

метров адаптивности представляют большой интерес для привлечения их в дальнейшем в процесс гибридизации для создания новых адаптивных сортов.

Библиографические ссылки

1. Аниськов Н.И., Сафонова И.В. Продуктивность и адаптивность сортов озимой ржи селекции ВИР в условиях Северо-Западного региона // Тенденции развития науки и образования. 2020. № 58. (3) С. 5–9. DOI: 10.18411/lj-02-2020-38. Idsp: ljjournal-02-2020-38
2. Асеева Е.А., Зенкина К.В. Адаптивность сортов яровой тритикале в агроэкологических условиях Среднего Приамурья // Российская сельскохозяйственная наука. 2019. № 1. С. 9–11. DOI: 10.31857/S2500-2627201919-11
3. Ашиев А.Р., Хабибуллин К.Н., Скулова М.В. Оценка параметров адаптивности образцов гороха с разным типом листа // Зерновое хозяйство России. 2023. Т. 15, № 6. С. 24–28. DOI: 10.31367/2079-8725-2023-89-6-24-28
4. Баталова Г.А., Шевченко С.Н., Жуйкова О.А., Бишарев А.А., Тулякова М.В. Селекция овса пленчатого в условиях нестабильности агроклиматических ресурсов // Российская сельскохозяйственная наука. 2021. № 3. С. 11–15. DOI: 10.1857/S2500262721030030
5. Гончаренко, А.А. Об адаптивности и экологической устойчивости сортов зерновых культур // Вестник РАСХН. 2005. № 6. С. 49–53.
6. Градобоева Т.П., Баталова Г.А. Влияние факторов среды на устойчивость овса к пыльной головне // Зерновое хозяйство России. 2020. № 3(69). С. 72–76. DOI: 10.31367/2079-8725-2020-69-3-72-76
7. Николаев П.Н., Аниськов Н.И., Юсова О.А., Сафонова И.В. Адаптивность урожайности ярового овса в условиях Омского прииртышья // Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции. 2018. Т. 179(4), С. 28–38. DOI: 10.30901/2227-8834-2019-28-38
8. Поползухин П.В., Николаев П.Н., Аниськов Н.И., Юсова О.А., Сафонова И.В. Оценка продуктивности и адаптивных свойств сортов ярового ячменя в условиях Сибирского Прииртышья // Земледелие. 2018. № 3. С. 40–44. DOI: 10.24411/0044-3913-2018-10309
9. Путина О.В., Беседин А.Г. Абиотические стресс-факторы и их влияние на накопление ассимиляторов растениями и урожайность овощного гороха // Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции. 2019. Т. 180(2), С. 51–59. DOI: 10.30901/2227-8834-2019-2-51-59
10. Рыбась И.А., Иванисов М.М., Марченко Д.М., Киринов А.В., Романюкина И.В., Чухненко Ю.Ю., Ивженко Н.А. Оценка параметров адаптивности сортов озимой пшеницы в южной зоне Ростовской области // Зерновое хозяйство России. 2023. Т. 15, № 6. С. 67–73. DOI: 10.31367/2079-8725-2023-89-6-67-73
11. Сапега В.А., Турсумбекова Г.Ш. Урожайность, экологическая пластичность и стабильность сортов яровой мягкой и твердой пшеницы в южной лесостепи Тюменской области // Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2020. № 21(2). С. 114–123. DOI: 10.30766/2072-9081.2020.21.2.114-123
12. Тетяников Н.В., Боме Н.А. Анализ взаимодействия «генотип × среда» и оценка адаптивного потенциала ячменя в условиях Северного Зауралья // Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции. 2021. Т. 182(3), С. 63–73. DOI: 10.30901/2227-8834-2021-3-63-73
13. Юсова О.А., Николаев П.Н., Сафронова И.В. Аниськов Н.И. Анализ сортов овса омской селекции по сбору белка с единицы площади // Аграрный вестник Урала. 2020. № 06(197). С. 38–48. DOI: 10.32417/1997-4868-2020-197-6-38-48
14. Hassan M. S., Mohamed G. I. A., El-Said R. A. S. Stability analysis for grain yield and its components of some durum wheat genotypes (*Triticum durum* L.) under different environments // Asian Journal of Crop science. 2013. Vol. 5, Iss. 2. С. 179–189. DOI: 10.3923/ajcs.2013.179.189
15. Tshikunde N. M., Mashilo J., Shimelis H., Odindo A. Agronomik and physiological traits, and associated quantitative trait loci (QTL) affecting yield response in wheat (*Triticum aestivum* L.): A review // Frontiers in Plant Science. 2019. Vol. 10, Article number: 1428. DOI: 10.3389/FPIS.2019.01428

References

1. Anis'kov N. I., Safonova I. V. Produktivnost' i adaptivnost' sortov ozimoi rzhii seleksii VIR v usloviyakh Severo-Zapadnogo regiona [Productivity and adaptability of winter rye varieties developed by VIR in the conditions of the North-Western region] // Tendentsii razvitiya nauki i obrazovaniya. 2020. № 58. (3) S. 5–9. DOI: 10.18411/lj-02-2020-38. Idsp: ljjournal-02-2020-38
2. Aseeva E. A., Zenkina K. V. Adaptivnost' sortov yarovoi tritikale v agroekologicheskikh usloviyakh Srednego Priamur'ya [Adaptability of spring triticale varieties in the agroecological conditions of the Middle Amur region] // Rossiiskaya sel'skokhozyaistvennaya nauka. 2019. № 1. S. 9–11. DOI: 10.31857/S2500-2627201919-11
3. Ashiev A. R., Khabibulin K. N., Skulova M. V. Otsenka parametrov adaptivnosti obraztsov gorokha s raznym tipom lista [Estimation of adaptability parameters of pea samples with different leaf types] // Zernovoe khozyaistvo Rossii. 2023. T. 15, № 6. S. 24–28. DOI: 10.31367/2079-8725-2023-89-6-24-28
4. Batalova G. A., Shevchenko S. N., Zhuikova O. A., Bisharev A. A., Tulyakova M. V. Seleksiya ovsa plenchatogo v usloviyakh nestabil'nosti agroklimaticheskikh resursov [Breeding of hulled oats under instable agroclimatic resources] // Rossiiskaya sel'skokhozyaistvennaya nauka. 2021. № 3. S. 11–15. DOI: 10.1857/S2500262721030030
5. Goncharenko, A. A. Ob adaptivnosti i ekologicheskoi ustoichivosti sortov zernovykh kul'tur [On the adaptability and environmental sustainability of grain crop varieties] // Vestnik RASKhN. 2005. № 6. S. 49–53.

6. Gradoboeva T.P., Batalova G.A. Vliyaniye faktorov sredy na ustoichivost' ovsa k pyl'noi golovne [The effect of environmental factors on oats' smut resistance] // Zernovoe khozyaistvo Rossii. 2020. № 3(69). S. 72–76. DOI: 10.31367/2079-8725-2020-69-3-72-76
7. Nikolaev P.N., Anis'kov N. I., Yusova O.A., Safonova I.V. Adaptivnost' urozhainosti yarovogo ovsa v usloviyakh Omskogo priirtysh'ya [Adaptability of spring oat productivity in the conditions of the Omsk Irtysh region] // Trudy po prikladnoi botanike, genetike i selektsii. 2018. T. 179(4), S. 28–38. DOI: 10.30901/2227-8834-2019-28-38
8. Popolzukhin P.V., Nikolaev P.N., Anis'kov N. I., Yusova O.A., Safonova I.V. Otsenka produktivnosti i adaptivnykh svoystv sortov yarovogo yachmenya v usloviyakh Sibirskogo Priirtysh'ya [Estimation of productivity and adaptive properties of spring barley varieties in the conditions of the Siberian Irtysh region] // Zemledelie. 2018. № 3. S. 40–44. DOI: 10.24411/0044-3913-2018-10309
9. Putina O.V., Besedin A.G. Abioticheskie stress-faktory i ikh vliyaniye na nakopleniye assimilyatorov rasteniyami i urozhainost' ovoshchnogo gorokha [Abiotic stress factors and their effect on the accumulation of assimilators by plants and productivity of vegetable peas] // Trudy po prikladnoi botanike, genetike i selektsii. 2019. T. 180(2), S. 51–59. DOI: 10.30901/2227-8834-2019-2-51-59
10. Rybas' I. A., Ivanisov M.M., Marchenko D.M., Kirin A.V., Romanyukina I.V., Chukhnenko Yu. Yu., Ivzhenko N.A. Otsenka parametrov adaptivnosti sortov ozimoi pshenitsy v yuzhnoi zone Rostovskoi oblasti [Estimation of adaptability parameters of winter wheat varieties in the southern part of the Rostov region] // Zernovoe khozyaistvo Rossii. 2023. T. 15, № 6. S. 67–73. DOI: 10.31367/2079-8725-2023-89-6-67-73
11. Sapega V.A., Tursumbekova G.Sh. Urozhainost', ekologicheskaya plastichnost' i stabil'nost' sortov yarovoi myagkoi i tverdoi pshenitsy v yuzhnoi lesostepi Tyumenskoi oblasti [Productivity, ecological adaptability, and stability of spring common and durum wheat varieties in the southern forest-steppe of the Tyumen region] // Agrarnaya nauka Evro-Severo-Vostoka. 2020. № 21(2). C. 114–123. DOI: 10.30766/2072-9081.2020.21.2.114-123
12. Tetyannikov N.V., Bome N.A. Analiz vzaimodeystviya «genotip × sreda» i otsenka adaptivnogo potentsiala yachmenya v usloviyakh Severnogo Zaural'ya [Analysis of the correlation «genotype × environment» and estimation of the adaptive potential of barley in the conditions of the Northern Trans-Urals] // Trudy po prikladnoi botanike, genetike i selektsii. 2021. T. 182(3), S. 63–73. DOI: 10.30901/2227-8834-2021-3-63-73
13. Yusova O.A., Nikolaev P.N., Safronova I.V. Anis'kov N.I. Analiz sortov ovsa Omskoi selektsii po sboru belka s edenitsy ploshchadi [Analysis of oat varieties of Omsk breeding for protein yield per unit area] // Agrarnyi vestnik Urala. 2020. № 06(197). S. 38–48. DOI: 10.32417/1997-4868-2020-197-6-38-48
14. Hassan M.S., Mohamed G.I.A., El-Said R.A.S. Stability analysis for grain yield and its components of some durum wheat genotypes (*Triticum durum* L.) under different environments // Asian Journal of Crop science. 2013. Vol. 5, Iss. 2. S. 179–189. DOI: 10.3923/ajcs.2013.179.189
15. Tshikunde N.M., Mashilo J., Shimelis H., Odindo A. Agronomik and physiological traits, and associated quantitative trait loci (QTL) affecting yield response in wheat (*Triticum aestivum* L.): A review // Frontiers in Plant Science. 2019. Vol. 10, Article number: 1428. DOI: 10.3389/FPLS.2019.01428

Поступила: 05.03.24; доработана после рецензирования: 29.03.24; принята к публикации: 09.04.24.

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. Тулякова М.В., Баталова Г.А. – концептуализация исследования, подготовка рукописи; Тулякова М.В., Салтыков С.С. Пермякова С.В. – подготовка опыта, выполнение полевых лабораторных опытов и сбор данных, их интерпретация.

Все авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.

ОЦЕНКА ПОКАЗАТЕЛЕЙ АДАПТИВНОСТИ СОРТИМЕНТА ЗЕРНОВОГО СОРГО В УСЛОВИЯХ ДОНБАССА

А. В. Барановский¹, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры земледелия и экологии окружающей среды, lnau_sorgo2011@mail.ru, ORCID ID: 0000-0003-2098-0889;

В. В. Ковтунов², кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник лаборатории селекции и семеноводства сорго зернового, kowtunow85@mail.ru, ORCID ID: 0000-0002-7510-7705;

Н. А. Ковтунова², кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник лаборатории селекции и семеноводства сорго кормового, n-beseda@mail.ru, ORCID ID: 0000-0003-0409-5855

¹Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Луганский государственный аграрный университет имени К. Е. Ворошилова», 291008, Луганская Народная Республика, г. Луганск, в.о. Луганский, р-н Артемовский, тер. ЛНАУ, д. 1; e-mail: nauka_nis_lg@mail.ru;

²Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Аграрный научный центр «Донской», 347740, Ростовская область, г. Зерноград, ул. Научный городок, д. 3; e-mail: vniizk30@mail.ru

Цель исследования – провести экологическое испытание и дать комплексную оценку по параметрам адаптивности современных сортов сорго зернового селекции ФГБНУ «АНЦ «Донской». Метеоусловия в годы исследований были различны, что позволило оценить сорта в контрастных условиях возделывания. Индекс условий года был наиболее высокий в 2019 и 2023 гг. (0,76 и 1,03), а самый низкий (-1,21) – в острозасушливом 2020 году. Основное влияние на формирование урожайности сортов зернового сорго оказывали условия года (49,8 %) и значительно меньшее – генотип сорта (31,0 %). Более урожайными (>4,6 т/га) и имеющими больший коэффициент адаптивности (108,8–117,2 %) были сорта Атаман, Зерноградское 88, Лучистое, Зерноградское 53. Интенсивными образцами ($b_i > 1$) были Зерноградское 53, Атаман, Лучистое, Зерноградское 88. Экстенсивными сортами ($b_i < 1$) – Орловское, Великан и Крымбел (st). Высокие показатели стабильности имели сорта Лучистое, Атаман, Зерноградское 88 ($S^2d = 0,02–0,04$), а общей адаптивной способности (ОАС) – образцы Атаман, Лучистое, Зерноградское 88, Зерноградское 53. Максимальные показатели (115–131 %) уровня стабильности (Пусс) были у сортов Атаман, Лучистое, Зерноградское 88. Рейтинговая оценка параметров адаптивности показала, что лучшими, наиболее приспособленными для выращивания в Донбассе являются раннеспелые интенсивные сорта Атаман (68 баллов), Лучистое (67 баллов) и Зерноградское 88 (61 балл).

Ключевые слова: зерновое сорго; сорта; урожайность, пластичность, стабильность, адаптивность.

Для цитирования: Барановский А. В., Ковтунов В. В., Ковтунова Н. А. Оценка показателей адаптивности сортименста зернового сорго в условиях Донбасса // Зерновое хозяйство России. 2024. Т. 16, № 2. С. 56–61. DOI: 10.31367/2079-8725-2024-91-2-56-61.



ESTIMATION OF ADAPTABILITY PARAMETERS OF GRAIN SORGHUM VARIETY RANGE IN THE CONDITIONS OF DONBASS

A. V. Baranovsky¹, Candidate of Agricultural Sciences, associate professor of the department of agriculture and environmental ecology, lnau_sorgo2011@mail.ru, ORCID ID: 0000-0003-2098-0889;

V. V. Kovtunov², 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;

N. A. Kovtunova², Candidate of Agricultural Sciences, leading researcher of the laboratory for forage sorghum breeding and seed production, n-beseda@mail.ru, ORCID ID: 0000-0003-0409-5855

¹FSBEI HE "Lugansk State Agrarian University named after K. E. Voroshilov", 291008, Lugansk People's Republic, Lugansk, t. of Lugansky, Artemovsky district, gor. LGAU, Buil. 1; e-mail: nauka_nis_lg@mail.ru;

²FSBSI Agricultural Research Center "Donskoy", 347740, Russia, Rostov region, Zernograd, Nauchny Gorodok, 3; e-mail: vniizk30@mail.ru

The purpose of the current study was to conduct an environmental testing and give a comprehensive estimation of the adaptability parameters of modern grain sorghum varieties developed by the FSBSI "ARC "Donskoy". Weather conditions during the years of study were different, which made it possible to estimate varieties under contrasting cultivation conditions. The year's conditions index was the highest in 2019 and 2023 (+0.76 and +1.03), and the lowest (-1.21) in the acutely arid year of 2020. The main effect on the productivity formation of the grain sorghum varieties was made by the conditions of the year (49.8 %) and the minor effect was made by the genotype of the variety (31.0 %). The varieties 'Ataman', 'Zernogradskoe 88', 'Luchistoe', 'Zernogradskoe 53' were found to be more productive (>4.6 t/ha) and have a higher adaptability coefficient (108.8–117.2 %). Intensive samples ($b_i > 1$) were 'Zernogradskoe 53', 'Ataman', 'Luchistoe', 'Zernogradskoe 88'. Extensive varieties ($b_i < 1$) were 'Orlovskoe', 'Velikan' and 'Krymbel' (st.). The varieties 'Luchistoe', 'Ataman', 'Zernogradskoe 88' ($S^2d = 0.02–0.04$) had high stability indicators, and the varieties 'Ataman', 'Luchistoe', 'Zernogradskoe 88', 'Zernogradskoe 53' had high overall adaptive capacity (TAC). The maximum indicators (115–131 %) of the stability level were established in the varieties 'Ataman', 'Luchistoe', 'Zernogradskoe 88'. The rating estimation of adaptability parameters has shown that the early ripening intensive varieties 'Ataman' (68 points), 'Luchistoe' (67 points) and 'Zernogradskoye 88' (61 points) are the best and the most suitable ones for cultivation in the Donbass.

Keywords: grain sorghum, varieties, productivity, plasticity, stability, adaptability.

Введение. В условиях глобального потепления климата становится актуальным пересмотр структуры посевных площадей сельскохозяйственных культур и подбора таких культур, которые способны противостоять воздействию наиболее губительных экологических стресс-факторов, значительно снижающих продуктивность растений.

Луганская Народная Республика (ЛНР) находится на территории Донецко-Донского региона степной зоны России, куда входит и Ростовская область. На данной территории экологические изменения климата проявляются в повышении температурного режима и усилении засушливости (Барановский и Курдюкова, 2021). Почвенно-климатические условия данной зоны благоприятны для возделывания перспективной тропической зерновой культуры – сорго. В Донбассе зерновое сорго значительно превышает по урожайности ведущие яровые зерновые культуры региона – кукурузу, ячмень, овес, просо (Барановский, 2020). В связи с этим в засушливых регионах ученые рекомендуют увеличивать долю посевных площадей сорго (Алабушев, 2020).

Установлено, что в связи с недостаточной стрессоустойчивостью культур и усилением аридности климата потенциальная урожайность реализуется всего на 25–40 % (Рыбась, 2016).

Аграрной наукой установлен неоспоримый факт, что замена старых сортов сельскохозяйственных культур новыми, наиболее продуктивными и приспособленными к условиям возделывания, обеспечивает повышение урожайности на 10–40 %. Это достигается благодаря ценным хозяйственно-биологическим особенностям сорта и не требует дополнительных затрат (Верхоламошкин и др., 2021). К современным сортам предъявляется ряд требований, среди которых основным является способность давать не только высокий, но и стабильный урожай вне зависимости от погодных условий (Каменева и др., 2019; Николаев и др., 2022; Ионова и др., 2021). Реализация биологического потенциала культуры возможна только при правильном подборе сортов для определенной зоны возделывания с учетом его экологической приспособленности (Рыбась, 2016).

Из 140 сортов зернового сорго, включенных в Государственный реестр селекционных достижений, допущенных к использованию (2022), 71 сорт допущен к возделыванию по Северо-Кавказскому региону. Так как в ЛНР селекция сорго не ведется, вопрос изучения продуктивности и оценки адаптивности современных сортов зернового сорго в условиях республики является актуальным и своевременным.

Для реализации потенциала сорта важен его генотип, а также его взаимодействие со средой обитания, которая всегда изменчива. Определяющим в повышении урожайности зернового сорго является подбор не только наиболее урожайных, но и адаптированных,

наиболее приспособляемых к неблагоприятным условиям окружающей среды (взаимодействие «генотип (G) × окружающая среда (E)»), в конкретной почвенно-климатической зоне выращивания сортов и гибридов (Assefa et al., 2020; Tirfessa et al., 2020; Lestari et al., 2021; Magaia et al., 2021). Норма реакции на изменение условий среды оценивается статистическими характеристиками – пластичностью и стабильностью (Ворончихина и др., 2020).

Цель исследований – провести экологическое испытание и дать комплексную оценку по параметрам адаптивности современных сортов сорго зернового селекции ФГБНУ «АНЦ «Донской».

Материалы и методы исследований.

Объектом исследований послужили сорта зернового сорго Зерноградское 88, Орловское, Великан, Лучистое, Зерноградское 53, Атаман селекции ФГБНУ «АНЦ «Донской». В качестве контроля был взят крымский сорт Крымбел.

Экологическое испытание сортов сорго осуществляли в полевом севообороте ФГБОУ ВО «Луганский государственный аграрный университет имени К.Е. Ворошилова» в течение 2018–2023 годов. Почвенный покров – чернозем обыкновенный маломощный слабосмытый на лессовидном суглинке. Предшественник – озимая пшеница. Фон минерального питания – $N_{60}P_{40}$. Наблюдения и учеты проводили согласно Методике государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур (1989), математическую обработку – по методикам Доспехова (2014). Учетная площадь делянок 25 м², повторность четырехкратная. Срок посева – 2–3-я декады мая при норме 350 тыс./га всхожих семян.

Для расчетов параметров адаптивности использовали коэффициенты вариации (CV); показатель стрессоустойчивости ($S = (Y_{min} - Y_{max})$) и генетической гибкости ($G = (Y_{min} + Y_{max})/2$) (Гончаренко, 2005); гомеостатичности (Hom) (Хангильдин, 1986); показатели экологической пластичности (b_i) и стабильности (S^2d) (Eberhart и Russel, 1966); индекс засухоустойчивости (ИЗ) (Щербак, 1987); общую адаптивную способность генотипа (ОАС) (Кильчевский и Хотылева, 1997); индекс интенсивности сортов (ИИ) (Удачин и Головаченко, 1990); показатель уровня стабильности сорта (Пусс) (Неттевич и др., 1985); коэффициент адаптивности (КА) путем сравнения урожайности каждого сорта со среднесортовой урожайностью за каждый год (в %). Проведено ранжирование значений показателей адаптивности сортов по признаку «урожайность», был определен комплексный рейтинг.

Наиболее благоприятными для роста и развития сорго были 2019 и 2021 гг. при ГТК за май–август соответственно годам – 1,01; 1,09, а 2018, 2020, 2022 и 2023 гг. – засушливыми: ГТК (0,42–0,87). Особенно засушливые условия сложились в 2020 г., когда начиная с 19 июля (фаза выметывания) и по 29 октября продуктивные осадки вообще отсутствовали, и за этот период ГТК составил 0,08, то есть зона пустыни.

За последний 30-летний период (1991–2020 гг.) во второй декаде сентября вероятность заморозка в воздухе отсутствует, а на поверхности почвы составляет не более 2,7 % (Барановский и др., 2021). Это позволяет сформировать полноценный урожай даже позднеспелым сортам.

Весной перед севом сорго средние запасы продуктивной влаги в метровом слое почвы были удовлетворительными – 110,3 мм с колебанием по годам от 90,9 до 126,5 мм. К фазе выметывания средние запасы доступной влаги снизились до 61,2 мм, а к периоду созревания в слое почвы 0–100 см содержалось в среднем только 12,1 мм продуктивной влаги.

Результаты и их обсуждение. За период 2018–2023 гг. наиболее раннеспелым был выявлен сорт Орловское (средний период вегетации – 88 дней), самым позднеспелым – среднеранний сорт Зерноградское 53 (103 дня). Остальные сорта были раннеспелыми (95–98 дней) и созревали в любой год не позднее 6–9 сентября (табл. 1). Наибольшая высота растений отмечена у сорта Великан (140,3 см), самым низкорослым оказался сорт Зерноградское 88 (88,3 см). Изученные сорта характеризуются хорошей выдвинутостью ножки метелки (расстояние от раструба верхнего листа до первой веточки метелки) – 9,4–12,6 см, а у сорта Крымбел – 14,3 см.

Таблица 1. Влияние сортовых особенностей на биометрические показатели сортов сорго (2018–2023 гг.)

Table 1. The effect of varietal characteristics on the biometric indicators of sorghum varieties (2018–2023)

Сорт	Период вегетации, дн.	Высота растений, см	Длина ножки метелки, см	Длина метелки, см	Масса зерна с метелки, г	Масса 1000 зерен, г	Натура зерна, г/л
Крымбел, st	96,8	123,1	14,3	23,1	25,2	22,4	782
Зерноградское 88	96,5	88,3	9,5	26,5	30,1	20,6	701
Орловское	88,3	97,5	12,6	19,0	18,6	19,3	773
Великан	97,8	140,3	10,2	25,7	26,4	20,0	773
Лучистое	96,8	107,9	10,1	24,5	29,4	22,4	765
Зерноградское 53	103,2	106,7	10,6	22,1	25,1	20,4	792
Атаман	95,0	113,5	9,4	22,8	29,6	22,8	784
НСР ₀₅	4,1	18,50	4,45	3,68	4,41	2,97	33,28
$\bar{x}$	96,3	111,0	11,0	23,4	26,3	21,1	767,1

Наибольшие значения длины метелки сформировали сорта Зерноградское 88, Великан и Лучистое (26,5–24,5 см); массы зерна с метелки – Зерноградское 88, Атаман и Лучистое (30,1–29,4 г); массы 1000 зерен – Атаман, Крымбел и Лучистое (22,4–22,8 г); натуры зерна – Крымбел, Зерноградское 88 и Атаман (782–792 г/л).

На посевах испытуемых сортов сильное стеблевое полегание (26–50 %) отмечено только в 2018 г. у сортов Великан и Зерноградское 53, а в 2020 г. – слабое (до 10 %) у сорта Атаман и среднее (11–25 %) – у сорта Зерноградское 53. В остальные годы полегание у сортов отсутствовало.

Урожайность зерна у сортов сорго в среднем за 2018–2023 гг. варьировала в пределах 3,39–5,10 т/га (табл. 2). Наибольшую продуктивность сформировали сорта Атаман (5,10 т/га), Лучистое (4,77 т/га), Зерноградское 88 (4,71 т/га), превысившие контроль Крымбел на 0,98–1,37 т/га, или 26,3–36,7 %. Именно за счет наиболее высокой урожайности сорта Атаман (КА = 117,2 %), Лучистое (КА = 110,2 %) и Зерноградское 88 (КА = 108,8 %) имели наибольший коэффициент адаптивности, то есть максимальный уровень потенциальной продуктивности.

Таблица 2. Урожайность сортов зернового сорго (2018–2023 гг.)

Table 2. Productivity of grain sorghum varieties (2018–2023)

Сорт	Урожайность зерна за годы опыта, т/га						$\bar{x}$, т/га	$\pm$, т/га	КА*
	2018	2019	2020	2021	2022	2023			
Крымбел, st	4,17	3,92	2,85	3,22	3,78	4,42	3,73	–	86,7
Зерноградское 88	4,82	5,48	3,40	3,96	4,80	5,80	4,71	0,91	108,8
Орловское	3,84	3,47	2,84	3,08	2,99	4,10	3,39	–0,34	79,2
Великан	4,20	4,33	2,97	4,28	3,92	3,98	3,95	0,22	92,6
Лучистое	4,57	5,78	3,47	4,24	4,66	5,91	4,77	1,04	110,2
Зерноградское 53	4,01	6,52	2,99	3,69	4,31	6,22	4,62	0,89	105,1
Атаман	4,85	6,21	3,38	4,58	5,03	6,55	5,10	1,37	117,2
Средняя урожайность, ($\bar{x}$)	4,35	5,10	3,13	3,86	4,21	5,30	4,32	–	–
J _i (индекс условий года)	+0,01	+0,76	-1,21	-0,48	-0,13	+1,03	–	–	–
НСР ₀₅ , т/га	0,30	0,32	0,26	0,24	0,35	0,33	–	–	–

Примечание. * – КА: коэффициент адаптивности, %.

Согласно результатам двухфакторного дисперсионного анализа наибольший вклад при формировании урожайности изучаемых сортов оказывали условия года – 49,8 %, доля влияния генотипа сорта – 31,0 %, а взаимодействие этих факторов – 15,6 %.

Анализ значений индексов условий среды показал, что, несмотря на засушливость 2019 и 2023 гг., в период формирования и налива зерновки условия сложились вполне благоприятно для формирования урожайности изучаемых сортов ($J_j = +0,76$ и $1,03$ соответственно), а неблагоприятными были условия в 2020, 2021, 2022 гг. ($J_j = -1,21$, $-0,48$ и $-0,13$ соответственно).

Обеспеченность влагой в период «цветение–налив зерна» в 2019 и 2023 гг. способствовала получению наиболее высокого индекса года ($+0,76...+1,03$ т/га).

Гармоничное сочетание значений наиболее высокой экологической пластичности ($b_i = 1,12-1,43$) с наилучшими показателями

экологической стабильности ($S^2d = 0,02-0,04$) выявлено у генотипов Атаман, Лучистое и Зерноградское 88. Данные сорта интенсивного типа, обладают наибольшим откликом на улучшение условий внешней среды и имеют наилучшую приспособляемость к ухудшению условий выращивания (табл. 3). Эти сорта, а также сорт Зерноградское 53, имеют максимальные значения показателей генетической гибкости ($G = 4,25-4,76$), общей адаптивной способности ($OAC = +0,30...+0,78$ т/га), индекса интенсивности ($ИИ = 55,6-81,7$ %), фактора стабильности ($\Phi C = 1,71-2,18$). Наибольшую гомеостатичность ($Ном = 51,64-107,7$) имели сорта Лучистое, Зерноградское 53 и Атаман. Лучшими показателями уровня стабильности сорта (Пусс = $115,5-130,9$ %) обладали сорта Зерноградское 88, Лучистое и Атаман. В то же время наибольшие стрессоустойчивость ($S = -1,26...-1,57$) и индекс засухоустойчивости ($ИЗ = 64,5-69,3$ %) имели экстенсивные сорта Орловское, Великан и Крымбел.

Таблица 3. Параметры адаптивности сортов зернового сорго (2018–2023 гг.)
Table 3. Adaptability parameters of grain sorghum varieties (2018–2023)

Сорт	$\bar{x}$, т/га	(b_i)	(S^2d)	$S(\min-max)$, т/га	$G = (Y_{\min} + Y_{\max})/2$	ИЗ, %	ОАС, т/га	CV, %	Ном	ИИ, %	ΦC	ИС	Пусс, %	Пусс, % к St
Крымбел, st	3,73	0,66	0,09	-1,57	3,64	64,5	-0,59	15,8	14,96	36,3	1,55	0,236	88,0	100,0
Зерноградское 88	4,71	1,12	0,04	-2,40	4,60	58,6	+0,39	19,2	10,27	55,6	1,71	0,245	115,5	131,1
Орловское	3,39	0,50	0,12	-1,26	3,47	69,3	-0,93	14,9	18,24	29,2	1,44	0,228	77,3	87,8
Великан	3,95	0,43	0,18	-1,36	3,65	69,1	-0,37	12,8	10,76	31,5	1,45	0,203	80,2	91,1
Лучистое	4,77	1,16	0,02	-2,44	4,69	58,7	+0,45	19,5	51,64	56,5	1,70	0,245	116,7	132,8
Зерноградское 53	4,62	1,70	0,24	-3,53	4,76	45,9	+0,30	30,9	107,7	81,7	2,18	0,150	69,3	78,8
Атаман	5,10	1,43	0,03	-3,17	4,25	51,6	+0,78	22,6	94,94	73,4	1,94	0,226	130,9	148,8

Рейтинговая оценка параметров урожайности, адаптивности, пластичности и стабильности показала, что лучшими были сорта Атаман ($\Sigma = 68$ баллов), Лучистое ($\Sigma = 67$ баллов)

и Зерноградское 88 ($\Sigma = 61$ балл). Сорт-стандарт Крымбел набрал лишь 44 балла – 6 место рейтинга (табл. 4).

Таблица 4. Ранжирование сортов зернового сорго по урожайности и показателям адаптивности (2018–2023 гг.)
Table 4. Ranking of grain sorghum varieties according to productivity and adaptability parameters (2018–2023)

Сорт	$\bar{x}$, т/га	(b_i)	(S^2d)	S , т/га	G , т/га	ИЗ, %	ОАС, т/га	CV, %	Ном	ИИ, %	ΦC	ИС	Пусс, %	Сумма баллов
Крымбел, st	2	3	4	5	2	5	2	3	3	3	3	5	4	44
Зерноградское 88	5	4	5	4	5	3	6	4	4	4	5	7	5	61
Орловское	1	2	3	7	1	7	1	2	1	1	1	4	2	33
Великан	3	1	2	6	3	6	3	1	2	2	2	2	3	36
Лучистое	6	5	7	3	6	4	5	5	5	5	4	6	6	67
Зерноградское 53	4	7	1	1	7	1	4	7	7	7	7	1	1	55
Атаман	7	6	6	2	4	2	7	6	6	6	6	3	7	68

Выводы. Таким образом, новый раннеспелый белозерный сорт интенсивного типа Атаман имел лучшие, наиболее высокие по-

казатели пластичности ($b_i = 1,43$), стабильности ($S^2_i = 0,03$), коэффициента адаптивности ($КА = 117,2$ %), общей адаптивной способно-

сти (ОАС = +0,78 т/га), высокие показатели гомеостатичности (Ном = 94,94), индекса интенсивности (ИИ = 73,4 %), фактора стабильности (ФС = 1,94), показателя уровня стабильности сорта (Пусс = 130,9 %). Комплексный рейтинг результатов ранжирования изучаемых сортов зернового сорго по показателям урожайности и адаптивности подтвердил, что лидером по оценке адаптивных свойств стал сорт Атаман, набравший в сумме 68 баллов. Также высокий рейтинг по показателям адаптивности

имели интенсивные сорта Лучистое (67 баллов) и Зерноградское 88 (61 балл).

Таким образом, по результатам 6-летних испытаний установлено, что в засушливых условиях ЛНР наиболее целесообразно выращивать новый раннеспелый интенсивный безлозерный крупнозерный сорт зерноградской селекции Атаман, имеющий при высокой технологичности максимальные показатели урожайности, адаптивной способности, экологической пластичности и стабильности.

Библиографические ссылки

1. Алабушев, А. В. Достижения в селекционной работе по созданию сортов и гибридов сорго в АНЦ «Донской» // Зерновое хозяйство России. 2020. № 2(68). С. 44–48.
2. Барановский А. В., Курдюкова О. Н. Анализ динамики погодных условий Луганской области за последние 100 лет // Вестник КрасГАУ. 2021. № 8. С. 54–62.
3. Барановский А. В. Сравнительная продуктивность яровых зерновых культур в засушливых условиях Луганской области // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2020. № 1 (81). С. 28–33.
4. Верхоламочкин С. В., Бельченко С. А., Васькина Т. И. Агроэкологическое испытание сортов и гибридов сорго кормового [SORGHUM BICOLOR (L.) MOENCH] в условиях юго-западной части Центральной России // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. 2021. № 3. С. 27–38.
5. Ворончихина И. Н., Ворончихин В. В., Рубец В. С., Пыльнев В. В., Шадских В. А., Деревягин С. С. Урожайность, пластичность и стабильность озимого тритикале в условиях Московской области // Аграрный научный журнал. 2020. № 12. С. 8–10. DOI: 10.28983/asj.y2020i12pp8-10
6. Ионова Е. В., Лиховидова В. А., Газе В. Л. Изменение механизмов адаптивности и урожайности сортов озимой мягкой пшеницы в засушливых условиях по этапам сортоисменности // Зерновое хозяйство России. 2021. № 1(73). С. 3–7. DOI: 10.31367/2079-8725-2021-73-1-3-7
7. Каменева А. С., Самофалова Н. Е., Иличкина Н. П., Макарова Т. С., Дубинина О. А., Костыленко О. А., Олдырева И. М. Оценка сортов различного экологического происхождения по основным признакам и свойствам // Зерновое хозяйство России. 2019. № 2(62). С. 52–57. DOI: 10.31367/2079-2079-8725-2019-62-2-52-57
8. Николаев П. Н., Юсова О. А., Анисков Н. И., Сафонова И. В. Продуктивность и стрессоустойчивость сортов ярового ячменя омской селекции в условиях южной лесостепи Западной Сибири // Зерновое хозяйство России. 2022. Т. 14, №2. С. 24–28. DOI: 10.31367/2079-8725-2022-80-2-24-28
9. Рыбась, И. А. Повышение адаптивности в селекции зерновых культур (Обзор) // Сельскохозяйственная биология. 2016. Т. 51, № 5. С. 617–626. DOI: 10.15389/agrobiology.2016.5.617rus
10. Asefa A., Bezabih A., Girmay G., Alemayehu T., Lakew A. Evaluation of sorghum (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) variety performance in the lowlands area of waga lasta, north eastern Ethiopia // Cogent Food & Agriculture. 2020. Vol. 6, Article number: 1778603. DOI: 10.1080/23311932.2020.1778603
11. Tirfessa A., McLean G., Mace E., Oosterom E., Jordan D., Hammer G. Differences in temperature response of phenological development among diverse Ethiopian sorghum genotypes are linked to racial grouping and agroecological adaptation // Crop Science. 2020. Vol. 60(2), P. 977–990. DOI: 10.1002/csc2.20128
12. Lestari R., Tyas K. N., Rachmadiyah A. N., Maganthi M., Primananda E., Husaini I. P. A., Kobayashi M. Response of biomass, grain production, and sugar content of four sorghum plant varieties (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) to different plant densities // Open Agriculture. 2021. Vol. 6(1), P. 761–770. DOI: 10.1515/opag-2021-0055
13. Magaisa A., Manjeru P., Kamutando C. N., Moyo M. P. Participatory variety selection and stability of agronomic performance of advanced sorghum lines in Zimbabwe // Journal of Crop Improvement. 2021. Vol. 36(4), P. 1–21. DOI: 10.1080/15427528.2021.1974635

References

1. Alabushev, A. V. Dostizheniya v selektsionnoi rabote po sozdaniyu sortov i gibridov sorogo v ANTs «Donskoi» [Achievements in breeding work on the development of sorghum varieties and hybrids at the ARC «Donskoy»] // Zernovoe khozyaistvo Rossii. 2020. № 2 (68). S. 44–48.
2. Baranovskii A. V., Kurdyukova O. N. Analiz dinamiki pogodnykh uslovii Luganskoi oblasti za poslednie 100 let [Analysis of the dynamics of weather conditions in the Lugansk region over the past 100 years] // Vestnik KrasGAU. 2021. № 8. S. 54–62.
3. Baranovskii A. V. Sravnitel'naya produktivnost' yarovykh zernovykh kul'tur v zasushlivykh usloviyakh Luganskoi oblasti [Comparative productivity of spring grain crops in the arid conditions of the Lugansk region] // Izvestiya Orenburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2020. № 1 (81). S. 28–33.
4. Verkhola-mochkin S. V., Bel'chenko S. A., Vas'kina T. I. Agroekologicheskoe ispytanie sortov i gibridov sorogo kormovogo [SORGHUM BICOLOR (L.) MOENCH] v usloviyakh yugo-zapadnoi chasti Tsentral'noi Rossii [Agroecological testing of forage sorghum varieties and hybrids [SORGHUM BICOLOR (L.) MOENCH] in the southwestern part of Central Russia] // Vestnik Kurskoi gosudarstvennoi sel'skokhozyaistvennoi akademii. 2021. № 3. S. 27–38.

5. Voronchikhina I. N., Voronchikhin V. V., Rubets V. S., Pyl'nev V. V., Shadskikh V. A., Derevyagin S. S. Urozhainost', plastichnost' i stabil'nost' ozimogo tritikale v usloviyakh Moskovskoi oblasti [Productivity, adaptability, and stability of winter triticale under the conditions of the Moscow region] // Agrarnyi nauchnyi zhurnal. 2020. № 12. S. 8–10. DOI: 10.28983/asj.y2020i12pp8-10
6. Ionova E. V., Likhovidova V. A., Gaze V. L. Izmenenie mekhanizmov adaptivnosti i urozhainosti sortov ozimoi myagkoi pshenitsy v zasushlivykh usloviyakh po etapam sortosmeny [Changes in the mechanisms of adaptability and productivity of winter common wheat varieties in the arid conditions according to the stages of variety rotation] // Zernovoe khozyaistvo Rossii. 2021. № 1(73). S. 3–7. DOI: 10.31367/2079-8725-2021-73-1-3-7
7. Kameneva A. S., Samofalova N. E., Ilichkina N. P., Makarova T. S., Dubinina O. A., Kostylenko O. A., Oldyreva I. M. Otsenka sortov razlichnogo ekologicheskogo proiskhozhdeniya po osnovnym priznakam i svoistvam [Estimation of varieties of various ecological origins based on their main characteristics and properties] // Zernovoe khozyaistvo Rossii. 2019. № 2(62). S. 52–57. DOI: 10.31367/2079-8725-2019-62-2-52-57
8. Nikolaev P. N., Yusova O. A., Anis'kov N. I., Safonova I. V. Produktivnost' i stressoustoichivost' sortov yarovogo yachmenya omskoi seleksii v usloviyakh yuzhnoi lesostepi Zapadnoi Sibiri [Productivity and stress resistance of spring barley varieties of Omsk breeding in the conditions of the southern forest-steppe of Western Siberia] // Zernovoe khozyaistvo Rossii. 2022. T. 14, № 2. S. 24–28. DOI: 10.31367/2079-8725-2022-80-2-24-28
9. Rybas', I. A. Povyshenie adaptivnosti v seleksii zernovykh kul'tur (Obzor) [Improving adaptability in the grain crop breeding (review)] // Sel'skokhozyaistvennaya biologiya. 2016. T. 51, № 5. S. 617–626. DOI: 10.15389/agrobiology.2016.5.617rus
10. Assefa A., Bezabih A., Girmay G., Alemayehu T., Lakew A. Evaluation of sorghum (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) variety performance in the lowlands area of wag lasta, north eastern Ethiopia // Cogent Food & Agriculture. 2020. Vol. 6, Article number: 1778603. DOI: 10.1080/23311932.2020.1778603
11. Tifessa A., McLean G., Mace E., Oosterom E., Jordan D., Hammer G. Differences in temperature response of phenological development among diverse Ethiopian sorghum genotypes are linked to racial grouping and agroecological adaptation // Crop Science. 2020. Vol. 60(2), P. 977–990. DOI: 10.1002/csc2.20128
12. Lestari R., Tyas K. N., Rachmadiyanto A. N., Maganthi M., Primananda E., Husaini I. P. A., Kobayashi M. Response of biomass, grain production, and sugar content of four sorghum plant varieties (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) to different plant densities // Open Agriculture. 2021. Vol. 6(1), P. 761–770. DOI: 10.1515/opag-2021-0055
13. Magaisa A., Manjeru P., Kamutando C. N., Moyo M. P. Participatory variety selection and stability of agronomic performance of advanced sorghum lines in Zimbabwe // Journal of Crop Improvement. 2021. Vol. 36(4), P. 1–21. DOI: 10.1080/15427528.2021.1974635

Поступила: 22.02.24; доработана после рецензирования: 09.04.24; принята к публикации: 09.04.24.

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. Барановский А. В., Ковтунов В. В., Ковтунова Н. А. – концептуализация исследований, подготовка рукописи, Барановский А. В. – закладка и выполнение полевых опытов, анализ данных, подготовка данных; Ковтунов В. В., Ковтунова Н. А. – подготовка рукописи.

Все авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.

ОЦЕНКА СОРТОВ СОИ МИРОВОЙ КОЛЛЕКЦИИ В УСЛОВИЯХ ЦЕНТРАЛЬНОГО НЕЧЕРНОЗЕМЬЯ ПО ПРИЗНАКУ «МАССА СЕМЯН ОДНОГО РАСТЕНИЯ»

Е. В. Гуреева, кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник отдела селекции и первичного семеноводства, elenagureeva@bk.ru, ORCID ID: 0000-0002-1740-7937;

А. В. Солодягина, младший научный сотрудник отдела селекции и первичного семеноводства, solodyagina.ana@yandex.ru, ORCID ID: 0009-0005-6087-2411

Институт семеноводства и агротехнологий – филиал Федерального бюджетного научного учреждения «Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ», 390502, Рязанская обл., с. Подвьязе, ул. Парковая, д. 1; e-mail podvyaze@bk.ru

Цель исследования – оценить потенциал сортов сои различных эколого-географических групп по признаку «масса семян с одного растения» и выявить сорта с высокой адаптивностью к условиям Рязанской области. Объектом исследований служили 33 образца сои мировой коллекции, которые различались по морфологическим и биологическим признакам. За стандарт принят районированный по Центральному региону сорт сои Сибириада (Россия). Полевые опыты проведены в 2021–2023 гг. на темно-серой лесной почве в Институте семеноводства и агротехнологий – филиале ФГБНУ ФНАЦ ВИМ, расположенном в Рязанской области. Для характеристики параметров адаптивности были использованы следующие показатели: показатель гомеостатичности (Hom), коэффициент вариации (CV), фактор стабильности (SF), размах показателя «масса семян с одного растения» (d), стандартное отклонение (σ), коэффициент адаптивности (KA), показатель уровня стабильности (ПУСС) и стрессоустойчивость ($Y_{\min} - Y_{\max}$), рассчитанные по соответствующим методикам. Установлено, что по признаку «масса семян с одного растения» наименьшее значение вариации у сортов Георгия, Снежана и Чера 1 (Россия) ($Cv, \% \leq 20,0$). Выяснено, что наиболее стабильными на изменения внешней среды были сорта Георгия и Снежана (Россия). Об этом свидетельствуют наименьшие значения коэффициента вариации ($Cv = 12,9$ и $Cv = 14,0$ % соответственно) и высокая гомеостатичность ($Hom = 31,3$ и $Hom = 28,9$). Наибольшая вариабельность и низкая гомеостатичность отмечены у сортов сои Веретейка ($Hom = 1,69$, $Cv = 58,4$ %) и Елена ($Hom = 2,17$, $Cv = 50,3$ %), что характеризует низкую адаптивность данных сортов к условиям Рязанской области. В результате оценки исследованных в опыте генотипов по показателю «масса семян с одного растения» установлено, что сорта Георгия (Россия), Снежана (Россия), Чера 1 (Россия), Гармония (Россия) представляют ценность в селекции на повышение показателей адаптивности и стабильности в лесостепной агроклиматической зоне Рязанской области.

Ключевые слова: соя, продуктивность, гомеостатичность, структура урожая, Рязанская область.

Для цитирования: Гуреева Е. В., Солодягина А. В. Оценка сортов сои мировой коллекции в условиях Центрального Нечерноземья по признаку «масса семян с одного растения» // Зерновое хозяйство России. 2024. Т. 16, № 2. С. 62–66. DOI: 10.31367/2079-8725-2024-91-2-62-66.



ESTIMATION OF THE SOYBEAN VARIETIES OF THE WORLD COLLECTION ACCORDING TO THE TRAIT 'SEED WEIGHT PER PLANT' IN THE CONDITIONS OF THE CENTRAL NON-BLACK EARTH REGION

E. V. Gureeva, Candidate of Agricultural Sciences, leading researcher of the department of breeding and primary seed production, elenagureeva@bk.ru, ORCID ID: 0000-0002-1740-7937;

A. V. Solodyagina, junior researcher of the department of breeding and primary seed production, solodyagina.ana@yandex.ru, ORCID ID: 0009-0005-6087-2411

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 estimate the potential of soybean varieties of various ecological and geographical groups according to the trait 'seed weight per plant' and to identify varieties with high adaptability to the conditions of the Ryazan region. The objects of research were 33 soybean samples from the world collection, which differed in morphological and biological characteristics. The soybean variety 'Sibiriada' (Russia), zoned for the Central region, was taken as the standard variety. Field trials were carried out on dark gray forest soil at the Institute of Seed production and Agrotechnologies, branch of the Federal Budgetary Scientific Institution "FRAEC VIM", located in the Ryazan region in 2021–2023. In order to characterize the adaptability parameters, there have been used such indicators as homeostatic index (Hom), coefficient of variation (CV), stability factor (SF); range of the indicator 'seed weight per plant' (d), standard deviation (σ); adaptability coefficient (AC); stability level indicator (SLI) and stress resistance ($Y_{\min} - Y_{\max}$), calculated using appropriate methods. There has been established that according to the trait 'seed weight per plant' the varieties 'Georgiya', 'Snezhana' and 'Chera 1' (Russia) had the lowest value of variation with $Cv, \% \leq 20.0$. It was found that the varieties 'Georgiya' and 'Snezhana' (Russia) were the most stable to external environmental changes. This was evidenced by the lowest values of the coefficient of variation ($Cv = 12.9$ and $Cv = 14.0$ %, respectively) and high homeostaticity ($Hom = 31.3$ and $Hom = 28.9$). The greatest variability and low homeostaticity were found in the soybean varieties 'Vereteyka' ($Hom = 1.69$, $Cv = 58.4$ %) and 'Elena' ($Hom = 2.17$, $Cv = 50.3$ %), which characterized the low adaptability of these varieties to the conditions of the Ryazan region. As a result of the estimation

of the genotypes studied in the trial according to the triat 'seed weight per plant', it was established that the varieties 'Georgia' (Russia), 'Snezhana' (Russia), 'Chera 1' (Russia), 'Garmoniya' (Russia) were of great breeding value for improving adaptability and stability in the forest-steppe agroclimatic zone of the Ryazan region.

Keywords: soybean, productivity, homeostaticity, yield structure, Ryazan region.

Введение. В настоящее время соя является одной из ключевых сельскохозяйственных культур в мировом агропромышленном комплексе. В 2023 г. в России было собрано около 27,6 млн т основных масличных культур. Прирост по сравнению с уровнем 2022 г., когда было собрано 26,88 млн т маслосемян, составил почти 3 %. Производство сои в России повышено с текущих 6,7 до 6,85 млн тонн. В России, включая Нечерноземье, переработка увеличивается вместе с предложением сырья. За последние пять лет объем переработки сои вырос на 20 %.

Вопрос повышения продуктивности, стабильности урожая семян сои, расширения ареала возделывания культуры остается актуальным. В решении этой проблемы значительное внимание уделяется экологической адаптации (Galichenko and Fokina, 2021). Основным критерием оценки адаптивности изучаемых сортов является их реакция на факторы внешней среды. В признаке «урожайность» сосредоточены почти все реакции изучаемого материала на условия выращивания (Бутовец и др., 2021). Погодные условия часто препятствуют получению стабильных и высоких урожаев сои. Причин низкой урожайности зернобобовых культур много, в том числе большой урон наносят «капризы» природы, когда жесточайшие засухи повторяются несколько лет подряд, немалый вред причиняют и несвоевременные осадки (Гатаулина, 2020). Поэтому при возделывании сои в регионе на первое место выходит экологическая пластичность сортов – способность формировать высокий урожай в различных условиях выращивания (Krisnawati and Adie, 2018). Следовательно, изучение коллекционного материала сои по показателям продуктивности, адаптивности, экологической пластичности и стабильности позволяет правильно оценить его на начальном этапе селекционного процесса. Важным критерием оценки является определение гомеостатичности коллекционных номеров сои по показателю «продуктивность семян с одного растения» (Ашиев и др., 2020).

Цель исследования – оценить потенциал сортов сои различных эколого-географических групп по признаку «масса семян с одного растения» и выявить сорта с высокой адаптивностью к условиям Рязанской области.

Материалы и методы исследований. Исследование проведено в 2021–2023 гг. в полеводческом севообороте отдела селекции и первичного семеноводства Института семеноводства и агротехнологий, с. Подвязье Рязанской области.

Закладку опыта, наблюдения и учеты осуществляли согласно методике Государственного сортоиспытания сельскохозяйственных

культур (1983), биометрический анализ образцов выполняли по методическим указаниям ВИР (2010). Математическая обработка данных проведена по Б.А. Доспехову (2014). Показатель гомеостатичности (Hom) вычисляли по В.В. Хангильдину (1984); также определяли следующие показатели: коэффициент вариации (Cv), фактор стабильности (SF); размах показателя «масса семян с одного растения» (d), стандартное отклонение (σ); коэффициент адаптивности (KA); показатель уровня стабильности (ПУСС); стрессоустойчивость ($Y_{\min} - Y_{\max}$).

Объектом исследования служили 33 образца сои из стран Америки, Европы, европейской и азиатской частей России. Почва опытного участка темно-серая лесная, тяжелосуглинистая по гранулометрическому составу. Реакция почвенного раствора – $pH_{\text{con.}} = 4,89$; содержание гумуса 3,12 %. Содержание азота нитратного 26,7 мг/кг; азота аммонийного – 1,65 мг/кг; подвижного фосфора – 270,8 мг/кг, подвижного калия – 168 мг/кг. Предшественник — черный пар. Под предпосевную культивацию внесены минеральные удобрения (NPK)₅₆ в виде азофоски (N₁₆P₁₆K₁₆). Посев ручной, по мерному шпату, широкорядный. Уборка по достижении растениями биологической спелости вручную. Норма высева – 10 шт. семян/п.м. Учетная площадь делянки 0,45 м². За стандарт принят сорт сои Сибириада (Россия), являющийся стандартом в Госсортокомиссии РФ по Центральному региону.

Погодные условия по температурному режиму имели небольшие различия, а по влагообеспеченности значительно отличались от среднемноголетних показателей. В целом вегетационные периоды в годы исследований характеризовались как «очень засушливые».

В 2021 г. ГТК составил 0,67. Длительное воздействие засухи и жары способствовало ускоренному прохождению фаз вегетационного периода. В фазы «бутонизация» и «цветение» (2 и 3-я декады июня), которые являются критическими в развитии сои, на фоне повышенных температур воздуха (превышение нормы на 5,9–11,5 °C), осадков выпало только 9,8 мм. Максимальные дневные температуры достигали 35,0 °C. Среднесуточная температура за 3-ю декаду июня составила 28,9 °C, что выше оптимальных значений на 3,9–6,9 °C. Вегетационный период вызревших сортов колебался в зависимости от генотипа от 82 до 122 суток.

В 2022 г. ГТК = 0,35. В июле отмечалась жаркая сухая погода, среднесуточная температура воздуха была на 3,2–7,1 °C выше среднемноголетних значений. В фазу «цветение» осадков не было совсем, а в целом за месяц осадков выпало 16,0 мм, что на 48,0 мм ниже среднемноголетних значений, ГТК – 0,22. Все

три декады августа характеризовались жаркой погодой, среднесуточная температура воздуха была на 6,9–11,5 °С выше среднемесячных значений. Осадков выпало 12,8 мм, что на 46,2 мм ниже среднемесячных значений. ГТК составил 0,16. Таким образом, средняя температура воздуха в фазу налива семян сои составила 25,5 °С, что выше оптимальной температуры для данной фазы развития сои в среднем на 4 °С, максимальная температура достигала 34,0 °С. В исследованиях вегетационный период вызревших сортов колебался в зависимости от генотипа от 78 до 119 суток.

За вегетационный период 2023 г. ГТК составил 0,50. В 1-й декаде июля, когда наступила фаза цветения, отмечалась жаркая и сухая погода: среднесуточная температура воздуха была на 2,6–4,6 °С выше среднемесячных значений, ГТК – 0,8. Однако в 3-й декаде июля на фоне оптимальной температуры воздуха выпало двукратное месячное количество осадков, что положительно сказалось на формировании бобов и наливе семян. В августе превышение среднесуточной температуры воздуха было на 3,7–7,3 °С, дневная максимальная температура достигала 32,5 °С на фоне недостатка влаги: за месяц осадков выпало только 38,3 % от среднемесячных. В исследованиях вегетационный период вызревших сортов колебался в зависимости от генотипа от 96 до 121 суток при продолжительности вегетационного периода стандарта 103 дня.

Результаты и их обсуждение. Свидетельством высокой семенной продуктивности рас-

тений сои является признак «масса семян с одного растения», который находился в пределах от 4,7 г (Магева, 2023 г.) до 33,6 г (ОТ 94-47, 2022 г.). У стандарта данный показатель в среднем за 2021–2023 гг. составил 13,2 г. Выделены сорта, превышающие стандартный сорт Сибириада по вышеуказанному признаку на 2,2–5,1 г/раст.: Halosoy (Бельгия), ОТ-891 (Канада), ВНИИОЗ-106 (Россия), Aldana (Польша), Юг-30 (Украина), Merlin (Австрия), Kalmit (Франция) с периодом вегетации 110–120 дней.

Продуктивность растения за годы исследования с расчетом среднего значения не дает объективной характеристики сорта, особенно в годы наблюдений, которые резко различаются по метеорологическим условиям. Объективную оценку высокой продуктивности и стабильности формирования ее по годам у сортов сои можно получить с помощью статистических параметров. В связи с этим проведена оценка образцов сои в коллекционном питомнике по признаку «масса семян с одного растения» и адаптивным свойствам. В таблице представлены показатели адаптивности и стабильности сортов сои, имеющих оптимальную продолжительность вегетационного периода для условий Рязанской области (91–110 дней). В результате многолетних исследований установлено, что сорта с данным периодом вегетации устойчиво вызревают в условиях Рязанской области (Гуреева, 2021).

Оценка адаптивности и стабильности коллекционных образцов сои по признаку «масса семян с одного растения» (2021–2023 гг.)
Estimation of adaptability and stability of the soybean collection samples according to the trait 'seed weight per plant' (2021–2023)

Сорт, происхождение	Масса семян с одного растения, г*	Период вегетации, дней	d, %	σ	Cv, %	ПУСС, %	SF	KA	$Y_2 - Y_1$	Hom
Сибириада, Россия, st	<u>11,1–16,8</u> 13,2	102	0,34	3,2	24,2	100	1,5	1,0	-5,7	9,56
Славянка, Россия	<u>7,2–14,9</u> 12,3	96	0,52	4,4	35,7	58,3	2,1	1,0	-7,7	4,47
Снежана, Россия	<u>7,8–10,1</u> 9,3	105	0,23	1,3	14,0	84,7	1,3	0,8	-2,3	28,93
Светлая, Россия	<u>6,9–11,4</u> 9,6	90	0,40	2,4	25,0	51,4	1,7	0,8	-4,5	8,53
Геоorgia, Россия	<u>8,3–10,6</u> 9,3	100	0,22	1,2	12,9	93,1	1,3	0,7	-2,3	31,34
Магева, Россия	<u>4,7–9,9</u> 7,3	90	0,53	2,6	35,6	20,8	2,1	0,6	-5,2	3,94
Касатка, Россия	<u>5,1–10,6</u> 7,8	88	0,52	2,8	35,9	23,6	2,1	0,6	-5,5	3,95
ВНИИС 1, Россия	<u>12,9–20,5</u> 16,0	106	0,37	4,0	25,0	141,7	1,6	1,2	-7,6	8,42
Соната, Россия	<u>10,7–16,8</u> 13,9	104	0,36	3,1	22,3	120,8	1,6	1,1	-6,1	10,22
Гармония, Россия	<u>13,4–20,1</u> 16,4	105	0,33	3,4	20,7	180,6	1,5	1,3	-6,7	11,81
LMF, Польша	<u>10,3–15,4</u> 12,4	97	0,33	2,7	21,8	98,6	1,5	1,0	-5,1	11,17
Елена, Украина	<u>10,4–24,8</u> 15,7	110	0,58	7,9	50,3	68,1	2,4	1,2	-14,4	2,17

Продолжение табл.

Сорт, происхождение	Масса семян с одного растения, г*	Период вегетации, дней	d, %	σ	Cv, %	ПУСС, %	SF	КА	$Y_2 - Y_1$	Ном
Чера 1, Россия	$\frac{9,6-13,5}{11,8}$	90	0,29	2,0	16,9	113,9	1,4	0,9	-3,9	17,85
Линия 52М, Россия	$\frac{5,8-10,5}{7,8}$	90	0,45	2,4	30,8	27,8	1,8	0,6	-4,7	5,39
Грация, Россия	$\frac{12,2-19,6}{15,2}$	101	0,38	3,9	25,7	125,0	1,6	1,2	-7,4	8,01
Веретейка, Россия	$\frac{10,2-25,8}{15,4}$	105	0,61	9,0	58,4	56,9	2,5	1,2	-15,6	1,69
Лазурная, Россия	$\frac{8,7-21,2}{14,4}$	110	0,59	6,3	43,8	65,3	2,4	1,1	-12,5	2,63
Даурия, Россия	$\frac{11,2-23,5}{16,4}$	110	0,52	6,4	39,0	95,8	2,1	1,3	-12,3	3,42
Бара, Россия	$\frac{7,7-18,0}{12,9}$	94	0,57	5,2	40,3	56,9	2,3	1,0	-10,3	3,11

Примечание. * – значения показателя: числитель – min–max, знаменатель – среднее. d – степень размаха признака (по В. А. Зыкину); σ – стандартное отклонение; Cv – коэффициент вариации, ПУСС – показатель уровня стабильности сорта (по Э. Д. Неттевич); SF – фактор стабильности (по D. Lewis); КА – коэффициент адаптивности (по Л. А. Животкову и др.); $(Y_{\min} - Y_{\max})$ – показатель стрессоустойчивости (по А. А. Rossielle); Ном – гомеостатичность (по В. В. Хангильдину).

Наименьшим значением вариации параметра «масса семян с одного растения» ($Cv, \% \leq 20,0$) и низким размахом продуктивности ($d, \% \leq 0,30$) из выделенного ассортимента обладают сорта отечественной селекции Снежана, Георгия и Чера 1.

Важное адаптивное значение имеет фактор стабильности SF. К наиболее фенотипически стабильным сортам отнесены сорта Снежана, Георгия и Чера 1 (Россия).

Повышенные показатели уровня стабильности урожайности и пластичности сорта (ПУСС) выявлены у сортов амурской селекции ВНИИС-1, Соната, Гармония, Грация и сорта Чера 1, селекции ФАНЦ Северо-Востока (более 100,0 %).

Коэффициент адаптивности (КА) указывает на способность устойчиво формировать высокую урожайность при воздействии неблагоприятных факторов среды, снижающих продуктивность культуры. Относительно выбранного ассортимента сортов, данный коэффициент ($КА \geq 1,0$) показывает, что образцы ВНИИС-1, Соната, Гармония, Грация, Веретейка, Лазурная, Даурия, Славянка и сорта Елена (Украина) ($КА \geq 1,0$) могут успешно выдерживать воздействие неблагоприятных факторов.

Важный показатель сортов – устойчивость к стрессу. Высокую устойчивость к стрессу имеют сорта Снежана и Георгия (Россия).

Лимитирующим фактором урожайности является не потенциальная продуктив-

ность, а устойчивость сортов к неблагоприятным факторам внешней среды. Связь гомеостатичности и коэффициента вариации характеризует устойчивость признака в изменяющихся условиях среды (Устарханова, Ашиев, Черезов, 2015). В опыте наиболее стабильными на изменения внешней среды были сорта Георгия и Снежана (Россия), о чем свидетельствуют наименьшие значения коэффициента вариации ($Cv = 12,9$ и $Cv = 14,0$ % соответственно) и высокая гомеостатичность ($Ном = 31,3$ и $Ном = 28,9$ соответственно). Наибольшая вариабельность и низкая гомеостатичность отмечены у сортов сои Веретейка ($Ном = 1,69$, $Cv = 58,4$ %) и Елена ($Ном = 2,17$, $Cv = 50,3$ %), что характеризует низкую адаптивность данных сортов к условиям Рязанской области.

Комплексная оценка исследованных генотипов позволила выявить сорта Георгия (Россия), Снежана (Россия), Чера 1 (Россия), Гармония (Россия) как представляющие ценность в селекции для повышения адаптивности и стабильности.

Выводы. Оценка исследованных в опыте генотипов по признаку «масса семян с одного растения» позволила выделить сорта Георгия (Россия), Снежана (Россия), Чера 1 (Россия), Гармония (Россия). Они представляют ценность для селекции как наиболее адаптивные и стабильные в лесостепной агроклиматической зоне Рязанской области.

Библиографические ссылки

1. Ашиев А. Р., Скулова М. В., Чегунова А. В. Гомеостатичность коллекционных образцов сои по признаку «масса семян с одного растения» // Зерновое хозяйство России. 2020. № 5. С. 68–72. DOI: 10.31367/2079-8725-2020-71-5-68-72
2. Бутовец Е. С., Лукьянчук Л. М., Васина Е. А. Оценка потенциала урожайности и стрессоустойчивости сортов сои в условиях Приморского края // Вестник Дальневосточного отделения Российской академии наук. 2021. № 3 (217). С. 20–28. DOI: 10.37102/0869-7698_2021_217_03_03

3. Гатаулина, Г.Г. Урожайность и элементы структуры урожая сортов северного экотипа при формировании в разных погодных условиях // Кормопроизводство. 2020. № 8. С. 33–37.
4. Гуреева, Е.В. Влияние метеорологических условий на хозяйственно ценные признаки сои // Вестник российской сельскохозяйственной науки. 2021. № 1. С. 28–31. DOI: 10.30850/vrsn/2021/1/28-31
5. Доспехов, Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). Изд. 5-е, перераб. и доп. М.: Альянс, 2014. 352 с.
6. Методика государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур / под общ. ред. М.А. Федина. М.: Колос, 1983. Вып. 3. 184 с.
7. Устарханова Э.Г., Ашиев А.Р., Черезов Р.Н. Экологическая оценка перспективных сортов сои Весточка и Романо селекции Армавирской опытной станции ВНИИМК // Международный научно-исследовательский журнал. 2015. № 11 (42). С. 90–92. DOI: 10.18454/IRJ.2015.42.090
8. Хангильдин В.В., Бирюков С.В. Проблема гомеостаза в генетико-селекционных исследованиях // Генетико-цитологические аспекты в селекции сельскохозяйственных растений. 1984. № 1. С. 67–76.
9. Galichenko A., Fokina E. The source material estimation of early-maturing group soybeans by adaptability parameters // E3S Web of Conferences. 2021. Vol. 254, Article number: 01028. DOI: 0.1051/e3sconf/202125401028
10. Krisnawati A., Adie M. Genotype by environment interaction and yield stability of soybean genotypes // Indonesian Journal of Agricultural Science. 2018. Vol. 19(1), P. 25–32. DOI: 10.21082/ijas.v19n1

References

1. Ashiev A.R., Skulova M.V., Chegunova A.V. Gomeostaticnost' kollektsionnykh obraztsov soi po priznaku «massa semyan s odnogo rasteniya» [Homeostaticity of soybean collection samples according to the trait 'seed weight per plant'] // Zernovoe khozyaistvo Rossii. 2020. № 5. S. 68–72. DOI: 10.31367/2079-8725-2020-71-5-68-72
2. Butovets E.S., Luk'yanchuk L. M., Vasina E.A. Otsenka potentsiala urozhainosti i stressoustoichivosti sortov soi v usloviyakh Primorskogo kraya [Estimation of the productivity potential and stress resistance of soybean varieties in the conditions of the Primorsky Krai] // Vestnik Dal'nevostochnogo otdeleniya Rossiiskoi akademii nauk. 2021. № 3 (217). S. 20–28. DOI: 10.37102/0869-7698_2021_217_03_03
3. Gataulina G.G. Urozhainost' i elementy struktury urozhaya sortov severnogo ekotipa pri formirovani v raznykh pogodnykh usloviyakh [Productivity and yield structure elements of the northern ecotype varieties when formed under different weather conditions] // Kormoproizvodstvo. 2020. № 8. S. 33–37.
4. Gureeva, E.V. Vliyaniye meteorologicheskikh uslovii na khozyaistvenno tsennyye priznaki soi [The effect of weather conditions on economically valuable traits of soybean] // Vestnik rossiiskoi sel'skokhozyaistvennoy nauki. 2021. № 1. S. 28–31. DOI: 10.30850/vrsn/2021/1/28-31
5. Dospekhov, B.A. Metodika polevogo opyta (s osnovami statisticheskoy obrabotki rezul'tatov issledovaniy) [Methodology of a field trial (with the basics of statistical processing of the study results)]. Izd. 5-e, pererab. i dop. M.: Al'yans, 2014. 352 s.
6. Metodika gosudarstvennogo sortoispytaniya sel'skokhozyaistvennykh kul'tur [Methodology for the State Variety Testing of agricultural crops] / pod obshch. red. M.A. Fedina. M.: Kolos, 1983. Vyp. 3. 184 s.
7. Ustarkhanova E.G., Ashiev A.R., Cherezov R.N. Ekologicheskaya otsenka perspektivnykh sortov soi Vestochka i Romano seleksii Armavirskoy opytной stantsii VNIIMK [Environmental estimation of the promising soybean varieties 'Vestochka' and 'Romano' developed at the Armavir Experimental Station VNIIMK] // Mezhdunarodnyi nauchno-issledovatel'skii zhurnal. 2015. № 11(42). S. 90–92. DOI: 10.18454/IRJ.2015.42.090
8. Khangil'din V. V., Biryukov S. V. Problema gomeostaza v genetiko-seleksionnykh issledovaniyakh [The problem of homeostasis in genetic-breeding research] // Genetiko-tsitologicheskie aspekty v seleksii sel'skokhozyaistvennykh rasteniy. 1984. № 1. S. 67–76.
9. Galichenko A., Fokina E. The source material estimation of early-maturing group soybeans by adaptability parameters // E3S Web of Conferences. 2021. Vol. 254, Article number: 01028. DOI: 0.1051/e3sconf/202125401028
10. Krisnawati A., Adie M. Genotype by environment interaction and yield stability of soybean genotypes // Indonesian Journal of Agricultural Science. 2018. Vol. 19(1), P. 25–32. DOI: 10.21082/ijas.v19n1

Поступила: 04.02.24; доработана после рецензирования: 21.02.24; принята к публикации: 10.04.24.

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. Гуреева Е.В., Солодягина А.В. – концептуализация исследования, подготовка опыта, выполнение лабораторных опытов и сбор данных, анализ данных и их интерпретация, подготовка рукописи.

Все авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.

НОВЫЙ ВЫСОКОУРОЖАЙНЫЙ СРЕДНЕРАННИЙ СОРТ ЯРОВОЙ МЯГКОЙ ПШЕНИЦЫ ТАРСКАЯ ЮБИЛЕЙНАЯ

Ю. П. Григорьев, кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник, заведующий отделом северного земледелия, grigorev@anc55.ru, ORCID ID: 0000-0002-4061-3659;

И. А. Белан, кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник, заведующий лабораторией селекцией яровой мягкой пшеницы, belan@anc55.ru, ORCID ID: 0000-0002-8911-4199;

Л. П. Россеева, кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник лаборатории селекции яровой мягкой пшеницы, rosseeva@anc55.ru, ORCID ID: 0000-0002-5885-4020;

И. В. Пахотина, кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник, заведующий лабораторией качества зерна, pakhotina@anc55.ru, ORCID ID: 0000-0002-9709-1951;

Я. В. Мухина, младший научный сотрудник лаборатории селекции яровой мягкой пшеницы, muhina@anc55.ru, ORCID ID: 0000-0002-0952-6696

ФГБНУ «Омский аграрный научный центр»,

644012, Омская область, г. Омск, пр. Королева, д. 26; e-mail: 55asc@bk.ru

Исследования по изучению селекционного материала проведены в двух точках ФГБНУ «Омский АНЦ»: в отделе северного земледелия, расположенного в подтаежной зоне, и на опытных полях отдела семеноводства в лесостепной зоне Омской области. Метеоусловия и почвы опытных участков различались по температуре, количеству осадков и почвенному плодородию в годы испытаний. Полевые опыты закладывали в 2017–2022 гг. с целью выявления высокопродуктивных сортообразцов яровой мягкой пшеницы, обладающих комплексом адаптивно-ценных свойств и признаков для возделывания в подтаежной и лесостепных зонах Омской области. В результате селекционной работы создан сорт Тарская юбилейная (Лютесценс 70/06-4), характеризующийся комплексом хозяйственно ценных признаков. В 2019 г. сорт передан на Государственное сортоиспытание, а в 2023 г. включен в Госреестр РФ селекционных достижений. Сорт среднеранний, вегетационный период 86 сут., высокоурожайный, средняя урожайность за годы исследований составила 4,41 т/га, что превышает сорт-стандарт Памяти Азиева на 1,26 т/га ($НСР_{05} = 0,35$ т/га), максимальная урожайность 6,09 т/га. Установлено, что сорт Тарская юбилейная обладает высокой потенциальной урожайностью за счет оптимального сочетания слагаемых элементов продуктивности (число зерен в колосе, масса 1000 зерен, число продуктивных стеблей), имеет высокую устойчивость к полеганию и засухоустойчивость. Определены параметры экологической пластичности нового сорта (коэффициент линейной регрессии $b_1 = 1,39$, показатель стабильности ($\sigma_a^2 = 0,21$). Сорт показал высокую урожайность на ГСУ Омской области и Красноярского края. Главные составляющие коммерческой ценности сорта Тарская юбилейная – высокая и стабильная урожайность, резистентность к листовым болезням и на уровне ценной пшеницы по качеству зерна.

Ключевые слова: яровая мягкая пшеница, сорт, урожайность, вегетационный период, качество, устойчивость.

Для цитирования: Григорьев Ю. П., Белан И. А., Россеева Л. П., Пахотина И. В., Мухина Я. В. Новый высокоурожайный среднеранний сорт яровой мягкой пшеницы Тарская юбилейная // Зерновое хозяйство России. 2024. Т. 16, № 2. С. 67–74. DOI: 10.31367/2079-8725-2024-91-2-67-74.



THE NEW HIGHLY PRODUCTIVE MIDDLE-EARLY SPRING COMMON WHEAT VARIETY 'TARSKAYA YUBILEINAYA'

Yu. P. Grigoriev, Candidate of Agricultural Sciences, leading researcher, head of the department of northern agriculture, grigorev@anc55.ru, ORCID ID: 0000-0002-4061-3659;

I. A. Belan, Candidate of Agricultural Sciences, leading researcher, head of the laboratory for spring common wheat breeding, belan@anc55.ru, ORCID ID: 0000-0002-8911-4199;

L. P. Rosseeva, Candidate of Agricultural Sciences, leading researcher of the laboratory for spring common wheat breeding, rosseeva@anc55.ru, ORCID ID: 0000-0002-5885-4020;

I. V. Pakhotina, Candidate of Agricultural Sciences, leading researcher, head of the laboratory for grain quality, pakhotina@anc55.ru, ORCID ID: 0000-0002-9709-1951;

Ya. V. Mukhina, junior researcher of the laboratory for spring common wheat breeding, muhina@anc55.ru, ORCID ID: 0000-0002-0952-6696

Federal State Budgetary Scientific Institution "Omsk Agricultural Research Center",
644012, Omsk region, Omsk, Korolev Av, 26, e-mail: 55asc@bk.ru

The study of breeding material was carried out at two points of the Federal State Budgetary Scientific Institution "Omsk ARC", namely the department of northern agriculture, located in the subtaiga zone and on the experimental fields of the seed production department in the forest-steppe zone of the Omsk region. The weather conditions and soils of the experimental plots varied in temperature, precipitation, and soil fertility during the testing years. Field trials were carried out in 2017–2022 to identify highly productive spring common wheat varieties that have a complex of adaptively valuable properties and traits for cultivation in the subtaiga and forest-steppe zones of the Omsk region. As a result of breeding work, there has been developed the variety 'Tarskaya Yubileinaya' (Lutescens 70/06-4), characterized by a complex of economically valuable traits. In 2019 the variety was sent to the State Variety Testing,

and in 2023 it was included in the State List of Breeding Achievements of the Russian Federation. The variety is middle-early with the vegetation period of 86 days and highly productive with a mean productivity of 4.41 t/ha through the years of study and the maximum of 6.09 t/ha that exceeds the yields of the standard variety 'Pamyati Azieva' by 1.26 t/ha ($HCP_{05} = 0.35$ t/ha). There has been established that the variety 'Tarskaya Yubileinaya' has high potential productivity due to the optimal combination of the yield elements ('number of grains per ear', '1000-grain weight', 'number of productive stems'), and has high lodging and drought resistance. There have been established the parameters of the ecological adaptability of the new variety (linear regression coefficient $b_1 = 1.39$, stability indicator ($\sigma_d^2 = 0.21$). The variety has shown high yield at the SVU of the Omsk Region and the Krasnoyarsk Territory. The main components of the commercial value of the variety 'Tarskaya Yubileinaya' are high and stable productivity, resistance to leaf diseases and grain quality at the level of valuable wheat.

Keywords: *spring common wheat, variety, productivity, vegetation period, quality, stability.*

Введение. Яровая мягкая пшеница – ведущая зерновая продовольственная культура, возделываемая в различных природно-климатических зонах. Мука из пшеницы – это не только хлеб и разнообразные кондитерские изделия, но и ценный экспортный товар. В связи с этим под выращивание пшеницы отводятся значительные площади (Иванова и Волкова, 2019; Белан и др., 2021). Минсельхоз сообщил о росте посевной площади зерновых в РФ в 2023 г. до 47,7 млн га против 47,5 млн га в 2022 году. Посевные площади под яровой и озимой пшеницей в РФ в 2023 г. в хозяйствах всех категорий составили 29,7 млн га против 29,5 млн га в 2022 году (Росстат – Официальная статистика).

Возможности для расширения площадей яровой мягкой пшеницы с каждым годом уменьшаются, поэтому увеличение валового сбора зерна может идти главным образом за счет увеличения урожайности. Важная роль в увеличении валового сбора пшеницы отводится посеву районированными сортами, имеющими высокий потенциал урожайности, качество зерна, способность противостоять неблагоприятным факторам среды и эффективно использовать почвенно-климатические условия зоны (Григорьев и Белан, 2014; Григорьев и др., 2015).

Зависимость сельскохозяйственного производства от природно-климатических условий зоны осложняет получение стабильного урожая зерна пшеницы высокого качества. Поэтому изучение большого комплекса хозяйственно ценных признаков, в том числе элементов структуры урожая, является необходимым для создания высокопродуктивных сортов (Демина, 2020).

Интерес производителей к среднеранним сортам очевиден в силу их скороспелости, высокой приспособленности к местным условиям. Сортимент раннеспелых и среднеранних сортов в Омской области весьма ограничен, тем ценнее появление нового перспективного сорта, отвечающего всем требованиям современного производства (Григорьев и др., 2020).

В течение последних 5 лет (2019–2023 гг.) включено в Госреестр РФ по 10 региону 33 сорта, в том числе 13 сортов с коротким вегетационным периодом (Омская юбилейная, Столыпинская 2, Новосибирская 16, Тарская 12, Экстра, Ирень 2, Ворожея, Нива 55, Тарская юбилейная, Одинцовская, Баганочка, Дорада, Спикер).

По данным министерства сельского хозяйства и продовольствия по Омской области среди среднеранних сортов в 2022 г. наибольшие площади по количеству высеванных семян занимали Омская 36 – 20,96 тыс. т, Памяти Азиева – 10,50 тыс. т, Новосибирская 31 – 7,68 тыс. т, Боевчанка – 6,34 тыс. т, Икар – 2,99 тыс. тонн. Доля сортов селекции ФГБНУ «Омский АНЦ» достигла 60–70 % от общих посевов пшеницы мягкой яровой.

Создание адаптивных сортов, особенно к биотическому стрессу, высокоурожайных, с хорошим качеством зерна является актуальной задачей как в России, так и за рубежом (Гончаров и Косолапов, 2021; Helguera et al., 2020).

Цель исследований – оценить среднеранний сорт яровой мягкой пшеницы Тарская юбилейная, сравнивая ее с районированными сортами в подтаежной и лесостепных зонах Омской области, по урожайности, показателям качества зерна, экологической пластичности к неблагоприятным абиотическим и биотическим факторам среды.

Материалы и методы исследований. Изучение селекционного материала проведено в двух точках ФГБНУ «Омский АНЦ»: в отделе северного земледелия (подтаежная зона) и на опытных полях отдела семеноводства (лесостепная зона) Омской области. В отделе северного земледелия полевые опыты закладывались в 2017–2022 гг. по типу конкурсного сортоиспытания по методике Государственного испытания сельскохозяйственных культур на полях отдела северного земледелия ФГБНУ «Омский АНЦ» в подтаежной зоне Омской области. Опыты заложены по чистому пару 12–15 мая с нормой высева 6 млн всхожих зерен на гектар сеялкой СКС-6-10. Площадь деланок 10 м², повторность четырехкратная. Учет урожая зерна проводили в фазу полной спелости зерна селекционно-семеноводческим комбайном Сампо-130 методом сплошного обмолота растений с каждой деланки с приведением зерна к 14%-й стандартной влажности и 100 %-й чистоте.

Климат зоны среднеобеспеченный теплом и влагой. Сумма среднесуточных эффективных температур воздуха выше 5 °C составляет 1725 °C, сумма осадков за период с температурами выше 10 °C – 230–240 мм. В среднем продолжительность вегетационного периода 110–120 суток. Почва опытного участка отдела северного земледелия серая лесная

с тяжелосуглинистым механическим составом, мощность гумусового горизонта 20–22 см. В пахотном горизонте содержится: гумуса – 3,34 %, подвижного фосфора – 12 мг/100 г почвы и обменного калия – 19,8 мг/100 г почвы. Реакция солевой вытяжки слабокислая (рН – 5,2).

В отделе семеноводства полевые опыты закладывали в 2021 и 2022 годах. Опыты заложены по чистому пару 14–16 мая с нормой высева 5 млн всхожих зерен на гектар сеялкой ССФК-7. Площадь делянок – 10 м², повторность четырехкратная. Учет урожая зерна проводили в фазу полной спелости зерна селекционно-семеноводческим комбайном WINTERSTEIGER-BIM.

Климат лесостепной зоны благоприятный по теплообеспеченности, но в большинстве лет недостаточный по увлажнению (в среднем 200 мм осадков). Количество лет с засухой составляет около 30 %. Vegetационный период длится от 125 до 130 суток. Почва опытного участка лугово-черноземная среднесиловатая среднесуглинистая, рН_{сол} – 6,5. Содержание в слое 0–40 см: нитратного азота – 12,5 мг/кг (среднее), подвижного фосфора – 135 мг/кг (повышенное).

Фенологические наблюдения и учеты проводили в соответствии с Методикой государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур. Устойчивость к листовым патогенам определяли по общепринятым методикам. Учеты в полевых условиях проводили в динамике 5–7 раз через 6–8 сут. с начала проявления заболеваний до восковой спелости. Рассчитывали площадь под кривой развития заболеваний (ПКРБ) и индекс устойчивости (ИУ) (Коваленко и др., 2012).

Качество зерна оценивали в лаборатории качества зерна ФГБНУ «Омский АНЦ» по показателям: натура (ГОСТ 10840-2017), стекловидность (ГОСТ 10987-76), содержание белка и клейковины в зерне (ГОСТ Р 54478-2011). Физические свойства теста – удельную работу деформации теста («сила муки» по альвеографу), разжижение, валориметрическую оценку (фаринограф) и хлебопекарное качество (объем, внешний вид хлеба и структура мякиша) изучали, используя методики и классификационные нормы государственной комиссии по испытанию сельскохозяйственных растений. Расчет параметров пластичности проводили по методике Эберхарта, Рассела в изложении Зыкина В. А. и др., 2011.

Статистическую обработку данных проводили по методике Б. А. Доспехова с использованием пакета программ STATISTICA 10.0.

Результаты и их обсуждение. Сорт яровой мягкой пшеницы Тарская юбилейная (Lutescens 70/06-4) создан путем индивидуального отбора из гибридной популяции Сибирский альянс / Лютесценс 529/00-10С. Гибридизация проведена в 2006 г., элитное растение выделено в 2010 г., далее при поэтапном изучении в селекционных питомниках (2011–2014 гг.) была отобрана среднеранняя линия Лютесценс 70/06-4, которая изучалась в отделе северного земледелия в питомнике КСИ с 2015 года. Сорт передан на Государственное сортоиспытание в 2019 г. для испытания в 9, 10 и 11-м регионах Российской Федерации. Основные зоны предполагаемого возделывания – подтайга и лесостепь. Оригинатор сорта – ФГБНУ «Омский АНЦ». В 2023 г. сорт Тарская юбилейная включен в Государственный реестр селекционных достижений РФ (Патент №11524) и допущен к использованию в Западно-Сибирском регионе РФ, а также рекомендован к возделыванию в I и II зонах Омской области.

Сорт Сибирский альянс (включен в Государственный реестр РФ в 2012 г.) взят в скрещивание в качестве материнской формы из питомника экологического испытания за высокие урожайность и технологические свойства зерна, умеренную устойчивость к пыльной головне. Линия Лютесценс 529/00-10С (создана в 2000 г.) выделена из гибридной популяции от межвидовых скрещиваний Памяти Азиева с участием таких реестровых сортов твердой пшеницы, как Саратовская золотистая и Алтайская нива. Линия отличалась высокой устойчивостью к листовым патогенам и среднеспелым биотипом.

По морфологическим особенностям сорт Тарская юбилейная имеет характерные отличия. Разновидность лютесценс. Куст прямостоячий, опушение слабое, окраска зеленая, восковой налет слабый. Стебель полый, толстый, прочный высотой около 90 см. Колос белый, призматический, с остевидными отростками в верхней части, длиной 8–9 см. Зерно удлиненное, крупное, бороздка средняя. Масса 1000 зерен 43,7–50,2 г. Сорт среднеранний, вегетационный период в среднем 86 сут., созревает на уровне сорта-стандарта Памяти Азиева.

Максимальная урожайность 6,09 т/га получена в КСИ отдела северного земледелия ФГБНУ «Омский АНЦ» при посеве по пару 15 мая 2019 года. По данным КСИ за 2017–2022 гг., при посеве по пару сорт Тарская юбилейная при урожайности 4,41 т/га достоверно превысил сорт Памяти Азиева на 1,26 т/га при НСР₀₅ – 0,35 т/га (табл. 1).

Таблица 1. Результаты изучения сорта Тарская юбилейная в КСИ (в среднем за 2017–2022 гг.)
Table 1. Study results of the variety 'Tarskaya Yubileynaya' in the CVT (mean in 2017–2022)

Показатель	Памяти Азиева	Тарская юбилейная	+, - к стандарту
Всходы–восковая спелость, сут.	84	85	+1
Урожайность, т/га	3,15	4,41	+1,26
Засухоустойчивость, балл	4,6	4,8	+0,2
Устойчивость к полеганию, балл	4,4	4,9	+0,5
Высота растения, см	85	90	+5

Продолжение табл. 1

Показатель	Памяти Азиева	Тарская юбилейная	+, - к стандарту
Число продуктивных стеблей на 1 м ² , шт.	349	358	+9
Продуктивная кустистость, шт.	1,14	1,11	-0,03
Длина колоса, см	6,9	8,3	+1,4
Число зерен в колосе, шт.	28	30	+2
Масса зерна с колоса, г	1,20	1,40	+0,20
Масса 1000 зерен, г	39,1	45,0	+5,9

Сорт Тарская юбилейная более засухоустойчив, чем сорт Памяти Азиева, а по устойчивости к полеганию превосходит его на 0,5 балла.

Анализ элементов структуры урожайности показал, что более высокий потенциал урожайности зерна сорта Тарская юбилейная обеспечивается не только высокой густотой продуктивного стеблестоя, числом зерен с колоса и массой зерна с колоса, но и крупностью зерна (масса 1000 зерен – 45,0 г), которая стала

решающим показателем в получении высокой урожайности.

В ОТК (отдел технического контроля) отдела семеноводства в южной лесостепной зоне в 2020 г. урожайность нового сорта при размещении по парусу составила 4,90 т/га, что на 2,19 т/га выше сорта Памяти Азиева, после зернового предшественника превышение в сравнении со стандартом составило 0,87 т/га при уровне урожайности 3,94 т/га ($HCP_{05} = 0,20$ т/га) (табл. 2).

Таблица 2. Результаты испытания сорта Тарская юбилейная в зависимости от предшественника, ОТК (2020 и 2021 гг.)
Table 2. Test results of the variety 'Tarskaya Yubileinaya' according to a forecrop, QCD (2020 and 2021)

Сорт	Урожайность зерна, т/га			Вегетационный период, сут.	Масса 1000 зерен, г	Натура зерна, г/л	Белок, %
	2020 г.	2021 г.	2020–2021 гг.				
Предшественник – чистый пар							
Памяти Азиева, st	2,71	4,47	3,59	80	34,5	724	15,0
Тарская юбилейная	4,90	4,39	4,65	79	42,3	757	14,6
НСР ₀₅	0,22	0,17	0,20	–	–	–	–
Предшественник – зерновые							
Памяти Азиева, st	3,07	2,71	2,89	78	34,4	720	12,9
Тарская юбилейная	3,94	2,99	3,47	78	40,5	749	13,8
НСР ₀₅	0,27	0,14	0,20	–	–	–	–

Отличительной особенностью сорта Тарская юбилейная является крупное высоконатурное зерно, по пару масса 1000 зерен в среднем составила 42,3 г, а натура – 757 г/л.

В варьирующих условиях определение параметров экологической пластичности сорта позволяет дать ему всестороннюю оценку, выявить степень его адаптивности и объективно охарактеризовать сорт (Барковская и др., 2023). Расчет параметров пластичности проведен по группе из 12 среднеранних сортов в шести экологических условиях (3 года

по пару и 3 года после зерновых). В таблице 3 представлены данные по средней урожайности, лимиты и параметры пластичности лучших сортов в сравнении со стандартом. Три сорта – Тарская 12, Боевчанка и Тарская юбилейная обладают высокой отзывчивостью на улучшение условий возделывания и стабильностью к изменяющимся условиям. По результатам испытаний определены параметры экологической пластичности сорта Тарская юбилейная: b_i (пластичность) = 1,39, σ_d^2 (стабильность) = 0,21.

Таблица 3. Параметры экологической пластичности сортов мягкой яровой пшеницы по группам спелости (шесть пунктов, 2019–2021 гг.)
Table 3. Parameters of ecological adaptability of spring common wheat varieties according to maturity groups (six points, 2019–2021)

Сорт	Средняя урожайность, т/га	Лимиты, т/га	b_i	σ_d^2
Памяти Азиева, st	3,18	2,62 ÷ 4,47	0,79	0,35
Боевчанка	3,45	2,57 ÷ 4,38	1,11	0,04
Катюша	3,10	2,24 ÷ 4,16	0,33	0,56
Сибирская 21	3,46	2,56 ÷ 4,38	0,59	0,37
Тарская 12	3,84	2,44 ÷ 4,98	1,49	0,19
Столыпинская 2	4,12	2,73 ÷ 5,68	1,28	0,49
Семеновна	4,19	2,69 ÷ 5,68	1,32	0,55
Тарская юбилейная	4,31	2,99 ÷ 5,84	1,39	0,21

Результаты испытания новых сортов чешском испытании ОТК отдела семеноводства за 2022 и 2023 гг. представлены в экологическом испытании ФГБНУ «Омский АНЦ» в таблице 4.

Таблица 4. Характеристика новых среднеранних сортов мягкой яровой пшеницы по урожайности зерна и устойчивости к заболеваниям в сравнении со стандартами (2022 и 2023 гг.)

Table 4. Characteristics of the new middle-early spring common wheat varieties according to grain productivity and disease resistance in comparison with the standards (2022 and 2023)

Сорта	Год включения в Госреестр РФ	Урожайность по предшественникам, т/га		Мучнистая роса		Бурая ржавчина
		пар чистый	зерновые	% поражения	ИУ*	% поражения
Памяти Азиева, st	2000	3,57	2,57	90	0,89	10
Омская 36, st.2	2007	3,76	2,88	90	1,00	60
Тарская 12	2020	3,54	2,34	50	0,21	с/л
Тарская юбилейная	2022	3,89	2,67	50	0,25	с/л
НСР ₀₅		0,15	0,12	–	–	–

Примечание. *: ИУ – индекс устойчивости. Уровни устойчивости: высокий – от 0,10 до 0,35; средний – от 0,36 до 0,65; низкий – от 0,66 до 0,80 и восприимчивость >80.

В более засушливых условиях 2022 и 2023 гг. урожайность сортов нивелировалась за счет слабого проявления листостебельных заболеваний. Оценка устойчивости к этим патогенам сорта в полевых условиях 2022 г. показала, что сорт характеризовался высоким уровнем устойчивости к мучнистой росе (ИУ < 0,35) и был слабо восприимчив к бурой ржавчине. В эпифитотийном году (2020) на естественном фоне поражения листостебельными патогенами сорт Тарская юбилейная характеризовался высоким уровнем резистентности к стеблевой ржавчине (ИУ = 0,14) и средним к бурой ржавчине и мучнистой росе (ИУ колебался от 0,51 до 0,65) (Мухордова и др., 2022).

Анализ данных ГСИ на сортоучастках Омской области (табл. 5) показал, что за 2020 и 2021 гг. при испытании по пару сорт Тарская юбилейная превысил по урожайности сорт-стандарт Памяти Азиева на всех сортоучастках Омской области, причем все прибавки были достоверными. Наибольшие прибавки получены на Горьковском и Шербакульском ГСУ – 0,66 и 0,49 т/га соответственно (Курдюкова и др., 2022). В Красноярском крае на Уярском сортоучастке за 2021 и 2022 гг. урожайность нового сорта Тарская юбилейная превысила сорт-стандарт Алтайская 70 на 1,53 т/га при уровне урожайности 7,35 т/га.

Таблица 5. Урожайность сортов яровой мягкой пшеницы на ГСУ Омской области, т/га (2020 и 2021 гг.)

Table 5. Productivity of spring common wheat varieties at the SVU of the Omsk region, t/ha (2020 and 2021)

Сорт	Горьковский	Шербакульский	Павлоградский
Памяти Азиева	3,04	2,86	1,56
Тарская юбилейная	3,70	3,35	1,66
НСР ₀₅	0,15	0,12	0,06

Фитопатологическая оценка (табл. 6) показывает, что сорт Тарская юбилейная более устойчив к грибным заболеваниям, чем стандарт Памяти Азиева. Сорт проявил высокий уровень устойчивости к стеблевой ржавчине, в средней степени поражен мучнистой росой

и бурой ржавчиной, показал слабую восприимчивость к твердой и пыльной головне.

Показатели качества зерна (табл. 6) свидетельствуют о том, что сорт Тарская юбилейная имеет высоконатурное зерно (780 г/л) со стекловидностью 50 %.

Таблица 6. Поражение болезнями на инфекционном фоне и показатели качества зерна (в среднем за 2017–2022 гг.)

Table 6. Infectious diseases and grain quality indicators (mean in 2017–2022)

Показатель	Памяти Азиева	Тарская юбилейная	+, - к стандарту
Твердая головня, %	33,6	21,4	-12,2
Пыльная головня, %	20,5	9,0	-11,5
Мучнистая роса, %	60	40	-20
Бурая ржавчина, %	100	70	-30
Стеблевая ржавчина, %	80	45	-35
Стекловидность, %	50	50	0
Натура, г/л	765	780	+15

Продолжение табл. 6

Показатель	Памяти Азиева	Тарская юбилейная	±, к стандарту
Клейковина, %	29,2	28,0	-1,2
Белок, %	14,6	13,9	-0,7
Валориметрическая оценка, е.в.	64	65	+1
Сила муки, е.а.	380	388	+8
Объемный выход хлеба, см ³	850	930	+80
Общая хлебопекарная оценка, балл	4,2	4,2	0

При селекции мягкой пшеницы на качество зерна и продуктов его переработки изучается комплекс показателей, характеризующий хлебопекарные свойства сортов и линий. Качество выпечки – результат сложного сочетания различных свойств крахмала и белка и не всегда зависит от количества и состава клейковинных белков (Schuster et al., 2022). По содержанию клейковины и белка сорт Тарская юбилейная уступил сорту Памяти Азиева, однако по оценке физических свойств теста и качественных показателей хлеба находился на уровне со стандартом, превышая его по объему булки на 80 см³. Новый сорт вполне соответствует определению «пшеница хлебопекарная» (Гост 34702-2010) и может удовлетворить требования как потребителя (качество хлеба), так и хлебопек (стабильное, устойчивое тесто).

Основные питомники по семеноводству среднераннего сорта Тарская юбилейная будут заложены на полях отдела северного земледелия ФГБНУ «Омский АНЦ».

Выводы. Сорт яровой мягкой пшеницы Тарская юбилейная обладает высокой потенциальной урожайностью. В лесостепной зоне на полях отдела семеноводства при посеве по пару максимальная урожайность сорта отмечена в 2020 г. и составила 4,90 т/га,

что на 2,19 т/га выше стандарта Памяти Азиева, после зернового предшественника урожайность равнялась 3,94 т/га (на 0,87 т/га выше стандарта). В подтаежной зоне отдела северного земледелия максимальная урожайность (6,09 т/га) получена при посеве по пару в 2019 году.

В Красноярском крае (Уярский сортучасток) за 2021 и 2022 гг. урожайность сорта Тарская юбилейная равнялась 7,35 т/га, стандарта Алтайская 70 – 5,82 т/га.

Повышенная урожайность – результат оптимального сочетания слагаемых элементов продуктивности (число зерен в колосе, масса 1000 зерен, число продуктивных стеблей). Сорт даже в годы эпифитотий обладает высоким уровнем устойчивости к стеблевой ржавчине и средним к мучнистой росе и бурой ржавчине, а также устойчивый к полеганию и засухе. По качеству зерна включен в список ценных сортов. Параметры экологической пластичности нового сорта: коэффициент линейной регрессии – $b_1 = 1,39$, показатель стабильности – $\sigma_d^2 = 0,21$. Благодаря среднераннему типу развития и высокой продуктивности сорт Тарская юбилейная может успешно конкурировать с сортами аналогичной группы спелости во всех почвенно-климатических зонах Западной Сибири.

Библиографические ссылки

1. Барковская Т.А., Гладышева О.В., Кокорева В.Г. Оценка адаптивности и потенциальной продуктивности яровой мягкой пшеницы в условиях Рязанской области // Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2023. Т. 24, № 1. С. 58–65. DOI: 10.30766/2072-081.2023.24.1.58-65
2. Белан И.А., Россеева Л.П., Блохина Н.П., Григорьев Ю.П., Мухина Я.В., Трубащеева Н.В., Першина Л.А. Ресурсный потенциал сортов мягкой яровой пшеницы для условий Западной Сибири и Омской области (аналитический обзор) // Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2021. Т. 22, № 4. С. 449–465. DOI: 10.30766/2072-9081.2021.22.4.449-465
3. Григорьев Ю.П., Белан И.А. Оценка перспективных форм яровой мягкой пшеницы для возделывания в подтаежной зоне Омской области // Аграрная Россия. 2014. № 8. С. 5–6.
4. Григорьев Ю.П., Белан И.А., Колмаков Ю.В. Конкурсное сортоиспытание яровой мягкой пшеницы в подтаежной зоне Омской области // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. 2015. № 7. С. 119–121.
5. Григорьев Ю.П., Белан И.А., Россеева Л.П., Пахотина И.В. Скороспелый сорт яровой мягкой пшеницы Тарская 12 для северных районов Омской области // Аграрная Россия. 2020. № 3. С. 3–7.
6. Гончаров Н.П., Косолапов В.М. Селекция растений – основа продовольственной безопасности России // Вавиловский журнал генетики и селекции. 2021. Т. 25(4), С. 361–366. DOI: 10.18699/VJ21.039
7. Демина, И. Ф. Урожайность и элементы ее структуры у сортов и линий мягкой яровой пшеницы // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. 2020. № 5(187). С. 5–10.
8. Зыкин В.А., Белан И.А., Юсов В.С., Кираев Р.С., Чанышев И.О. Экологическая пластичность сельскохозяйственных растений: (методика и оценка). Уфа, 2011. 96 с.
9. Иванова И.Ю., Волкова Л.В. Изменчивость хозяйственно ценных признаков яровой пшеницы и их вклад в стабилизацию урожайности // Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2019. Т. 20, № 6. С. 567–574. DOI: 10.30766/2072-9081.2019.20.6.567-574
10. Коваленко Е.Д., Коломиец Т.М., Киселева М.И., Жемчужина А.И., Смирнова Л.А., Щербик А.А. Методы оценки и отбора исходного материала при создании сортов пшеницы, устойчивых к бурой ржавчине. Методические рекомендации ВНИИФ. М., 2012. 93 с.

11. Курдюкова Т.А., Черемисина С.П., Тимошкина Ю.С., Кожевникова Л.М. Рекомендации по возделыванию сортов сельскохозяйственных культур и результаты сортоиспытания в Омской области за 2022 год. Инспектура по Омской обл. Омский филиал ФГБУ «Государственная комиссия РФ по испытанию и охране селекционных достижений». Омск, 2022. 71 с.
12. Мухордова М.Е., Белан И.А., Россеева Л.П. Использование молекулярных маркеров в селекции пшеницы мягкой яровой в Омском аграрном научном центре // Достижения науки и техники АПК. 2022. Т. 36, № 6. С. 5–10. DOI: 10.53859/02352451_2022_36_6_0
13. Росстат – Официальная статистика: посевные площади пшеницы 2022–2023 [Электронный ресурс]. URL: <https://rosstat.gov.ru/search?> (дата обращения: 29.02.2024).
14. Schuster C., Huen J., Scherf K.A. Comprehensive study on gluten composition and baking quality of winter wheat // Cereal Chemistry. 2022. Vol. 100(1), DOI: 10.1002/cche.10606
15. Helguera M., Abugalieva A., Bekes F., Battenfield S. Grain Quality in Breeding. In book: Wheat Quality For Improving Processing And Human Health. 2020. P. 273–307. DOI: 10.1007/978-3-030-34163-3_12

References

1. Barkovskaya T.A., Gladysheva O.V., Kokoreva V.G. Otsenka adaptivnosti i potentsial'noi produktivnosti yarovoi myagkoi pshenitsy v usloviyakh Ryazanskoi oblasti [Estimation of adaptability and potential productivity of spring common wheat in the conditions of the Ryazan region] // Agrarnaya nauka Evro-Severo-Vostoka. 2023. T. 24, № 1. S. 58–65. DOI: 10.30766/2072-081.2023.24.1.58-65
2. 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 myagkoi yarovoi pshenitsy 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. T. 22, № 4. S. 449–465. DOI: 10.30766/2072-9081.2021.22.4.449-465
3. Grigor'ev Yu.P., Belan I.A. Otsenka perspektivnykh form yarovoi myagkoi pshenitsy dlya vozdel'yvaniya v podtaezhnoi zone Omskoi oblasti [Estimation of promising forms of spring common wheat for cultivation in the subtaiga area of the Omsk region] // Agrarnaya Rossiya. 2014. № 8. S. 5–6.
4. Grigor'ev Yu. P., Belan I.A., Kolmakov Yu.V. Konkursnoe sortoispytanie yarovoi myagkoi pshenitsy v podtaezhnoi zone Omskoi oblasti [Competitive Variety Testing of spring common wheat in the subtaiga area of the Omsk region] // Vestnik Kurskoi gosudarstvennoi sel'skokhozyaistvennoi akademii. 2015. № 7. S. 119–121.
5. Grigor'ev Yu. P., Belan I.A., Rosseeva L.P., Pakhotina I.V. Skorospelyi sort yarovoi myagkoi pshenitsy Tarskaya 12 dlya severnykh raionov Omskoi oblasti [Early-maturing spring common wheat variety 'Tarskaya 12' for the northern regions of the Omsk region] // Agrarnaya Rossiya. 2020. № 3. S. 3–7.
6. Goncharov N.P., Kosolapov V.M. Seleksiya rastenii – osnova prodovol'stvennoi bezopasnosti Rossii [Plant breeding is the basis of food security in Russia] // Vavilovskii zhurnal genetiki i seleksii. 2021. T. 25(4), S. 361–366. DOI: 10.18699/VJ21.039
7. Demina, I.F. Urozhainost' i elementy ee struktury u sortov i linii myagkoi yarovoi pshenitsy [Productivity and its structure elements of spring common wheat varieties and lines] // Vestnik Altaiskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2020. № 5(187). S. 5–10.
8. Zykin V.A., Belan I.A., Yusov V.S., Kiraev R.S., Chanyshv I.O. Ekologicheskaya plastichnost' sel'skokhozyaistvennykh rastenii: (metodika i otsenka) [Ecological adaptability of agricultural plants: (methodology and estimation)]. Ufa, 2011. 96 s.
9. Ivanova I. Yu., Volkova L.V. Izmenchivost' khozyaistvenno tsennyykh priznakov yarovoi pshenitsy i ikh vklad v stabilizatsiyu urozhainosti [Variability of economically valuable traits of spring wheat and their contribution to productivity stabilization] // Agrarnaya nauka Evro-Severo-Vostoka. 2019. T. 20, № 6. S. 567–574. DOI: 10.30766/2072-9081.2019.20.6.567-574
10. Kovalenko E.D., Kolomiets T.M., Kiseleva M.I., Zhemchuzhina A.I., Smirnova L.A., Shcherbik A.A. Metody otsenki i otbora iskhodnogo materiala pri sozdaniy sortov pshenitsy ustoichivyykh k buroi rzhavchine [Methods for estimating and selecting initial material for developing leaf rust resistant wheat varieties]. Metodicheskie rekomendatsii VNIIF. M., 2012. 93 s.
11. Kurdyukova T.A., Cheremisina S.P., Timoshkina Yu. S., Kozhevnikova L.M. Rekomendatsii po vozdel'yvaniyu sortov sel'skokhozyaistvennykh kul'tur i rezul'taty sortoispytaniya v Omskoi oblasti za 2022 god [Recommendations for the cultivation of crop varieties and the variety testing results in the Omsk region in 2022. Inspectorate in the Omsk region]. Inspektura po Omskoi obl. Omskii filial FGBU «Gosudarstvennaya komissiya RF po ispytaniyu i okhrane selektsionnykh dostizhenii». Omsk, 2022. 71 s.
12. Mukhordova M.E., Belan I.A., Rosseeva L.P. Ispol'zovanie molekulyarnykh markerov v seleksii pshenitsy myagkoi yarovoi v Omskom agrarnom nauchnom tsentre [The use of molecular markers in spring common wheat breeding at the Omsk Agricultural Research Center] // Dostizheniya nauki i tekhniki APK. 2022. T. 36, № 6. S. 5–10. DOI: 10.53859/02352451_2022_36_6_0
13. Rosstat – Otsial'naya statistika: posevnye ploshchadi pshenitsy 2022–2023 [Rosstat – Official statistics: wheat sown area 2022–2023]. [Elektronnyi resurs]. URL: <https://rosstat.gov.ru/search?> (data obrashcheniya: 29.02.2024).
14. Schuster C., Huen J., Scherf K.A. Comprehensive study on gluten composition and baking quality of winter wheat // Cereal Chemistry. 2022. Vol. 100(1), DOI: 10.1002/cche.10606
15. Helguera M., Abugalieva A., Bekes F., Battenfield S. Grain Quality in Breeding. In book: Wheat Quality For Improving Processing And Human Health. 2020. P. 273–307. DOI: 10.1007/978-3-030-34163-3_12

Поступила: 07.03.24; доработана после рецензирования: 05.04.24; принята к публикации: 18.04.24.

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. Григорьев Ю. П. – анализ данных и их интерпретация, финальная доработка текста; Белан И. А. – общее научное руководство, концептуализация исследований, анализ данных и их интерпретация; Россеева Л. П. – анализ данных и их интерпретация, математическая обработка данных, подготовка рукописи; Пахотина И. В. – выполнение лабораторных опытов, анализ данных и их интерпретация; Мухина Я. В. – выполнение полевых опытов и сбор данных.

Все авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.

АДАПТИВНЫЙ ПОТЕНЦИАЛ СОРТОВ ОЗИМОЙ МЯГКОЙ ПШЕНИЦЫ В УСЛОВИЯХ ПЕНЗЕНСКОЙ ОБЛАСТИ

С. В. Косенко, кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник лаборатории селекционных технологий, s.kosenko.pnz@fncl.ru, ORCID ID: 0000-0003-3214-153X
Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Федеральный научный центр лубяных культур» (ФГБНУ ФНЦ ЛК),
170041, г. Тверь, Комсомольский пр., д. 17/56; e-mail: info@fncl.ru

В статье представлены результаты многолетних исследований (2014–2023 гг.) урожайности, параметров адаптивности и взаимодействие «генотип × среда» сортов озимой мягкой пшеницы в условиях лесостепи Пензенской области. Целью настоящих исследований явилось определение реакции сортов озимой мягкой пшеницы в меняющихся агроклиматических условиях по урожайности. Условия вегетации в отмеченные годы различались по температурному режиму и количеству выпавших осадков, что послужило хорошим фоном для проведения исследований по изучаемому вопросу. Объектом изучения послужили 9 районированных сортов, допущенных к возделыванию в Средневолжском регионе, и 5 сортов озимой мягкой пшеницы селекции ФГБНУ ФНЦ ЛК. В качестве стандарта использовали районированный сорт озимой мягкой пшеницы Фотинья. Годы исследования сортов разделены на благоприятные, типичные (средние) и неблагоприятные (засушливые, избыточно увлажненные). Урожайность озимой мягкой пшеницы в благоприятные годы составила в среднем 5,68 т/га, в типичные годы – в среднем 4,32 т/га и неблагоприятные годы – в среднем 2,19 т/га. В результате определения реакции сортов озимой мягкой пшеницы в меняющихся агроклиматических условиях по урожайности доказано значительное влияние условий среды и генотипа. Для селекционного использования предложены ценные и стабильные генотипы озимой мягкой пшеницы Бирюза, Скипетр, Дон-эко, Аленушка, Памяти Кривобоcheка, Сурская Ника, Дарго, которые следует размещать на высоком и среднем агрофоне. Сорта Фотинья и Клавдия 2 обладают высокой адаптацией к неблагоприятным условиям возделывания и будут иметь преимущество над другими сортами на среднем и низком агрофоне.

Ключевые слова: озимая мягкая пшеница, сорт, урожайность, адаптивность, генотип, среда.

Для цитирования: Косенко С. В. Адаптивный потенциал сортов озимой мягкой пшеницы в условиях Пензенской области // Зерновое хозяйство России. 2024. Т. 16, № 2. С. 75–79. DOI: 10.31367/2079-8725-2024-91-2-75-79.



ADAPTIVE POTENTIAL OF WINTER COMMON WHEAT VARIETIES IN THE PENZA REGION

S. V. Kosenko, Candidate of Agricultural Sciences, leading researcher of the laboratory for breeding technologies, s.kosenko.pnz@fncl.ru, ORCID ID: 0000-0003-3214-153X
Federal State Budget Research Institution “Federal Research Center for Bast Fiber Crops” (FSBRI CBFC),
170041, Tver region, Tver, Komsomolsky Av., 17/56; e-mail: info@fncl.ru

The current paper has presented the results of long-term study (2014–2023) of productivity, adaptability parameters and correlation between a genotype and environment of winter common wheat varieties in the forest-steppe conditions of the Penza region. The purpose of the study was to determine the response of winter common wheat varieties in changing agroclimatic conditions according to productivity. The vegetation conditions during the years of study varied in temperature and amount of precipitation, which served as a good background for conducting research on the issue in question. The objects for the study were 9 zoned varieties approved for cultivation in the Middle Volga region and 5 winter common wheat varieties developed by the FSBRI CBFC. The zoned winter common wheat variety ‘Fotiniya’ was used as a standard. The years of the varieties’ study were divided into favorable, typical (mean) and unfavorable (dry, excessively wet). Winter common wheat productivity in favorable years averaged 5.68 t/ha, in typical years it was 4.32 t/ha and 2.19 t/ in unfavorable years. As a result of determining the response of winter common wheat varieties in changing agroclimatic conditions according to productivity, there was proven a strong effect of environmental conditions and genotype. There have been proposed for breeding use such valuable and stable genotypes of winter common wheat as ‘Biryuzha’, ‘Skipetr’, ‘Don-eko’, ‘Alyonushka’, ‘Pamyati Krivobocheka’, ‘Surskaya Nika’, ‘Dargo’, which should be placed on a high and medium agricultural background. The varieties ‘Fotiniya’ and ‘Klavdiya 2’ are highly adaptable to unfavorable cultivation conditions and will have an advantage over other varieties in medium and low agricultural backgrounds.

Keywords: winter common wheat, variety, productivity, adaptability, genotype, environment.

Введение. Среднее Поволжье, куда входит и Пензенская область, характеризуется значительным разнообразием природно-климатических и погодных условий. К числу особенно значимых агрометеорологических факторов, влияющих на урожайность, валовые сборы и качество полевых культур, следует отнести

неустойчивое по зонам, годам и месяцам распределение осадков, высокую вероятность различных типов засух, особенно весенних, суховеи, недостаточную влагообеспеченность почвы на момент озимого сева, колебания высоты снежного покрова по годам и т.д. (Крупин и др., 2019).

Академик А. А. Жученко (2004) считает, что обеспечение устойчивого роста величины и качества урожая сельскохозяйственных культур связано с повышением экологической устойчивости самих культурных видов за счет селекции и агротехники, подбора культур и сортов-взаимострахователей, их адаптивного макро-, мезо- и микрорайонирования, увеличения видового и сортового разнообразия агроэкосистем, использования адаптивной и гибкой структуры посевных площадей, конструирования экологически устойчивых агроландшафтов и т.д.

Основные правила построения ценозов нами рассматриваются как способ наиболее эффективного использования экологического оптимума среды обитания растениями в резко контрастных погодных условиях (Kendal, 2019; Horn et al., 2018). Решение этих и других вопросов позволит скорректировать селекционные программы и сосредоточиться на устранении узких мест в селекционном процессе.

Целью настоящих исследований явилось определение реакции сортов озимой мягкой пшеницы в меняющихся агроклиматических условиях по урожайности.

Материалы и методы исследований. Исследования проводили в 2014–2023 гг. в лесостепной зоне Пензенской области. Климат зоны умеренно-континентальный. Метеорологические условия периода вегетации озимой мягкой пшеницы за эти годы различались по температурному режиму и количеству выпавших осадков, что послужило хорошим фоном для проведения исследований по изучаемому вопросу. Вегетационный период в неблагоприятные 2015 и 2019 гг. был в разной степени засушливым, гидротермический коэффициент от возобновления вегетации до восковой спелости у стандартного сорта Фотинья колебался в пределах 0,8 и 0,5 соответственно. Условия возделывания озимой мягкой пшеницы в 2016, 2017, 2022 и 2023 гг. были благоприятными, гидротермический коэффициент

по межфазному периоду «возобновление вегетации – восковая спелость» у стандарта составлял от 1,22 до 1,30. Вегетационный период озимой мягкой пшеницы в типичные 2014, 2018, 2020, 2021 гг. проходил при средних условиях увлажнения и умеренных температурах воздуха, гидротермический коэффициент составлял от 1,1 до 1,16.

В качестве объектов исследования были заложены два двухфакторных опыта. Первый опыт. По фактору А (сорт) изучали 9 вариантов, а именно: Клавдия 2, Мироновская 808, Оренбургская 105, Московская 39, Безенчукская 380, Надежда, Бирюза, Скипетр, Дон-эко; по фактору В (годы) – 2014–2023 годы. Второй опыт. По фактору А (сорт) изучали 5 вариантов, а именно: Аленушка, Памяти Кривобочка, Сурская Ника, Дарго, Лютесценс 26/03-1-06; по фактору В (годы) – 2019–2023 годы. В качестве стандарта использовали районированный сорт озимой мягкой пшеницы Фотинья. Посев проводили в 1-й декаде сентября по предшественнику чистый пар на неудобренном фоне сеялкой СН-10Ц. Площадь делянки 10 м², повторность опыта шестикратная. Норма высева 5,5 млн всхожих зерен/га.

Фенологические наблюдения проводили по Методике государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур (1989). При статистической обработке полученных данных применяли дисперсионный анализ (Доспехов, 2014).

Результаты и их обсуждение. Урожайность – наиболее важный показатель ценности сортов и является главным в их селекции. Решение этой проблемы невозможно без детального изучения изменчивости урожайности зерна в зависимости от генотипа и условий выращивания. Результаты двухфакторного анализа свидетельствуют о наличии значимых эффектов генотипа, среды и их взаимодействия на показатели урожайности озимой мягкой пшеницы (табл. 1).

Таблица 1. Результаты многофакторного дисперсионного анализа по выявлению доли влияния факторов на урожайность озимой мягкой пшеницы (2014–2023 гг.)

Table 1. Results of multi-factor analysis of variance to identify the share of the effect of factors on winter common wheat productivity (2014–2023)

Источник варьирования	Сумма квадратов отклонений, (SS)	Степени свободы, (df)	Средний квадрат, (ms)	Критерий Фишера, (F)	Доля влияния фактора, %
2014–2023 гг.					
Общее	255,52	299	–	–	100
Сорта (фактор А)	7,72	9	1,25	72,84**	25,1
Годы (фактор В)	212,76	9	21,25	674,24***	61,3
Взаимодействие АхВ	28,06	81	15,44	4,78*	12,0
Случайные отклонения	6,98	200	0,03	–	1,6
2019–2023 гг.					
Общее	54,78	74	–	–	100
Сорта (фактор А)	4,64	4	1,14	86,81**	28,6
Годы (фактор В)	33,47	4	8,37	181,97***	51,7
Взаимодействие АхВ	13,86	16	0,92	9,76*	15,5
Случайные отклонения	2,81	50	0,05	–	4,2

Примечание. * – 0,05; ** – 0,01; *** – 0,001.

При этом наибольшее влияние оказывают условия среды (61,3 %) и генотип (25,1 %). На долю специфического взаимодействия «генотип × среда» приходится лишь 12,0 %. Высокая величина дисперсии среды ($m_s = 21,25$), которая больше, чем дисперсия взаимодействия «генотип × среда» ($m_{sg} = 15,44$), указывает на разнообразие почвенно-климатических условий в годы исследований. В новом наборе сортов в течение пяти лет также преобладает изменчивость, вызванная воздействием внешней среды, – 51,7 %. Однако увеличилась доля факторов, обусловленных генотипом (28,6 %) и взаимодействием «генотип × среда» (15,5 %). Таким образом, можно сделать заключение, что новые сорта обладают широкой нормой реакции, более отзывчивы на улучшение условий среды.

Годы исследования сортов разделены на благоприятные, типичные (средние) и неблагоприятные (засушливые, избыточно увлажненные). Большая часть исследуемых годов (40,0 %) относится к благоприятным (40,0 %) и типичным по условиям возделывания, 20 % оказались неблагоприятными для всех сортов.

В среднем урожайность озимой мягкой пшеницы в благоприятные годы составила в среднем 5,68 т/га, в типичные годы – в среднем 4,32 т/га и неблагоприятные годы – в среднем 2,19 т/га.

Если в условиях Самары и Саратова основными показателями адаптивности сорта являются засухоустойчивость и жаростойкость (Сюков и др., 2019; Шьюрова и др., 2019), то в Пензенской области к лимитирующим факторам можно отнести как засуху, так и избыточное увлажнение, которое приводит к полеганию растений, поражению болезнями. Это свидетельствует о значимости проблемы устойчивости сортов к абиотическим и биотическим факторам.

Анализируя распределение изучаемых сортов по урожайности, следует отметить, что наиболее приспособленными к условиям Пензенской области являются сорта озимой мягкой пшеницы Фотинья, Клавдия, Бирюза, Скипетр, Дон-эко. По отношению к среднегрупповому уровню вышеуказанные сорта имели более высокую урожайность зерна за 2014–2023 гг. (в среднем 4,19, 4,68, 4,35, 4,50 и 4,23 т/га соответственно) (табл. 2).

Таблица 2. Урожайность озимой мягкой пшеницы относительно их среднегрупповой продуктивности в различные по метеорологическим условиям годы, т/га
Table 2. Productivity of winter common wheat according to their mean group productivity in years of various weather conditions, t/ha

Сорта	Районированные сорта							
	Благоприятные годы: 2016, 2017, 2022, 2023		Типичные годы: 2014, 2018, 2020, 2021		Неблагоприятные годы: 2015, 2019		В среднем за 2014–2023 годы	
	т/га*	%**	т/га*	%**	т/га*	%**	т/га*	%**
Среднегрупповая продуктивность	5,68	100	4,32	100	2,19	100	4,06	100
Фотинья	5,72	101	4,11	93	2,76	126	4,19	103
Клавдия 2	6,17	111	4,79	110	3,10	142	4,68	115
Мироновская 808	5,15	91	3,53	82	1,95	89	3,54	87
Оренбургская 105	5,25	93	4,13	96	2,10	96	3,83	94
Московская 39	5,05	89	4,18	97	1,75	80	3,66	90
Безенчукская 380	5,07	90	3,85	89	1,70	78	3,54	87
Надежда	5,54	98	4,58	106	2,20	100	4,10	103
Бирюза	6,21	110	4,73	109	2,10	96	4,35	107
Скипетр	6,57	116	4,92	114	2,00	91	4,50	110
Дон-эко	6,02	106	4,49	104	2,19	100	4,23	104
НСР ₀₅	0,19	–	0,26	–	0,16	–	0,21	–
	Новые сорта							
	Благоприятные годы: 2022, 2023		Типичные годы: 2020, 2021		Неблагоприятные годы: 2019		В среднем за 2019–2023 годы	
	т/га*	%**	т/га*	%**	т/га*	%**	т/га*	%**
Среднегрупповая продуктивность								
Фотинья	7,61	100	4,46	100	2,88	100	4,98	100
Алёнушка	6,75	89	3,68	83	2,66	92	4,36	88
Памяти Кривобочка	8,21	108	4,73	106	3,06	106	5,33	107
Сурская Ника	7,58	100	4,54	102	2,94	102	5,02	101
Сурская Ника	7,96	105	4,99	112	2,88	100	5,28	106
Дарго	7,67	101	4,68	105	2,82	98	5,06	102
Лютесценс 26/03-1-06	7,52	99	4,11	92	2,90	101	4,84	97
НСР ₀₅	0,38	–	0,23	–	0,13	–	0,26	–

Примечание. * средняя урожайность, т/га; ** урожайность в % по отношению к среднегрупповой продуктивности.

Важный показатель современных сортов – устойчивость к стрессовым условиям произрастания, выражающийся в разности между урожайностью в неблагоприятный и благоприятный год ($Y_2 - Y_1$). Чем она меньше, тем выше стрессоустойчивость и шире диапазон адаптивных возможностей сорта (Bornhofen et al., 2017; Simion et al., 2018). Однако при общей положительной оценке по адаптивности, сорта имеют существенные различия в их реакции на условия среды. В целом стрессоустойчивость изученных сортов была средней, сорта Фотинья и Клавдия 2 показали наименьшую стрессоустойчивость, за счет исключительной засухоустойчивости в неблагоприятные годы сформировали достаточно высокую урожайность зерна – 2,76 и 3,10 т/га соответственно, что на 126 и 142 % выше среднегрупповой продуктивности. Они отзывчивы на благоприятные и засушливые условия, но в то же время плохо переносят избыточное увлажнение. У них наблюдается наименьшая разница урожайности зерна между благоприятными и неблагоприятными годами (2,96 и 3,07 т/га соответственно). Для сравнения: у сорта Скипетр при высокой вариабельности урожайности по годам разница достигает 4,57 т/га.

Среди сортов нового поколения лучшими по адаптивности к резко меняющимся условиям зоны показали себя сорта Аленушка (допущен к использованию с 2023 г.), Памяти Кривобочка (допущен к использованию

с 2024 г.), Сурская Ника и Дарго (переданы в Государственное сортоиспытание). По отношению к среднегрупповой вышеуказанные сорта имели более высокую урожайность зерна за 2019–2023 гг. (в среднем 5,33, 5,02, 5,28 и 5,06 т/га соответственно). У них удачно сочетается пластичность и стабильность урожайности по годам. Все вышеуказанные сорта интенсивного типа.

Выводы. В результате определения реакции сортов озимой мягкой пшеницы в меняющихся агроклиматических условиях по урожайности доказано высокое влияние условий среды и генотипа. Для селекционного использования предложены ценные и стабильные генотипы озимой мягкой пшеницы Бирюза, Скипетр, Дон-эко, Аленушка, Памяти Кривобочка, Сурская Ника, Дарго, которые следует размещать на тщательно подготовленных предшественниках с достаточными запасами продуктивной влаги и минерального питания (высоких и средних технологий). Они являются интенсивными сортами, положительно отзываемыми на улучшение агрофона. Сорта Фотинья и Клавдия 2 обладают высокой адаптацией к неблагоприятным условиям возделывания и будут иметь преимущество над другими сортами на среднем и низком агрофоне.

Финансирование. Работа выполнена при поддержке Минобрнауки России в рамках Государственного задания Федерального научного центра лубяных культур (№ FGSS-2022-0008).

Библиографические ссылки

1. Доспехов, Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). 5 издание, перераб. и дополн. Стереотип изд. М.: Альянс. 2014. 351 с.
2. Жученко, А.А. Ресурсный потенциал производства зерна в России. Москва, 2004. 1109 с.
3. Крупин П.Ю., Дивашук М.Г., Карлов Г.И. Использование генетического потенциала многолетних дикорастущих злаков в селекционном улучшении пшеницы (обзор) // Сельскохозяйственная биология. 2019. № 54(3). С. 409–425. DOI: 10.15389/agrobiology.2019.3.409rus
4. Методика государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур. Выпуск 1. Общая часть. М.: Колос. 2019. 329 с.
5. Сюков В.В., Захаров В.Г., Мальчиков П.Н., Кривобочек В.Г., Никонов В.И., Василова Н.З., Ганеев В.А., Гулаева Н.В., Менибаев А.И. Эффективность статистических методов оценки адаптивности генотипов яровой мягкой пшеницы вдоль экологического вектора // Аграрный научный журнал. 2019. № 2. С. 4–12. DOI: 10.28983/asj.y2019i2pp4-12
6. Шьюрова Н.А., Субботин А.Г., Жужукин В.И., Нарушев В.Б., Мухатова Ж.Н., Башинская О.С. Селекционная оценка сортообразцов и линий яровой твердой пшеницы в засушливых условиях Нижнего Поволжья // Успехи современного естествознания. 2019. № 12 (часть 2). С. 236–242. DOI: 10.17513/use.37295
7. Bornhofen E., Benin G., Storck L., Guilherme L., Thiago W., Matheus D., Stoco G., Marchioro S.V. Statistical methods to study adaptability and stability of wheat genotypes // Bragantia. 2017. Vol. 76(1), P. 1–10. DOI: 10.1590/1678-4499.557
8. Horn L., Shimelis H., Sarsu F., Mwandzingeni L., Laing M.D. Genotype-by-environment interaction for grain yield among novel cowpea (*Vigna unguiculata* L.) selections derived by gamma irradiation // The Crop Journal. 2018. Vol. 6(3), P. 306–313. DOI: 10.1016/j.cj.2017.10.002
9. Kendal, E. Comparing durum wheat cultivars by genotype $\frac{1}{2}$ yield $\frac{1}{2}$ trait and genotype $\frac{1}{2}$ trait biplot method // Chilean Journal of Agricultural Research. 2019. Vol. 79(4), P. 512–522. DOI: 10.4067/S0718-58392019000400512
10. Simion T., Mohammed W., Amsalu B. Genotype by environment interaction and stability analysis 979 of cowpea (*Vigna unguiculata* L. Walp) genotypes for yield in Ethiopia // Journal of Plant Breeding and Crop Science. 2018. Vol. 10(9), P. 249–257. DOI: 10.5897/JPBCS2018.07539

Reference

1. 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 izdanie, pererab. i dopoln. Stereotip izd. M.: Al'yans. 2014. 351 s

2. Zhuchenko, A.A. Resursnyi potentsial proizvodstva zerna v Rossii [Resource potential of grain production in Russia]. Moskva, 2004. 1109 s.
3. Krupin P. Yu., Divashuk M. G., Karlov G. I. Ispol'zovanie geneticheskogo potentsiala mnogoletnikh dikorastushchikh zlakov v selektsionnom uluchshenii pshenitsy (obzor) [Use of the genetic potential of perennial wild cereals in the breeding improvement of wheat (review)] // Sel'skokhozyaistvennaya biologiya. 2019. № 54(3). S. 409–425. DOI: 10.15389/agrobiology.2019.3.409rus
4. Metodika gosudarstvennogo sortoispytaniya sel'skokhozyaistvennykh kul'tur [Methodology of the State Variety Testing of agricultural crops]. Vypusk 1. Obshchaya chast'. M.: Kolos. 2019. 329 s.
5. Syukov V. V., Zakharov V. G., Mal'chikov P. N., Krivobochek V. G., Nikonov V. I., Vasilova N. Z., Ganeev V. A., Gulaeva N. V., Menibaev A. I. Effektivnost' statisticheskikh metodov otsenki adaptivnosti genotipov yarovoi myagkoi pshenitsy vdol' ekologicheskogo vektora [Efficiency of statistical estimation of the adaptability of spring common wheat genotypes along the environmental vector] // Agrarnyi nauchnyi zhurnal. 2019. № 2. S. 4–12. DOI: 10.28983/asj.y2019i2pp4-12
6. Sh'yurova N. A., Subbotin A. G., Zhuzhukin V. I., Narushev V. B., Mukhatova Zh. N., Bashinskaya O. S. Seleksionnaya otsenka sortoobraztsov i linii yarovoi tverdoi pshenitsy v zasushlivykh usloviyakh Nizhnego Povolzh'ya [Breeding estimation of spring durum wheat variety samples and lines in the arid conditions of the Lower Volga region] // Uspekhi sovremennogo estestvoznaniya. 2019. № 12 (chast' 2). S. 236–242. DOI: 10.17513/use.37295
7. Bornhofen E., Benin G., Storck L., Guilherme L., Thiago W., Matheus D., Stoco G., Marchioro S. V. Statistical methods to study adaptability and stability of wheat genotypes // Bragantia. 2017. Vol. 76(1), R. 1–10. DOI: 10.1590/1678-4499.557
8. Horn L., Shimelis H., Sarsu F., Mwadzingeni L., Laing M. D. Genotype-by-environment interaction for grain yield among novel cowpea (*Vigna unguiculata* L.) selections derived by gamma irradiation // The Crop Journal. 2018. Vol. 6(3), R. 306–313. DOI: 10.1016/j.cj.2017.10.002
9. Kendal, E. Comparing durum wheat cultivars by genotype $\frac{1}{2}$ yield $\frac{1}{2}$ trait and genotype $\frac{1}{2}$ trait biplot method // Chilean Journal of Agricultural Research. 2019. Vol. 79(4), R. 512–522. DOI: 10.4067/S0718-58392019000400512
10. Simion T., Mohammed W., Amsalu B. Genotype by environment interaction and stability analysis 979 of cowpea (*Vigna unguiculata* L. Walp) genotypes for yield in Ethiopia // Journal of Plant Breeding and Crop Science. 2018. Vol. 10(9), R. 249–257. DOI: 10.5897/JPCBS2018.07539

Поступила: 24.03.24; доработана после рецензирования: 22.04.24; принята к публикации: 22.04.24.

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

Конфликт интересов. Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

Авторский вклад. Косенко С. В. – проведение полевого опыта, концептуализация исследования, анализ данных и их интерпретация, подготовка рукописи.

Автор прочитал и одобрил окончательный вариант рукописи.

ОБЩЕЕ ЗЕМЛЕДЕЛИЕ И РАСТЕНИЕВОДСТВО

УДК 633.358: 631.5: 631.531.048(470.61)

DOI: 10.31367/2079-8725-2024-91-2-80-87

ВЛИЯНИЕ СРОКОВ ПОСЕВА И НОРМ ВЫСЕВА ЗИМУЮЩЕГО ГОРОХА ПРИ ВОЗДЕЛЫВАНИИ В ЮЖНОЙ ЗОНЕ РОСТОВСКОЙ ОБЛАСТИ НА ПОКАЗАТЕЛИ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРОИЗВОДСТВА ЗЕРНА

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;

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

ФГБНУ «Аграрный научный центр «Донской»,
347740, Ростовская область, г. Зерноград, ул. Научный городок, д. 3; e-mail: vniizk30@mail.ru

В статье представлены результаты полевых исследований, проведенных в 2019–2021 гг. в ФГБНУ «АНЦ «Донской» по изучению отдельных элементов технологии возделывания (срок посева, норма высева) зимующего гороха. Целью исследований являлась оценка влияния сроков посева и норм высева зимующего гороха при возделывании в южной зоне Ростовской области на показатели экономической эффективности производства зерна. При возделывании зимующего гороха в южной зоне Ростовской области наибольшие доли затрат приходились на ядохимикаты и семена и составляли соответственно по сортам: Зимус – 43,7–38,4 % и 25,4–35,9 %; Фокус – 44,4–39,2 % и 23,9–34,3 %; Фазтон – 45,9–41,0 % и 20,7–30,6 %. Максимальный валовой доход от реализации зерна зимующего гороха – 42370 руб./га был получен по сорту Фокус в третьем сроке посева в варианте с нормой высева 1,4 млн шт. всхожих семян/га. Максимальный условно-чистый доход – 16798 руб./га отмечен по этому сорту во втором сроке посева с нормой высева 1,2 млн шт. всхожих семян/га. Минимальная себестоимость продукции получена по сорту Фокус в третьем сроке посева с нормой высева 1,0 млн шт. всхожих семян/га – 11052 руб./т, в этом же варианте отмечался максимальный уровень рентабельности – 72 %. По сорту Фазтон от реализации зерна максимальный валовой доход получен в первом сроке посева при норме высева 1,2 млн шт. всхожих семян/га – 37430 руб./га. Также в этом варианте отмечен наиболее высокий условно-чистый доход – 14347 руб./га при наименьшей себестоимости продукции – 11717 руб./т и максимальном уровне рентабельности – 62 %. По сорту Зимус максимальный валовой доход от реализации зерна – 41420 руб./га получен при норме высева 1,4 млн шт. всхожих семян/га во втором сроке посева. В этом же варианте отмечен наиболее высокий условно-чистый доход – 14423 руб./га, наименьшая себестоимость продукции – 12384 руб./т при наибольшем уровне рентабельности – 53 %.

Ключевые слова: зимующий горох, срок посева, норма высева, экономическая эффективность, рентабельность.

Для цитирования: Васильченко С. А., Метлина Г. В. Влияние сроков посева и норм высева зимующего гороха при возделывании в южной зоне Ростовской области на показатели экономической эффективности производства зерна // Зерновое хозяйство России. 2024. Т. 16, № 2. С. 80–87. DOI: 10.31367/2079-8725-2024-91-2-80-87.

**THE EFFECT OF SOWING DATES AND SOWING RATES OF WINTERING PEAS WHEN CULTIVATED IN THE SOUTHERN PART OF THE ROSTOV REGION ON THE ECONOMIC EFFICIENCY OF GRAIN PRODUCTION**

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;

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

FSBSI Agricultural Research Center "Donskoy",
347740, Rostov region, Zernograd, Nauchny Gorodok, 3; e-mail: vniizk30@mail.ru

The current paper has presented the results of field trials carried out at the FSBSI "ARC "Donskoy" in 2019–2021 to study individual elements of cultivation technology (sowing dates, sowing rate) of wintering peas. The purpose of the study was to estimate the effect of sowing dates and sowing rates of wintering peas when cultivated in the southern part of the Rostov region on the economic efficiency of grain production. When cultivating wintering peas in the southern part of the Rostov region, the largest shares of costs have been spent on pesticides and seeds and were, respectively, 43.7–38.4 % and 25.4–35.9 % for the variety 'Zimus'; 44.4–39.2 % and 23.9–34.3 % for the variety 'Fokus'; 45.9–41.0 % and 20.7–30.6 % for the variety 'Faeton'. The maximum gross income of 42,370 rubles/ha from the sale of wintering pea grain was obtained from the variety 'Fokus' in the third sowing period in the variant

with a seeding rate of 1.4 million pcs. of germ. seeds/ha. The maximum conditional net income of 16,798 rubles/ha was noted for this variety in the second sowing period with a seeding rate of 1.2 million pcs. of germ. seeds/ha. The minimum production cost of 11,052 rubles/t was obtained from the variety 'Fokus' in the third sowing period with a seeding rate of 1.0 million pcs. of germ. seeds/ha, the maximum level of profitability of 72 % was noted in the same option. For the variety 'Faeton', grain was sold on 37,430 rubles/ha in the first sowing period at a seeding rate of 1.2 million pcs. of germ. seeds/ha. Also in this option, the highest conditional net income was 14347 rubles / ha with the lowest cost of production of 11717 rubles/ton and the maximum level of profitability of 62 %. For the variety 'Zimus', the maximum gross income from grain sales was 41420 rubles/ha with a seeding rate of 1.4 million pcs. of germ. seeds/ha in the second sowing period. In the same option, the highest conditional net income was 14423 rubles/ha, the lowest cost of production was 12384 rubles/t with the highest level of profitability of 53 %.

Keywords: wintering peas, sowing dates, sowing rate, economic efficiency, profitability.

Введение. Горох – сельскохозяйственная культура, имеющая высокий экспортный потенциал для экономики страны (Карпова, 2021). Зерно гороха широко используется в животноводстве, в основном в птицеводстве и свиноводстве. По данным ученых Всероссийского научно-исследовательского и технологического института птицеводства (ФНЦ ВНИТИП) и Федерального центра охраны здоровья животных, включение гороха в дозе 5–10 % в комбикорма для кур-несушек способствовало повышению интенсивности яйценоскости на 2,38–4,97 %, выхода яичной массы – на 3,78–12,23 % (Андрианова и др., 2020).

В аграрном производстве горох считается отличным предшественником. Так, озимая пшеница, посеянная после гороха, способна обеспечивать высокую урожайность с уровнем рентабельности 168,7 % (Попов и др., 2022). В условиях Среднего Поволжья к посеву яровой пшеницы в почве после гороха накапливается больше продуктивной влаги, чем по другим зернобобовым предшественникам (соя, нут, люпин), что положительно отражается на урожайности культуры (Тойгильдин и др., 2021). Также смешанные посевы зернобобовых со злаковыми культурами способствуют повышению питательности корма (Агафонов и Бояркин, 2019).

Для зимующего гороха, как культуры, высеваемой осенью, немаловажное значение имеет срок посева, способствующий появлению дружных всходов, лучшей перезимовке и сохранности к уборке, а также повышению урожайности зерна (Васильченко и др., 2023; Krga et. al., 2019; Uzum et. al., 2017).

Посев травосмесей с горохом позволяет получить полноценную зеленую массу для молочного скота (Дуборезов и др., 2018).

Цель исследований – оценка влияния сроков посева и норм высева зимующего гороха при возделывании в южной зоне Ростовской области на показатели экономической эффективности производства зерна.

Материалы и методы исследований. Научные исследования проведены в ФГБНУ «АНЦ «Донской» в 2019–2021 гг. на черноземе обыкновенном карбонатном тяжелосуглинистом на лессовидных суглинках. Содержание гумуса в пахотном слое – 3,3 %, pH – 7,0 (нейтральный), P_2O_5 – 24,4; K_2O – 360 мг/кг почвы. Предшественник – озимая пшеница.

Научные исследования были проведены на сортах зимующего гороха с уса́тым

типом листа Зимус, Фокус и с листочковым типом листа Фаэтон. Патентообладателем и оригинатором всех сортов является ФГБНУ «НЦЗ им. П.П. Лукьяненко».

Обработка почвы под зимующий горох заключалась в двойном дисковании стерни предшественника, вспашке с оборотом пласта на глубину 20–22 см и предпосевной культивации. Сев опытных делянок осуществляли селекционной сеялкой СС-11 «Альфа».

Повторность опыта – четырехкратная, учетная площадь делянки – 20 м², расположение делянок систематическое. Глубина заделки семян – 7–8 см. Уборку проводили комбайном Wintersteiger Classic.

Для борьбы с сорняками и вредителями применяли следующие пестициды: Фюзилад Форте, КЭ в дозе 1 л/га, Базагран, ВР в дозе 2,5 л/га, Эфория, КС в дозе 0,3 л/га (двукратная обработка).

Статистическую обработку полевых опытов осуществляли по методике Б.А. Доспехова (2014) с использованием компьютерных программ Microsoft Excel 2007, AgStat.

Схема опыта предусматривала посев зимующего гороха в октябре в первую декаду (1-й срок посева), во вторую декаду (2-й срок посева) и третью декаду (3-й срок посева).

Изучались 5 норм высева: 1,0; 1,2; 1,4; 1,6; 1,8 млн шт. всхожих семян/га.

При оценке гидротермических условий за период от посева до уборки зимующего гороха можно отметить недостаток атмосферных осадков в осенне-зимний период (76,6 мм) при среднемноголетней норме 234,8 мм.

В весенне-летний период сумма атмосферных осадков была выше среднемноголетней нормы (260,0 мм) на 24,9 мм.

Среднесуточная температура воздуха от посева до уборки превышала на 2,1 °С среднемноголетнюю норму (7,8 °С). В среднем за годы исследований в периоды октябрь–февраль и март–июль отмечалось превышение среднесуточной температуры воздуха на 2,8 и 1,5 °С соответственно по сравнению со среднемноголетней нормой (0,9 и 14,6 °С).

Результаты и их обсуждение. Технология возделывания зимующего гороха достаточно затратная. Наибольшая доля затрат приходилась на ядохимикаты и составляла по сорту Зимус от 43,7 при норме высева 1,0 млн шт. всхожих семян/га до 38,4 % при норме высева 1,8 млн шт. всхожих семян/га (рис. 1).

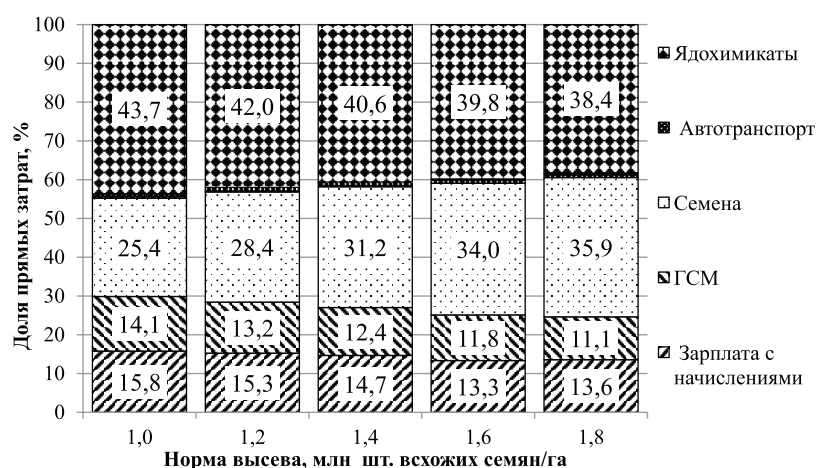


Рис. 1. Доля прямых затрат на возделывание зимующего гороха, сорт Зимус, % (2020–2021 гг.)

Fig. 1. Share of direct costs for cultivating wintering peas, variety 'Zimus', % (2020–2021)

С увеличением нормы высева возрастает масса семян, поэтому повышается доля затрат на семена, а расходы на удобрения и другие прямые затраты снижаются.

Следующие по величине затрат на возделывание этого сорта – расходы на семенной материал, которые находились в пределах от 25,4 при норме высева 1,0 млн шт. всхожих семян/га до 35,9 % при норме высева 1,8 млн шт. всхожих семян/га.

Доля прямых затрат на горюче-смазочные материалы (ГСМ) была в интервале 14,1–11,1 %. Максимальные их значения отмечались при норме высева 1,0 млн шт. всхожих семян/га, а минимальные – при норме высева 1,8 млн шт. всхожих семян/га.

Зарплата с начислениями составляла от 15,8 при норме высева 1,0 млн шт. всхожих семян/га до 13,6 % при норме высева 1,8 млн шт. всхожих семян/га от всех прямых затрат на возделывание этого сорта зимующего гороха.

Наименьшая доля затрат в технологии возделывания сорта зимующего гороха Зимус приходилась на автотранспортные перевозки, которая находилась в пределах 1,0–1,2 % по нормам высева семян.

В технологии возделывания сорта зимующего гороха Фокус доля прямых затрат на ядохимикаты и семена находилась в пределах 44,4–39,2 и 23,9–34,3 % соответственно (рис. 2).

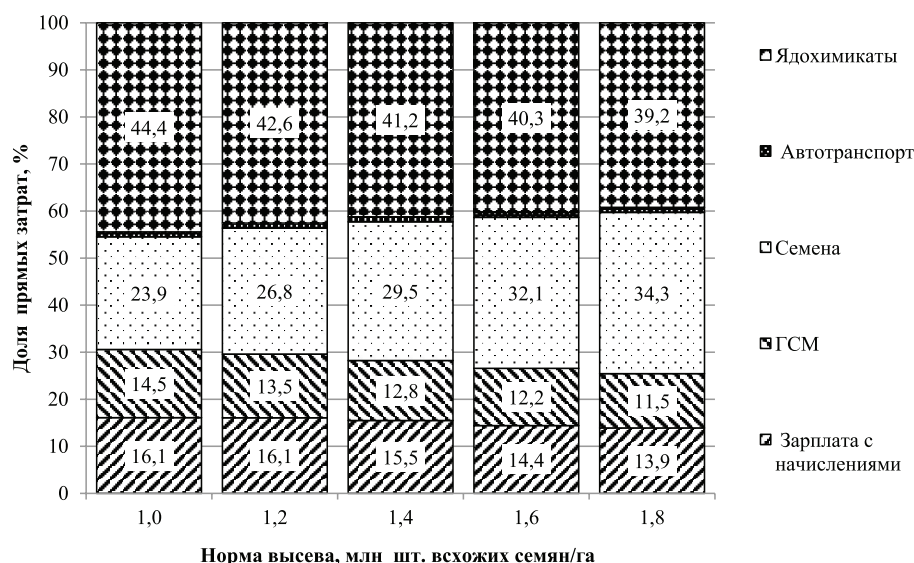


Рис. 2. Доля прямых затрат на возделывание зимующего гороха, сорт Фокус, % (2020–2021 гг.)

Fig. 2. Share of direct costs for cultivating wintering peas, variety 'Fokus', % (2020–2021)

Доля затрат на ГСМ была в интервале от 14,5 (при норме высева 1,0 млн шт. всхожих семян/га) до 11,5 % при норме высева 1,8 млн шт. всхожих семян/га.

На зарплату с начислениями приходилось 16,1–13,9 % доли прямых затрат в технологии возделывания этого сорта.

Наименьшая доля затрат приходилась на автотранспортные перевозки и составляла 1,0–1,1 %.

Доля прямых затрат на ядохимикаты при возделывании сорта Фазтон составляла от 45,9 при норме высева 1,0 млн шт. всхожих семян/га до 41,0 % при норме высева 1,8 млн шт. всхожих семян/га (рис. 3).

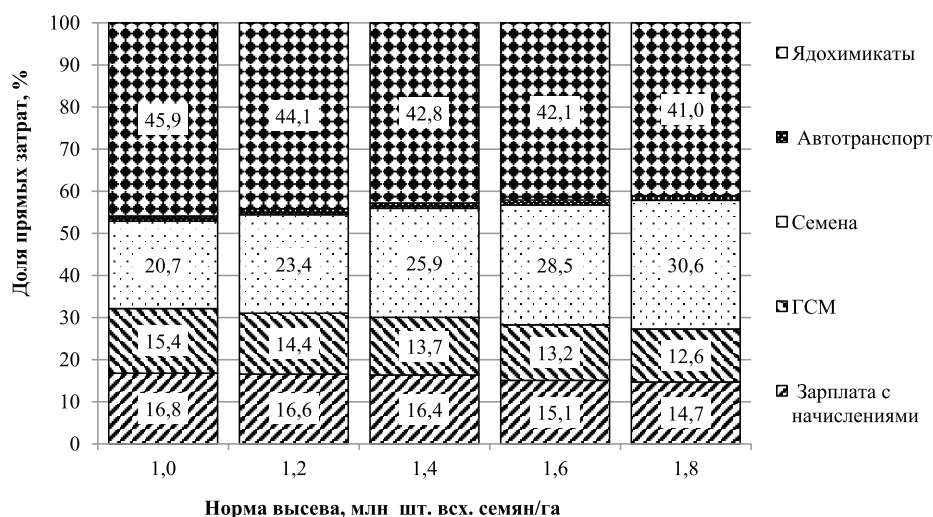


Рис. 3. Доля прямых затрат на возделывание зимующего гороха, сорт Фаэтон, % (2020–2021)
Fig. 3. Share of direct costs for cultivating winter peas, variety 'Faeton', % (2020–2021)

Расходы на семена при норме высева 1,0 млн шт. всхожих семян/га составляли 20,7 % от общих прямых затрат на производство зерна данного сорта гороха. Максимальная доля затрат на семена – 30,6 % отмечалась при норме высева 1,8 млн шт. всхожих семян/га.

Затраты на ГСМ и зарплату с начислениями по нормам высева семян находились на уровне 15,4–12,6 и 16,8–14,7 % соответственно. Наименьшая доля затрат отмечалась на автотранспорт и составляла по нормам высева 1,1–1,4 %.

Важными составляющими при оценке экономической эффективности возделывания зимующего гороха являются условно-чистый доход, себестоимость продукции и уровень рентабельности.

Цена реализации зерна гороха составляла 19 руб. за килограмм.

При оценке экономической эффективности можно отметить, что урожайность сорта зимующего гороха Зимус в годы исследований составляла в первом сроке посева 1,51–1,86 т/га, во втором – 1,75–2,18 т/га и в третьем – 1,55–1,96 т/га (табл. 1).

Таблица 1. Экономическая эффективность возделывания сорта зимующего гороха Зимус, 2020–2021 гг. (расчет на 1 га посева)
Table 1. Economic cultivating efficiency of the wintering pea variety 'Zimus', 2020–2021 (per 1 hectare of crops)

Срок посева	Норма высева, млн шт. всхожихсемян	Урожайность, т	Прямые затраты, руб.	Валовой доход, руб.	Условно-чистый доход, руб.	Себестоимость, руб./т	Рентабельность, %
1	1,0	1,51	23668	28690	5022	15675	21
	1,2	1,64	25349	31160	5811	15456	23
	1,4	1,86	26961	35340	8379	14495	31
	1,6	1,81	28275	34390	6115	15622	22
	1,8	1,78	30087	33820	3733	16903	12
2	1,0	1,75	23695	33250	9555	13540	40
	1,2	1,96	25384	37240	11856	12951	47
	1,4	2,18	26997	41420	14423	12384	53
	1,6	1,94	28180	36860	8680	14526	31
	1,8	1,82	30093	34580	4487	16535	15
3	1,0	1,71	23700	32490	8790	13860	37
	1,2	1,79	25377	34010	8633	14177	34
	1,4	1,96	26970	37240	10270	13760	38
	1,6	1,85	28477	35150	6673	15393	23
	1,8	1,55	30051	29450	–601	19387	–2
НСР ₀₅		0,15	–	–	–	–	–
НСР ₀₅ срок посева		0,07	–	–	–	–	–
НСР ₀₅ норма высева		0,10	–	–	–	–	–

Наибольшая урожайность зерна формировалась при норме высева 1,4 млн шт. всхожих семян/га во всех сроках посева.

Затраты на производство зерна зимующего гороха в первом сроке составили 23668–30087 руб./га, 23695–30093 руб./га во втором и 23700–30051 руб./га в третьем сроке.

Валовой доход от возделывания зимующего гороха составлял 28690–35340, 33250–41420 и 29450–37240 руб./га в первом, втором и третьем сроках посева соответственно.

Условно-чистый доход был на уровне 3733–8379 руб./га в 1-м сроке посева, 4487–14423 руб./га – во 2-м сроке посева и 601–10270 руб./га – в 3-м сроке посева.

Себестоимость продукции зависела от уровня затрат на производство зерна.

Наибольшая себестоимость была в варианте 1,8 млн шт. всхожих семян/га во всех сроках посева, что связано с высокими затратами на семена для посева.

Наиболее высокий уровень рентабельности производства – 31, 53 и 38 % отмечался при норме высева 1,4 млн шт. всхожих семян/га в 1, 2 и 3-м сроках посева соответственно.

Возделывание сорта Зимус в 3-м сроке посева с нормой высева 1,8 млн шт. всхожих семян/га было нерентабельным, что связано с высокой себестоимостью продукции и низким условно-чистым доходом.

Урожайность зерна зимующего гороха сорта Фокус за годы исследований составляла 1,36–1,77 т/га в первом сроке, во втором и в третьем сроках посева – 1,74–2,24 и 1,95–2,23 т/га соответственно (табл. 2).

Таблица 2. Экономическая эффективность возделывания сорта зимующего гороха Фокус, 2020–2021 гг. (расчет на 1 га посева)
Table 2. Economic cultivating efficiency of the wintering pea variety 'Fokus', 2020–2021 (per 1 hectare of crops)

Срок посева	Норма высева, млн шт. всхожих семян	Урожайность, т	Затраты, руб.	Валовой доход, руб.	Условно-чистый доход, руб.	Себестоимость, руб./т	Рентабельность, %
1	1,0	1,36	22983	25840	2857	16899	12
	1,2	1,37	24654	26030	1376	17996	6
	1,4	1,45	26133	27550	1417	18023	5
	1,6	1,57	27434	29830	2396	17474	9
	1,8	1,77	28897	33630	4733	16326	16
2	1,0	1,85	23060	35150	12090	12465	52
	1,2	2,19	24812	41610	16798	11330	68
	1,4	2,24	26286	42560	16274	11735	62
	1,6	1,83	27422	34770	7348	14985	27
	1,8	1,74	28892	33060	4168	16605	14
3	1,0	2,09	23098	39710	16612	11052	72
	1,2	2,18	24810	41420	16610	11381	67
	1,4	2,23	26284	42370	16086	11786	61
	1,6	2,10	27465	39900	12435	13079	45
	1,8	1,95	28925	37050	8125	14833	28
НСП ₀₅		0,21	–	–	–	–	–
НСП ₀₅ срок посева		0,10	–	–	–	–	–
НСП ₀₅ норма высева		0,15	–	–	–	–	–

Наибольшую урожайность сорт формировал при норме высева 1,8 млн шт. всхожих семян/га в первом сроке посева. Во втором и третьем сроках посева наибольшая урожайность была получена при норме высева 1,4 млн шт. всхожих семян/га.

Затраты на производство зерна этого сорта зимующего гороха составили 22983–28897, 23060–28892 и 23098–28925 руб./га в первом, втором и третьем сроках посева соответственно.

Валовой доход от возделывания сорта гороха Фокус составлял 25840–33630 руб./га в первом сроке посева, 33060–42560 руб./га – во втором сроке посева, 37050–42370 руб./га – в третьем сроке посева.

При производстве зерна гороха Фокус был получен условно-чистый доход: в первом сроке посева – 1376–4733 руб./га, во втором и третьем

сроках посева – 4168–16798 и 8125–16612 руб./га соответственно.

Себестоимость продукции по нормам высева составила: 16326–18023 руб./т (1-й срок посева), 11330–16605 руб./т (2-й срок посева) и 11052–14833 руб./т (3-й срок посева).

В связи с низкой урожайностью в первом сроке посева максимальный уровень рентабельности у сорта Фокус составил 16 % (норма высева 1,8 млн шт. всхожих семян/га). Во втором и третьем сроках посева уровень рентабельности был выше и составлял 68 и 72 % соответственно при нормах высева 1,2 и 1,0 млн шт. всхожих семян/га.

Урожайность сорта зимующего гороха сорта Фазтон за годы исследований составила 1,61–1,97 т/га в первом сроке посева, во втором и в третьем сроках посева – 1,49–1,93 и 1,57–1,81 т/га соответственно (табл. 3).

Таблица 3. Экономическая эффективность возделывания сорта зимующего гороха Фаэтон, 2020–2021 гг. (расчет на 1 га посева)
Table 3. Economic cultivating efficiency of the wintering pea variety 'Faeton', 2020–2021 (per 1 hectare of crops)

Срок посева	Норма высева, млн шт. всхожих семян/га	Урожайность, т/га	Прямые затраты, руб.	Валовой доход, руб.	Условно-чистый доход, руб.	Себестоимость, руб./т	Рентабельность, %
1	1,0	1,67	21707	31730	10023	12998	46
	1,2	1,97	23083	37430	14347	11717	62
	1,4	1,73	24348	32870	8522	14074	35
	1,6	1,61	25285	30590	5305	15705	21
	1,8	1,62	26496	30780	4284	16356	16
2	1,0	1,49	21678	28310	6632	14549	31
	1,2	1,69	23139	32110	8971	13692	39
	1,4	1,93	24373	36670	12297	12628	50
	1,6	1,68	25296	31920	6624	15057	26
	1,8	1,60	26493	30400	3907	16558	15
3	1,0	1,80	21727	34200	12473	12071	57
	1,2	1,81	23162	34390	11228	12797	48
	1,4	1,67	24336	31730	7394	14572	30
	1,6	1,66	25293	31540	6247	15237	25
	1,8	1,57	26488	29830	3342	16871	13
НСР ₀₅		0,15	–	–	–	–	–
НСР ₀₅ срок посева		–	–	–	–	–	–
НСР ₀₅ норма высева		0,12	–	–	–	–	–

Примечание. НСР₀₅ срок посева не определен, поскольку $F_{\phi} < F_m$.

Наибольшая урожайность формировалась в первом и третьем сроках посева при норме высева 1,2 млн шт. всхожих семян/га, а во втором сроке – при норме высева 1,4 млн шт. всхожих семян/га.

Прямые затраты на производство зерна зимующего гороха сорта Фаэтон по срокам посева в пересчете на 1 га находились в интервале 21678–26496 руб.

Валовой доход от реализации зерна данного сорта гороха по срокам посева составил 30590–37430 руб./га в первом сроке посева, 28310–36670 руб./га – во втором сроке посева, 29830–34390 руб./га – в третьем сроке посева.

Условно-чистый доход в первом сроке посева находился в пределах 4284–14347 руб./га, во втором сроке посева – 3907–12297 руб./га, в третьем сроке посева – 3342–12473 руб./га.

Себестоимость продукции находилась на уровне 11717–16356 руб./т (1-й срок посева), 12628–16558 руб./т (2-й срок посева) и 12071–16871 руб./т в (3-й срок посева).

Максимальный уровень рентабельности в первом сроке посева составил 62 % (норма высева 1,2 млн шт. всхожих семян/га), 50 % – во втором сроке посева (норма высева 1,4 млн шт. всхожих семян/га) и 57 % – в третьем сроке посева (норма высева 1,0 млн шт. всхожих семян/га).

Выводы. При возделывании зимующего гороха в южной зоне Ростовской области наибольшие доли затрат приходились на ядохимикаты и семена и составляли

по сорту Зимус 43,7–38,4 и 25,4–35,9 %; сорту Фокус –44,4–39,2 и 23,9–34,3 %; сорту Фаэтон – 45,9–41,0 и 20,7–30,6 % соответственно.

По сорту Фокус максимальный валовой доход от реализации зерна получен во втором сроке посева при норме высева 1,4 млн шт. всхожих семян/га – 42560 руб./га. В этом сроке посева при норме высева 1,2 млн шт. всхожих семян/га получен наибольший условно-чистый доход – 16798 руб./га. Минимальная себестоимость продукции (11052 руб./т) и максимальный уровень рентабельности (72 %) получены в третьем сроке посева с нормой высева 1,0 млн шт. всхожих семян/га.

По сорту Фаэтон в первом сроке посева с нормой высева 1,2 млн шт. всхожих семян/га получены максимальные значения валового дохода от реализации продукции (37430 руб./га), условно-чистого дохода (14347 руб./га), уровня рентабельности (62 %) и минимальная себестоимость продукции (11717 руб./т).

По сорту Зимус максимальный валовой доход от реализации зерна получен при норме высева 1,4 млн шт. всхожих семян/га во втором сроке посева – 41420 руб./га.

По сорту Зимус наилучшие показатели экономической эффективности: максимальный валовой доход (41420 руб./га), условно-чистый доход (14423 руб./га), уровень рентабельности (53 %) и минимальная себестоимость продукции (12384 руб./т) получены во втором сроке посева при норме высева 1,4 млн шт. всхожих семян/га.

Библиографические ссылки

1. Агафонов В. А., Бояркин Е. В. Формирование смешанных посевов проса с высокобелковыми культурами в лесостепи Предбайкалья // Кормопроизводство. 2019. № 3. С. 13–17.

2. Андрианова Е.Н., Егоров И.А., Пронин В.В. Эффективность и физиологическая безопасность гороха в рационах кур-несушек (*Gallusgallus* L.) родительского стада на поздних сроках содержания // Сельскохозяйственная биология. 2020. Т. 55(6). С. 1245–1256. DOI: 10.15389/agrobiology.2020.6.1245rus
3. Васильченко С.А., Метлина Г.В., Ашиев А.Р. Влияние сроков посева и норм высева на полевую всхожесть и сохранность к уборке растений зимующего гороха в южной зоне Ростовской области // Зерновое хозяйство России. 2023. Т. 15, № 2. С. 114–120. DOI: 10.31367/2079-8725-2023-85-2-114-120
4. Доспехов, Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). Изд.5-е., перераб. и доп. М.: Альянс, 2014. 351 с.
5. Дуборезов И.В., Дуборезов В.М., Андреев И.В. Урожайность и питательность двух- и трехкомпонентных смесей из вики, гороха и овса // Кормопроизводство. 2018. № 11. С. 15–18.
6. Карпова, О.И. Оценка экспортного потенциала гороха российского производства // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. 2021. № 2. С. 134–141.
7. 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. 2022. Т. 14, № 4. С. 97–103. DOI: 10.31367/2079-8725-2022-82-4-97-103
8. Тойгильдин А.Л., Подсевалов М.И., Тойгильдина И.А., Аюпов Д.Э., Мустафина Р.А. Бобовые предшественники, обработка почвы и защита растений в агротехнологиях яровой пшеницы Среднего Поволжья // Известия Тимирязевской сельскохозяйственной академии. 2021. № 5. С. 77–88. DOI: 10.26897/0021-342X-2021-5-77-88
9. Krga I., Simic A., Mandic' V., Bijelic' Z., Dzeletovic' Ž., Vasiljevic' S., Adzic' S. Forage yield and protein content of different field pea cultivars and oat mixtures grown as winter crops // Turkish Journal of Field Crops. 2019. Vol. 24(2), P. 170–177. DOI: 10.17557/tjfc.643524
10. Uzum A., Asik B.B., Acikgoz E. Effects of different seeding rates on forage yield and quality components in pea // Turkish Journal of Field Crops. 2017. Vol. 22(1), P. 126–133. DOI: 10.17557/tjfc.312335

References

1. Agafonov V.A., Boyarkin E.V. Formirovanie smeshannykh posevov prosa s vysokobelkovymi kul'turami v lesostepi Predbaikal'ya [Formation of mixed millet crops with high-protein crops in the forest-steppe of Pre-Baikal] // Kormoproizvodstvo. 2019. № 3. С. 13–17.
2. Andrianova E.N., Egorov I.A., Pronin V.V. Effektivnost' i fiziologicheskaya bezopasnost' gorokha v ratsionakh kur-nesushek (*Gallusgallus* L.) roditel'skogo stada na pozdnykh srokakh soderzhaniya [Efficiency and physiological safety of peas in the diets of laying hens (*Gallusgallus* L.) of the parent flock at later stages of keeping] // Sel'skokhozyaistvennaya biologiya. 2020. Т. 55(6), С. 1245–1256. DOI: 10.15389/agrobiology.2020.6.1245rus
3. Vasil'chenko S. A., Metlina G. V., Ashiev A. R. Vliyanie srokov poseva i norm vyseva na polevuyu vskhozhest' i sokhrannost' k uborke rastenii zimuyushchego gorokha v yuzhnoi zone Rostovskoi oblasti [The effect of sowing dates and seeding rates on field germination and harvesting safety of wintering pea plants in the southern part of the Rostov region] // Zernovoe khozyaistvo Rossii. 2023. Т. 15, № 2. С. 114–120. DOI: 10.31367/2079-8725-2023-85-2-114-120
4. 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)]. Izd.5-e., pererab. i dop. M.: Al'yans, 2014. 351 s.
5. Duborezov I.V., Duborezov V.M., Andreev I.V. Urozhainost' i pitatel'nost' dvukh- i trekhkomponentnykh smesei iz viki, gorokha i ovsy [Productivity and nutritional value of two- and three-component mixtures of vetch, peas, and oats] // Kormoproizvodstvo. 2018. № 11. С. 15–18.
6. Karpova, O.I. Otsenka eksportnogo potentsiala gorokha rossiiskogo proizvodstva [Estimation of the export potential of Russian-produced peas] // Vestnik Kurskoi gosudarstvennoy sel'skokhozyaistvennoy akademii. 2021. № 2. С. 134–141.
7. 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 [Forecrops and sowing dates for the winter common wheat variety 'Yubilei Dona' in the southern part of the Rostov region] // Zernovoe khozyaistvo Rossii. 2022. Т. 14, № 4. С. 97–103. DOI: 10.31367/2079-8725-2022-82-4-97-103
8. Toigil'din A. L., Podsevalov M. I., Toigil'dina I. A., Ayupov D. E., Mustafina R. A. Bobovye predshestvenniki, obrabotka pochvy i zashchita rastenii v agrotekhnologiyakh yarovoi pshenitsy Srednego Povolzh'ya [Legume forecrops, tillage and plant protection in agricultural technologies of spring wheat in the Middle Volga region] // Izvestiya Timiryazevskoi sel'skokhozyaistvennoy akademii. 2021. № 5. С. 77–88. DOI: 10.26897/0021-342X-2021-5-77-88
9. Krga I., Simic A., Mandic' V., Bijelic' Z., Dzeletovic' Ž., Vasiljevic' S., Adzic' S. Forage yield and protein content of different field pea cultivars and oat mixtures grown as winter crops // Turkish Journal of Field Crops. 2019. Vol. 24(2), P. 170–177. DOI: 10.17557/tjfc.643524
10. Uzum A., Asik B.B., Acikgoz E. Effects of different seeding rates on forage yield and quality components in pea // Turkish Journal of Field Crops. 2017. Vol. 22(1), P. 126–133. DOI: 10.17557/tjfc.312335

Поступила: 01.02.24; доработана после рецензирования: 27.02.24; принята к публикации: 01.03.24.

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. Васильченко С. А. – концептуализация исследований, подготовка опыта, выполнение полевых опытов и сбор данных, анализ данных и их интерпретация, подготовка рукописи; Метлина Г. В. – концептуализация исследований, подготовка опыта, выполнение полевых опытов и сбор данных, анализ данных и их интерпретация, подготовка рукописи.

Все авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ФОТОСИНТЕТИЧЕСКОГО ПОТЕНЦИАЛА НОВЫХ СОРТОВ ЯРОВОГО ЯЧМЕНЯ В ЗОНЕ ЗАСУШЛИВОГО КЛИМАТА НИЖНЕГО ПОВОЛЖЬЯ

А. Ю. Гузенко¹, младший научный сотрудник лаборатории селекции, семеноводства и питомниководства, guzenko-ay@vfanc.ru, ORCID ID: 0000-0003-3852-5358;

А. В. Солонкин¹, доктор сельскохозяйственных наук, заместитель директора, руководитель селекционно-семеноводческого центра, solonkin-a@vfanc.ru, ORCID ID: 0000-0002-1576-7824;

А. А. Донцова², кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник отдела селекции и семеноводства ячменя, doncova601@mail.ru, ORCID ID: 0000-0002-6570-4303

¹ФГБНУ «Федеральный научный центр агроэкологии, комплексных мелиораций и защитного лесоразведения Российской академии наук», 400062, г. Волгоград, пр-кт Университетский, д. 97; e-mail: info@vfanc.ru,

²ФГБНУ «Аграрный научный центр «Донской»,

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

В связи с изменением климатических условий в сторону аридизации в Южном федеральном округе за последние тридцать лет резко упала урожайность ярового ячменя. В 2022–2023 гг. на основе ранних исследований и данных по метеорологическим прогнозам в Волгоградской области был заложен опытный участок на базе Федерального научного центра агроэкологии РАН в Городищенском районе по испытанию ярового ячменя сортов Медикум 139 (стандарт, ФНЦ агроэкологии РАН), Ратник, Федос, Формат, Азимут, Щедрый, Леон (ФГБНУ «АНЦ «Донской»). Данные сорта были выбраны по своим характеристикам как наиболее устойчивые к абиотическим стресс-факторам среды. Все учеты и наблюдения проводили согласно общепринятым методикам. В течение вегетационного периода проводили наблюдения и брали пробы для изучения фотосинтетических показателей в фазы «всходы», «кущение», «выход в трубку», «колошение». Также проводилась листовая диагностика мобильной лабораторией «Экотест-2020» на подвижность хлоропластов и элементов питания в растениях в фазу кушения. Установлено, что сорта ярового ячменя Азимут, Формат, Щедрый и Леон показали наиболее высокую адаптивность в острозасушливых условиях Волгоградской области. По анализируемым признакам фотосинтетической деятельности выделился сорт Азимут, внесенный с 2022 г. в Госреестр селекционных достижений РФ по Нижневолжскому региону.

Ключевые слова: фотосинтетический потенциал, «Экотест-2020», яровой ячмень, листовая диагностика, сухое вещество, хлорофилл в листьях, засухоустойчивость.

Для цитирования: Гузенко А. Ю., Солонкин А. В., Донцова А. А. Сравнительный анализ фотосинтетического потенциала новых сортов ярового ячменя в зоне засушливого климата Нижнего Поволжья // Зерновое хозяйство России. 2024. Т. 16, № 2. С. 88–97. DOI: 10.31367/2079-8725-2024-91-2-88-97.



COMPARATIVE ANALYSIS OF THE PHOTOSYNTHETIC POTENTIAL OF NEW SPRING BARLEY VARIETIES IN THE ARID CLIMATE ZONE OF THE LOWER VOLGA REGION

A. V. Guzenko¹, junior researcher of the laboratory for breeding, seed production and nursery production, guzenko-ay@vfanc.ru, ORCID ID: 0000-0003-3852-5358;

A. V. Solonkin¹, Doctor of Agricultural Sciences, deputy director, head of the Center of breeding and seed production, solonkin-a@vfanc.ru, ORCID ID: 0000-0002-1576-7824;

A. A. Dontsova², Candidate of Agricultural Sciences, leading researcher of the department of barley breeding and seed production, doncova601@mail.ru, ORCID ID: 0000-0002-6570-4303

¹FSBSI "Federal Research Center of Agroecology, Complex Melioration and Protective Afforestation of RAS", 400062, Volgograd, Universitetsky Pr., 97; e-mail: info@vfanc.ru

²FSBSI Agricultural Research Center "Donskoy",

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

Since the climatic conditions have become more arid in the Southern Federal District over the past thirty years, spring barley productivity has sharply reduced. According to the early research and data on meteorological forecasts, in 2022–2023 in the Gorodishchensky district of the Volgograd region there was established an experimental plot based on the Federal Research Center of Agroecology of RAS to test such spring barley varieties as 'Medikum 139' (standard, FRC of Agroecology of RAS), 'Ratnik', 'Fedos', 'Format', 'Azimuth', 'Shchedry', 'Leon' (FSBSI "ARC "Donskoy"). These varieties were selected based on their characteristics as the most resistant to abiotic stress factors of the environment. All records and observations were carried out according to generally accepted methods. During the vegetation period, there were carried out observations and there were taken samples to study photosynthetic indicators in the sprouting, tillering, booting, heading stages. There was also carried out leaf diagnostics by the mobile laboratory «Ecotest-2020» to identify the mobility of chloroplasts and nutrients in plants during the tillering period. There was established that the spring barley varieties 'Azimut', 'Format', 'Shchedry' and 'Leon' showed the highest adaptability to the acutely arid conditions of the Volgograd region. Based on the analyzed traits of photosynthetic activity, the va-

riety 'Azimut' has been included in the State List of Breeding Achievements of the Russian Federation for the Lower Volga region since 2022.

Keywords: *photosynthetic potential, «Ecotest-2020», spring barley, leaf diagnostics, dry matter, chlorophyll in leaves, drought resistance.*

Введение. Переход сельского хозяйства России к рыночным отношениям нацеливает сельхозпроизводителей решать задачи повышения производства востребованных рынком категорий сельскохозяйственной продукции, в том числе и фуражного зерна (Сапунков и др., 2021). Увеличение производства фуражного зерна – это важное звено в продовольственной безопасности России (Филиппов и др., 2022). В Южный федеральный округ входят 8 субъектов РФ – это Севастополь, Республика Адыгея, Республика Калмыкия, Крым, Краснодарский край, Астраханская, Волгоградская и Ростовская области. Ячмень по посевным площадям здесь является основной зернофуражной культурой. Яровой ячмень, как и пшеница, – одна из древнейших и популярных культур (Гузенко, 2023; Seminchenko and Solonkin, 2022). Наибольшие площади посева ячменя сосредоточены в России, Китае, США, Индии, Турции, Франции и других странах (Aubry, 2019). Период вегетации в среднем 75–97 дней. В сельхозпроизводстве занимает первое место по содержанию протеина для использования в качестве корма для скота. Также лучшие сорта с содержанием 8–11 % белка идут на пивоварение. В России в 2020–2022 гг. на эту культуру приходилось примерно 20 % зернового клина, или 7,4–7,8 млн га, что говорит о важности ярового ячменя в зерновом балансе страны (Гузенко, 2021; Guzenko and Seminchenko, 2023). Распространение ячменя на территории большей части России объясняется тем, что он менее требователен, чем другие полевые культуры, к условиям выращивания. За последние годы показатели урожайности ярового ячменя с начала 2000-х гг. до настоящего времени в Волгоградской области повысились в среднем с 1,6 до 2,3 т/га. Однако этого недостаточно в связи с переменной климата в сторону больших колебаний температур и лимита влаги в почве (Филиппов и др., 2023). Высокая продуктивность и качество урожая могут быть получены только при благоприятном сочетании всех факторов развития растений (Евдокимова и др., 2018). В процессе роста и развития растений в острозасушливых условиях непременно изменяется интенсивность фотосинтеза и фотосинтетическая деятельность ячменя (Семинченко, 2020; Viljevas et al., 2019; Labidi et al., 2022). Фотосинтетическая деятельность растений в посевах включает в себя ряд важнейших показателей: размеры фотосинтетического аппарата, быстроту его развития, продолжительность и интенсивность работы листьев, показатель чистой продуктивности фотосинтеза. Показатели площади листьев, продолжительность их работы и накопление сухой биомассы определяют продуктивность фотосинтетической деятель-

ности посевов. Площадь листьев является одним из важных показателей, характеризующих фотосинтетическую деятельность растений. И по данным многочисленных исследований, урожайность культуры тесно связана именно с размерами площади листьев (Al-Ghzawi et al., 2019; Cammarano et al., 2019; Klem et al., 2019).

В связи с вышеизложенным была поставлена цель – провести изучение фотосинтетической деятельности новых сортов ярового ячменя в засушливых почвенно-климатических условиях Волгоградской области.

Задачи исследований.

1. Провести оценку изучаемых сортов ярового ячменя по количественным и качественным признакам.

2. Установить влияние сортовых особенностей и почвенно-климатических условий на фотосинтетический потенциал и движение хлоропластов в листьях сортов селекции ФГБНУ «АНЦ «Донской».

Материалы и методы исследований. Все учеты и наблюдения проводили согласно методике полевого опыта Б.А. Доспехова (2014) и Методике государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур (2019).

Изучение ярового ячменя проводили в период 2022–2023 годов. Участок, где был заложен опыт, расположен в Городищенском районе Волгоградской области на землях ФНЦ агроэкологии РАН (кадастровый номер 34:03:000000:6). Площадь делянки 50 м² в 6-кратной повторности. Почва экспериментального участка каштановая среднемошная тяжелосуглинистая, типичная для данной местности. Содержание гумуса в пахотном слое 0–30 см составляет в среднем 1,8–2,4 %, валового фосфора и азота – 0,11 и 0,06 %. Опыты закладывали по черному пару с минимальной обработкой почвы, основную обработку проводили дисковыми орудиями на глубину 8–10 см.

В течение вегетационного периода проводили наблюдения и учеты для изучения фотосинтетических показателей в фазы «всходы», «кущение», «выход в трубку», «колошение».

На опытном участке проводили агротехнические мероприятия в следующие сроки: предпосевная обработка семян – март 2022 и 2023 гг., предпосевная культивация парового поля – 12.04.2022 г. и 18.04.2023 г., посев – 14.04.2022 г. и 21.04.2023 года. Норма высева составила 3,5 млн всхожих семян на 1 га. Глубина заделки семян – 3–4 см. Перед посевом обработали семена рабочей смесью (фунгицидный протравитель + инсектицидный протравитель + стимулятор роста). Для посева использовали сеялку ДОН-114. Для изучения высевали 7 сортов ярового ячменя: Медикум 139 (стандарт, ФНЦ агроэкологии РАН) и сорта АНЦ «Донской»: Ратник, Федос, Формат, Азимут, Щедрый, Леон.

Температурный режим и количество осадков в марте 2022 г. (179 мм) позволило получить полноценные всходы спустя две недели после посева. В конце мая 2022 г. выпали обильные осадки. Неблагоприятные условия, связанные с высокими температурами в первой декаде июня 2022 г., наблюдавшиеся в фазу трубкования, немного затормозили процессы развития растений ярового ячменя, однако со второй декады июня (перед началом фазы цветения) выпали кратковременные осадки, позволившие растениям ярового ячменя сформировать полноценное зерно.

В марте 2023 г. установилась положительная динамика дневных температур, но в ночное время наблюдались отрицательные, в среднем за месяц – 2,3 °С. В марте выпало 147 мм осадков в виде дождя и снега, это пополнило запас влаги в верхних слоях почвы. В апреле происходило постепенное нарастание температур воздуха, но в ночное время зафиксированы возвратные ночные заморозки. Средняя температура за апрель составила 8,4 °С, выпало 62,6 мм осадков. Климатические условия опытного участка в 1-й декаде мая для посева ярового ячменя сложились благоприятные по температурному режиму, но в дальнейшем наблюдались экстремальные перепады температур в связи с затяжными ливневыми дождями. Среднемесячная температура воздуха 15,1 °С. За этот период выпало 51,4 мм осадков. В июне стояла ясная жаркая погода. В первой декаде прошли ливневые дожди в сумме 58 мм. Максимальная температура воздуха доходила до 32,0 °С. В июле жара усилилась до 38 °С, осадков выпало мало – 14,5 мм.

Обильное количество осадков за 2022–2023 гг. дало положительный эффект на развитие продуктивного кущения, массы корней и массы побегов каждого сорта ярового ячменя.

Проводили наблюдения по изучению площади листовой поверхности, чистой продуктивности фотосинтеза (ЧПФ), фотосинтетической деятельности растений ярового ячменя в посевах в соответствии с методическими указаниями (Ленточкин, 2018).

По диагонали каждой деланки отбирали листья в количестве девяти проб. Из каждой пробы методом случайной выборки – по 10 зеленых листьев, взвешивали их, определяли площадь методом линейных измерений по длине (Д) и наибольшей ширине (Ш).

Площадь измеренных листьев (S) рассчитывали по формуле:

$$S = D_{\text{ср}} \times Ш_{\text{ср}} \times 0,7 \times n,$$

где n – число измеренных листьев.

Сухую массу корней и листьев (с 1 единицы растения) определяли по методике Б. А. Ягодина и др. (1987) высушиванием собранного материала до постоянного веса при 80–85 °С в сушильном шкафу, затем остужали в эксикаторе и взвешивали с точностью до третьего знака после запятой на аналитических весах.

Визуальную и химическую диагностику проводили по методу функциональной диагностики питания растений, впервые предложенную отечественными учеными А. С. Плешковым и Б. А. Ягодиным (а/с № 952168, 1982).

Математическую обработку данных выполняли методами корреляционного и регрессионного анализов по трендовой линии с использованием пакета программы Excel 7.0

Результаты и их обсуждение. В остро-засушливых условиях большую роль играет способность растений формировать достаточную массу корней и массу побега. Были выявлены сорта с лучшим фотосинтезирующим механизмом (масса корней + масса побега, г/растение), например, Азимут – 5,05 г, Щедрый – 4,7 г и Леон – 4,7 (табл. 1).

Таблица 1. Показатели сухой массы корней и побегов в фазу кущения сортов ярового ячменя, г/растение (среднее за 2022–2023 гг.)
Table 1. Indicators of dry weight of roots and sprouts in the tillering phase (g/plant) of the spring barley varieties (mean in 2022–2023)

Название сорта	Масса корней, г	Масса побега, г
Медикум 139, st	2,30	1,94
Ратник	2,12	1,93
Федос	2,32	2,04
Формат	2,34	2,02
Азимут	2,84	2,21
Щедрый	2,56	2,14
Леон	2,39	2,14
НСР ₀₅	0,12	0,1

Результаты исследований показали, что уже на ранних этапах онтогенеза у разных сортов ярового ячменя наблюдаются различия по размерам листового аппарата в зависимости от характеристики каждого сорта. Анализ полученных данных позволил выявить преи-

мущество некоторых сортов по фотосинтетическому потенциалу развития ярового ячменя. Так, максимальной величины фотосинтетический потенциал достигал в межфазный период «выход в трубку – колошение», когда он был в 1,3 раза выше, чем в фазу «кущение – выход

в трубку». Наиболее высокий потенциал показал сорт Азимут – 1424 тыс. м²/сутки/га. Сорта Формат, Щедрый и Леон показали существен-

но меньшую разницу от стандарта – на 29–35 % (табл. 2).

Таблица 2. Фотосинтетический потенциал посевов ярового ячменя, тыс. м² сутки/га (среднее за 2022–2023 гг.)

Table 2. Photosynthetic potential of the spring barley crops, thousand m² day/ha (mean in 2022–2023)

Название сорта	Межфазный период		
	Кущение–выход в трубку	Выход в трубку–колошение	Кущение–колошение
Медикум 139, st	422,9	617,9	1040,8
Ратник 5	421,7	596,4	1018,1
Федос	476,7	701,5	1178,2
Формат	507,8	762,3	1270,1
Азимут	631,7	792,3	1424
Щедрый	582,6	689,7	1272,3
Леон	588,2	702,6	1290,8
НСР ₀₅	25,9	34,7	60,73

Не менее значимым показателем, определяющим фактор формирования урожая полевых культур, является фотосинтетическая деятельность растений, которая зависит от величины листовой поверхности и от ее работоспособности, то есть продуктивности фотосинтеза.

По чистой продуктивности фотосинтеза в фазу «кущение – выход» в трубку достоверная прибавка получена по сортам Формат, Азимут, Щедрый, Леон; в фазу «выход в трубку –

колошение» – Федос, Формат, Азимут, Щедрый, Леон; в фазу «кущение – колошение» – Федос, Формат, Азимут, Щедрый, Леон. Сорт Ратник во все фазы достоверно уступал стандарту по изучаемому показателю. В среднем по всем фазам развития наибольшие значения чистой продуктивности фотосинтеза отмечены у сорта Азимут – 0,44 г/м²/сутки. В среднем процент разницы у других сортов от контроля составил 18–23 % (табл. 3).

Таблица 3. Чистая продуктивность фотосинтеза ярового ячменя, г/м²/сутки (среднее за 2022–2023 гг.)

Table 3. Net photosynthetic productivity of spring barley, g/m²/day (mean in 2022–2023)

Название сорта	Межфазный период		
	Кущение–выход в трубку	Выход в трубку–колошение	Кущение–колошение
Медикум 139, st	0,06	0,19	0,25
Ратник	0,06	0,18	0,24
Федос	0,07	0,24	0,31
Формат	0,09	0,25	0,34
Азимут	0,14	0,30	0,44
Щедрый	0,12	0,26	0,36
Леон	0,15	0,23	0,38
НСР ₀₅	0,01	0,01	0,02

Одним из немаловажных составляющих фотосинтетического потенциала является динамика накопления массы сухого вещества растениями ярового ячменя, которая зависит от агротехнологических приемов, климатических условий и т.д. Исследования показали, что активное накопление абсолютного сухого

вещества происходит в фазу «выход в трубку» и составляет максимальное количество у сорта Азимут – 830 г/м² (табл. 4). Сорта Формат, Щедрый и Леон дали положительную прибавку по весу сухого вещества в растениях ярового ячменя к стандарту Медикум 139 (+63–75 г/м²) (табл. 4).

Таблица 4. Динамика накопления сухого вещества в посевах ярового ячменя, г/м² (среднее за 2022–2023 гг.)

Table 4. Dynamics of dry matter accumulation in the spring barley crops, g/m² (mean in 2022–2023)

Название сорта	Межфазный период		
	Кущение–выход в трубку	Выход в трубку–колошение	Кущение–колошение
Медикум 139, st	168	489	657
Ратник	159	448	607
Федос	173	519	692

Продолжение табл. 4

Название сорта	Межфазный период		
	Кущение–выход в трубку	Выход в трубку–колошение	Кущение–колошение
Формат	182	542	724
Азимут	209	621	830
Щедрый	178	576	754
Леон	164	447	698
НСР ₀₅	8,81	26,01	35,44

По литературным данным, вследствие дефицита влаги уменьшается поступление и транспорт питательных веществ, которые растения поглощают с водой, это касается и массового тока, и диффузии. Нарушение режима питания растений в сочетании с экологическими стрессами вызывает значительные потери производительности сельскохозяйственных культур. Продуктивность сельскохозяйственных культур в засушливых условиях определяется как устойчивостью на клеточном уровне, так и процессами, протекающими при гармоническом взаимодействии всех органов растения, существенную роль в этом играют микроэлементы как кофакторы ферментов. Также исследованиями установлено, что засуха и высокая температура ведут к снижению интенсивности фотосинтеза и уменьшению содержания углеводов. Бор, марганец, цинк, медь и молибден повышают интенсивность фотосинтеза, особенно при недостаточном водоснабжении и высокой критической температуре. Микроэлементы снижают также полуденную депрессию фотосинтеза и усиливают передвижение углеводов из листьев к колосу, ослабленное под влиянием дефицита влаги. Во время засухи дыхание сопровождается уменьшением общего запаса фосфорилированных продуктов, играющих первостепенную роль в энергетическом обмене (Самотенко, 2011; Hasanuzzaman et al, 2017; Priadkina, 2020).

Во время развития ячменя в фазу «кущение – выход в трубку» проводили изучение движения хлоропластов в листьях растений и запас элементов питания растений при помощи мобильной лаборатории для проведения функциональной диагностики экспресс-методом «Экотест-2020». Целью данного метода является ранжирование по уровню потребности растений питательных элементов – «отклику» длины волны хлоропластов по исследуемым

элементам питания сортов ярового ячменя. С помощью дисперсионного количественного анализа каждого диагностируемого элемента оценивают значимость и количество запаса питательных веществ при движении хлоропластов. Значение (процент) отклика устанавливается по разнице фотохимической активности суспензии хлоропластов при диагностике питательных элементов в готовой суспензии хлоропластов. Данный способ позволил скорректировать потребность элементов питания растений, отвечающих за засухоустойчивость сортов ярового ячменя: фосфор, калий, азот, цинк, медь и др. Для анализа использовали 3–4-й лист (сверху) взрослых растений в фазу кущения (4 мая 2023 г.).

Проведя анализ выделения хлоропластов и измерения оптической плотности до освещения и после него, из разности результатов получено заключение по процентному отклонению от контрольных замеров K2-K3-K4-K5. С помощью кривой линии на графиках каждого сорта показано, на сколько процентов происходит отклонение в сторону избытка или недостатка определенного исследуемого элемента.

Исследование движения хлоропластов по элементам питания в сортах ячменя показало, что наиболее высокий процент отклонения от контрольной линии K2-K3-K4-K5 наблюдался у стандарта Медикум 139 ($\pm 4-6\%$). В фазу кущения были выявлены сорта, которые проявили наибольшую устойчивость к засухе и минимальному количеству осадков: Азимут $\pm 2-4\%$; Щедрый $\pm 3-5\%$ и Леон $\pm 1-2\%$. Данные сорта обладали лучшим движением суспензии в листах хлоропластов по элементам N, P, Ca и Mo ($+3-4\%$) от контрольных точек K2-K3-K4-K5. Сорта ярового ячменя Ратник, Федос и Формат имели большие отклонения по процентному содержанию элементов от контрольной линии K2-K3-K4-K5: $\pm 7-9\%$ (рис. 1–7).

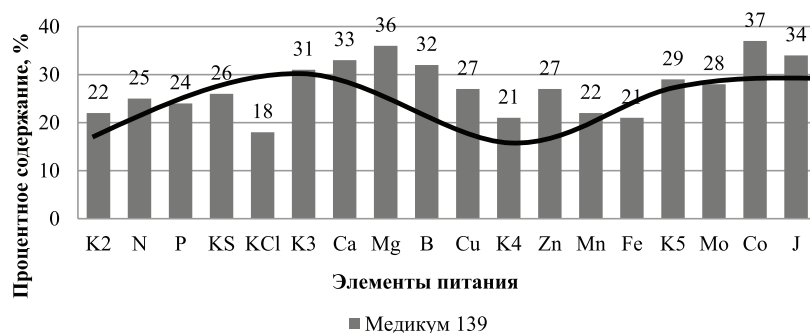


Рис. 1. Листовая диагностика сорта Медикум 139 в фазу 3–4-х листьев (среднее за 2022–2023 гг.)
Fig. 1. Leaf diagnostics of the variety 'Medikum 139' in the phase of 3–4 leaves (mean in 2022–2023)

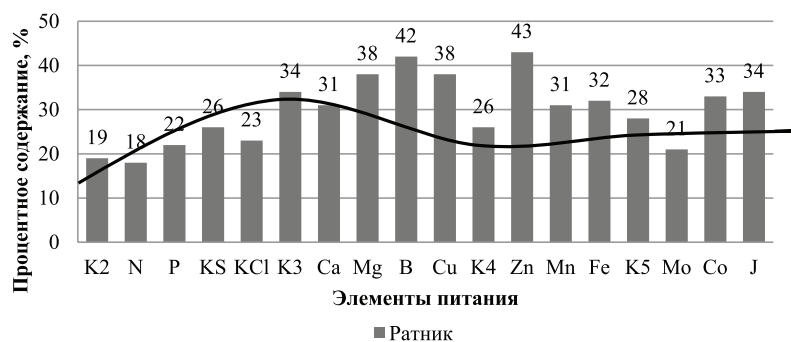


Рис. 2. Листовая диагностика сорта Ратник в фазу 3–4-х листьев (среднее за 2022–2023 гг.)
Fig. 2. Leaf diagnostics of the variety 'Ratnik' in the phase of 3–4 leaves (mean in 2022–2023)

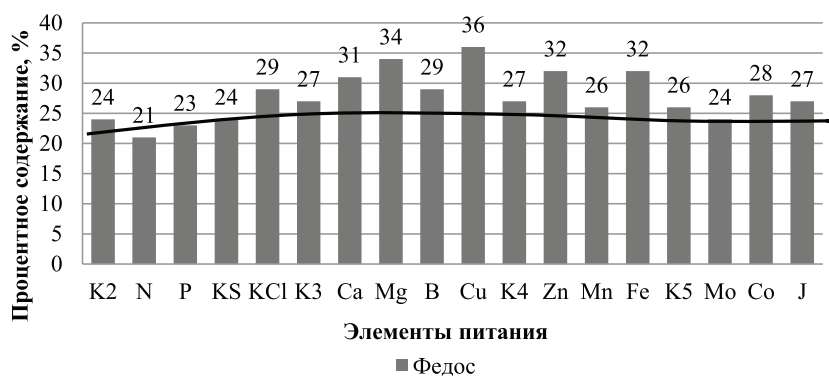


Рис. 3. Листовая диагностика сорта Федос в фазу 3–4-х листьев (среднее за 2022–2023 гг.)
Fig. 3. Leaf diagnostics of the variety 'Fedos' in the phase of 3–4 leaves (mean in 2022–2023)

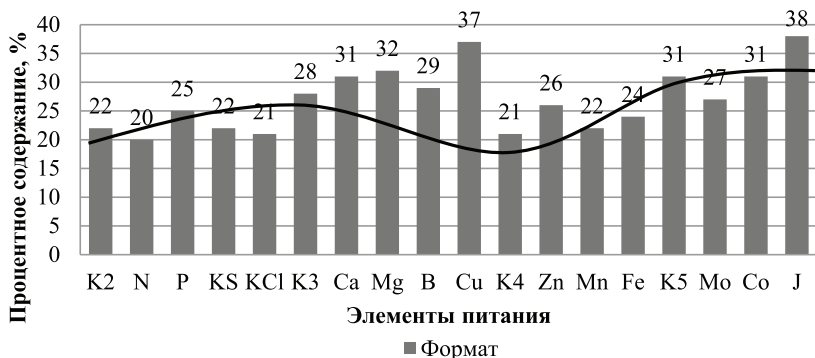


Рис. 4. Листовая диагностика сорта Формат в фазу 3–4-х листьев (среднее за 2022–2023 гг.)
Fig. 4. Leaf diagnostics of the variety 'Format' in the phase of 3–4 leaves (mean in 2022–2023)

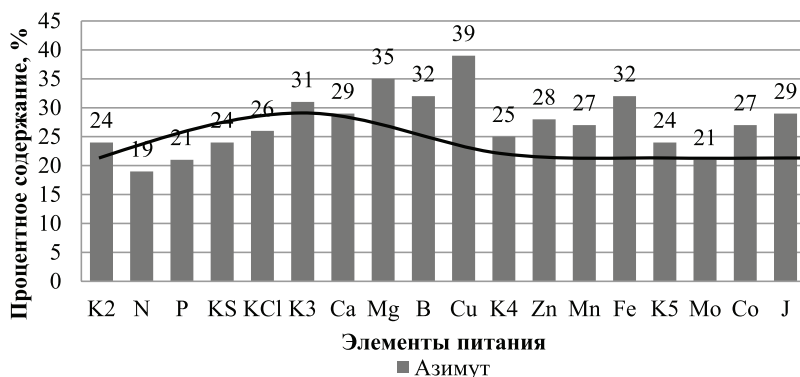


Рис. 5. Листовая диагностика сорта Азимут в фазу 3–4-х листьев (среднее за 2022–2023 гг.)
Fig. 5. Leaf diagnostics of the variety 'Azimut' in the phase of 3–4 leaves (mean in 2022–2023)

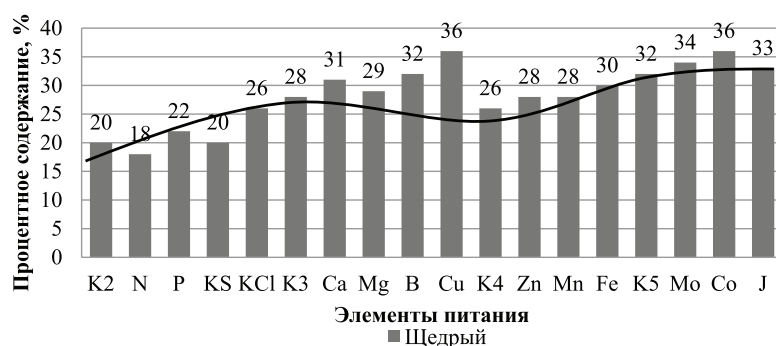


Рис. 6. Листовая диагностика сорта Щедрый в фазу 3–4-х листьев (среднее за 2022–2023 гг.)
Fig. 6. Leaf diagnostics of the variety 'Shchedry' in the phase of 3–4 leaves (mean in 2022–2023)

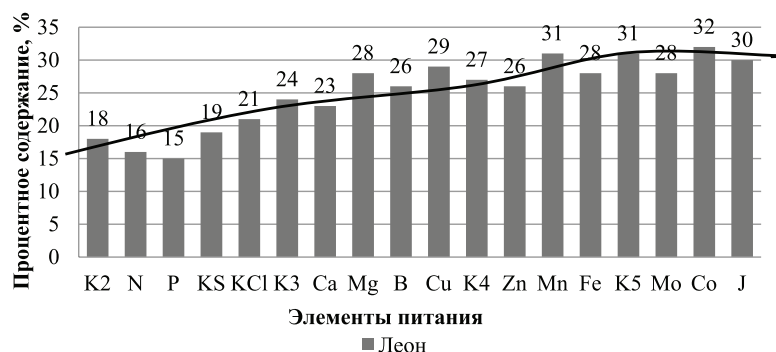


Рис. 7. Листовая диагностика сорта Леон в фазу 3–4-х листьев на опытном участке Городищенского района (среднее за 2022–2023 гг.)
Fig. 7. Leaf diagnostics of the variety 'Leon' in the phase of 3–4 leaves on the experimental plot of the Gorodishchensky district (mean in 2022–2023)

На основании изучения сортов ярового ячменя в фазу кущения по потенциалу активности хлоропластов в листьях растений (3–4 листа) была разработана трендовая модель возделываемых сортов. Анализ на аппроксимацию показал, что сорта Ратник, Формат и Азимут ($R^2 = 0,32, 0,51$ и $0,56$ соответственно) подчиняются полиномиальному уравнению (табл. 5), что может показывать на нестабильность движения хлоропластов в листьях растений и не-

стабильность дальнейшего развития ячменя по фазам вегетации, что может привести к потерям урожайности данных сортов. Однако сорта Азимут и Формат имеют высокий коэффициент детерминации ($R^2 = 0,56$ и $0,51$ соответственно), что говорит о высокой адаптивности и положительном запасе питательных элементов для поддержания синергизма растением в засушливых условиях Волгоградской области.

Таблица 5. Трендовая модель сортов ярового ячменя фотосинтетического потенциала за 2022–2023 гг.

Table 5. Trend model of the spring barley varieties of photosynthetic potential in 2022–2023

Наименование сорта	R2	Уравнение линии тренда	
		Уравнение	Наименование
Медикум 139, st	0,13	$y = 2,51991\ln(x)+22,29$	Логарифмическая
Ратник	0,32	$y = 0,1764x^2+3,9389x+13,194$	Полиномиальная
Федос	0,12	$y = 0,2085+25,797$	Линейная
Формат	0,51	$y = 0,0211x^3+0,611x^2+5,37$	Полиномиальная
Азимут	0,56	$y = 0,005x^3+0,1794x^2+6,0813x+26,705$	Полиномиальная
Щедрый	0,73	$y = 17,722x^{0,2215}$	Экспоненциальная
Леон	0,81	$y = 0,8999x+16,562$	Линейная

По сорту Щедрый ($R = 0,73$) получен экспоненциальный вид уравнения: $y = 17,722x^{0,2215}$, который показывает большую вероятность сохранения и адаптивности движения хлоропластов за счет содержащихся элементов питания в растениях ячменя при засухе и высоких температурах воздуха. Сорта Леон и Федос ($R^2 = 0,81$ и $0,12$ соответственно) показыва-

ют линейное уравнение: $y = 0,8999x+16,562$ и $y = 0,2085+25,797$. Однако сорт Федос имеет низкий коэффициент детерминации. Это объясняется низким накоплением сухого вещества в фазу «выход в трубку–колошение», что приводит к нестабильному развитию растений этого сорта в данной климатической зоне. По полученным данным сорт Леон по запасу питатель-

ных веществ в процессе онтогенеза показал наиболее высокий коэффициент детерминации и имеет самую лучшую вероятность поддерживать производство биомассы растений в сухих условиях за счет механизма устойчивости к высыханию и водному дефициту организма.

Выводы. На основании проведенных исследований четко наблюдается влияние генетического потенциала некоторых сортов ярового ячменя на способность сохранять устойчивость фотосинтетических процессов развития растений в поддержании запаса элементов питания, ответственных за жизнедеятельность ярового ячменя на фоне острозасушливых условий. Были выявлены сорта ярового ячменя Азимут, Формат, Щедрый и Леон, которые показали наиболее высокую адаптивность в острозасушливых условиях Волгоградской области.

По изучаемым показателям фотосинтезирующего механизма, фотосинтетического потенциала, чистой продуктивности фотосинтеза и динамике накопления массы сухого вещества выделился сорт Азимут, который с 2022 г. внесен в Государственный реестр селекционных достижений РФ по Нижневолжскому региону.

Финансирование. Работа выполнена в рамках Государственного задания № FNFE-2022-0010 «Создание новых конкурентоспособных форм, сортов и гибридов культурных, древесных и кустарниковых растений с высокими показателями продуктивности, качества и повышенной устойчивостью к неблагоприятным факторам внешней среды, новые инновационные технологии в семеноводстве и питомниководстве с учетом сортовых особенностей и почвенно-климатических условий аридных территорий Российской Федерации».

Библиографические ссылки

1. Гузенко, А. В. Влияние макро- и микроудобрений на урожайность и качество сортов озимой пшеницы // Агрохимический вестник. 2021. № 3. С. 78–84. DOI: 10.24412/1029-2551-2021-3-016
2. Гузенко, А. Ю. Исследование и математическое моделирование влияния биопрепаратов на урожайность ярового ячменя в засушливых условиях Волгоградской области // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. 2023. № 1(69). С. 290–303. DOI: 10.32786/2071-9485-2023-01-31
3. Евдокимова М. А., Марьина-Чермных О. Г. Влияние регуляторов роста на фотосинтетическую деятельность посевов ярового ячменя // Вестник Ульяновской сельскохозяйственной академии. 2018. № 4. С. 91–96. DOI: 10.18286/1816-4501-2018-4-91-97
4. Методики агрономических исследований: учебно-методическое пособие / М 54 сост. А. М. Ленточкин [и др.]; отв. за выпуск А. М. Ленточкин. Ижевск: ФГБОУ ВО Ижевская ГСХА, 2018. 172 с.
5. Сапунков В. Л., Солонкин А. В., Гузенко А. В. Экологическое испытание сортов озимой пшеницы «АНЦ «Донской» в зоне темно-каштановых почв Волгоградской области // Зерновое хозяйство России. 2021. № 6(78). С. 88–94. DOI: 10.31367/2079-8725-2021-78-6-88-94.6
6. Семинченко, Е. В. Фотосинтетический потенциал ярового ячменя в условиях Нижнего Поволжья // Аграрная наука. 2020. № 336(3). С. 63–66.
7. Филиппов Е. Г., Донцова А. А., Донцов Д. П., Дорошенко Э. С., Брагин Р. Н., Засыпкина И. М. Сорт ярового ячменя Азимут // Зерновое хозяйство России. 2022. № 5. С. 91–97. DOI: 10.31367/2079-8725-2022-82-5-91-97
8. Филиппов Е. Г., Донцова А. А., Донцов Д. П. Ретроспектива селекции ячменя в ФГБНУ «АНЦ «Донской» // Зерновое хозяйство России. 2023. № 2. С. 5–17. DOI: 0.31367/2079-8725-2023-85-2-5-17
9. Ягодин Б. А., Дерюгин И. П., Жуков Ю. П. Практикум по агрохимии. Агропромиздат, 1987. 512 с.
10. Al-Ghzawi A. L. A., Al-Ajlouni Z. I., Al Sane K. O., Bsoul E. Y., Musallam I., Khalaf Y. B., Al-Hajaj N., Al-Tawaha A. R., Aldwairi Y., Al-Saqqa H. Yield stability and adaptation of four spring barley (*Hordeum vulgare* L.) cultivars under rainfed // Conditions Research on Crops. 2019. Vol. 20(1), P. 10–18.
11. Aubry, S. The Future of Digital Sequence Information for Plant Genetic Resources for Food and Agriculture // Frontiers in Plant Science. 2019. Vol. 10, Article number: 1046. DOI: 10.3389/fpls.2019.01046
12. Cammarano D., Hawes C., Squire G., Holland J., Rivington M., Murgia T., Roggero P. P., Fontana F., Casa R., Ronga D. Rainfall and temperature impacts on barley (*Hordeum vulgare* L.) yield and malting quality in Scotland // Field Crops Research. 2019. Vol. 241(1), Article number: 107559. DOI: 10.1016/j.fcr.2019.107559
13. Guzenko A. Yu., Seminchenco E. V. The study of the dependence of biological products and the yield of spring barley (*Hordeum vulgare*) variety 'Ratnik' in arid conditions of the Volgograd region, Russia // Research on Crops. 2023. Vol. 24, № 2. P. 270–275. DOI: 10.31830/2348-7542.2023.ROC_916
14. Klem K., Gargallo-Garriga A., Rattanapichai W., Oravec M., Holub P., Veselá B., Sardans J., Peñuelas J., Urban O. Distinct Morphological, Physiological, and Biochemical Responses to Light Quality in Barley Leaves and Roots // Frontiers in Plant Science. 2019. Vol. 10, Article number: 1026. DOI: 10.3389/fpls.2019.01026
15. Labidi S., Laruelle F., Tisserant B., Ben F., Lounès-Had A. Mycorrhizal biofertilization improves grain yield and quality of hulless Barley (*Hordeum vulgare* ssp. nudum L.) under water stress conditions // Journal of Cereal Science. 2022. Vol. 104(2), Article number: 103436. DOI: 10.1016/j.jcs.2022.103436
16. Hasanuzzaman M., Nahar K., Rahman A., Mahmud J., Hossain Sh., Alam K., Oku H., Fujita M. Actions of Biological Trace Elements in Plant Abiotic Stress Tolerance // Essential Plant Nutrients. Springer, Cham. 2017. P. 213–274. DOI: 10.1007/978-3-319-58841-4_10
17. Priadkina, G. O. Influence of trace elements, applied in classical and nano forms, on photosynthesis of higher plants in relation to enhancement of crop productivity // Agricultural Science and Practice. 2020. Vol. 7, № 3. DOI: 10.15407/agrisp7.03.071

18. Seminchenko E., Solonkin A. Influence of predecessor crops on the yield of spring barley under the protection of forest belt // Research on Crops. 2022. Vol. 1(23), P. 40–45. DOI: 10.31830/2348-7542.2022.007

19. Viljevac Vuletić M., Marček T., Španić V. Photosynthetic and antioxidative strategies of flag leaf maturation and its impact to grain yield of two field-grown wheat varieties Theoretical and Experimental // Theoretical and Experimental Plant Physiology. 2019. Vol. 31(1), P. 387–399. DOI: 10.1007 / s40626-019-00153- x

References

1. Guzenko, A.V. 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. DOI: 10.24412/1029-2551-2021-3-016

2. Guzenko, A.Yu. Issledovanie i matematicheskoe modelirovanie vliyaniya biopreparatov na urozhainost' yarovogo yachmenya v zasushlivykh usloviyakh Volgogradskoi oblasti [Research and mathematical modeling of the effect of biological products on spring barley productivity in arid conditions of the Volgograd region] // Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: Nauka i vysshee professional'noe obrazovanie. 2023. № 1(69). S. 290–303. DOI: 10.32786/2071-9485-2023-01-31

3. Evdokimova M.A., Mar'ina-Chernnykh O.G. Vliyanie regulyatorov rosta na fotosinteticheskuyu deyatel'nost' posevov yarovogo yachmenya [The effect of growth regulators on the photosynthetic activity of spring barley crops] // Vestnik Ul'yanovskoi sel'skokhozyaistvennoi akademii. 2018. № 4. S. 91–96. DOI: 10.18286/1816-4501-2018-4-91-97

4. Metodiki agronomicheskikh issledovaniy: uchebno-metodicheskoe posobie [Methods of agronomic research: educational and methodological book] / M 54 sost. A.M. Lentochkin [i dr.]; otv. za vypusk A.M. Lentochkin. Izhevsk: FGBOU VO Izhevskaya GSKhA, 2018. 172 s.

5. Sapunkov V.L., Solonkin A.V., Guzenko A.V. Ekologicheskoe ispytanie sortov ozimoi pshenitsy «ANTs «Donskoi» v zone temno-kashtanovykh pochv Volgogradskoi oblasti [Ecological testing of winter wheat varieties by «ARC «Donskoy» in dark chestnut soils of the Volgograd region] // Zernovoe khozyaistvo Rossii. 2021. № 6(78). S. 88–94. DOI: 10.31367/2079-8725-2021-78-6-88-94.6

6. Seminchenko, E.V. Fotosinteticheskii potentsial yarovogo yachmenya v usloviyakh Nizhnego Povolzh'ya [Photosynthetic potential of spring barley in the conditions of the Lower Volga region] // Agrarnaya nauka. 2020. № 336(3). S. 63–66.

7. Filippov E. G., Dontsova A.A., Dontsov D. P., Doroshenko E. S., Bragin R. N., Zasypkina I. M. Sort yarovogo yachmenya Azimut [Spring barley variety 'Azimut'] // Zernovoe khozyaistvo Rossii. 2022. № 5. S. 91–97. DOI: 10.31367/2079-8725-2022-82-5-91-97

8. Filippov E. G., Dontsova A.A., Dontsov D. P. Retrospektiva selektsii yachmenya v FGBNU «ANTs «Donskoi» [Retrospective of barley breeding at the FSBRI «ARC «Donskoy»]. Zernovoe khozyaistvo Rossii. 2023. № 2. S. 5–17. DOI: 0.31367/2079-8725-2023-85-2-5-17

9. Yagodin B.A., Deryugin I. P., Zhukov Yu. P. Praktikum po agrokhimii [Practical recommendations on agrochemistry]. Agropromizdat, 1987. 512 s.

10. Al-Ghzawi A. L. A., Al-Ajlouni Z. I., Al Sane K. O., Bsoul E. Y., Musallam I., Khalaf Y. B., Al-Hajaj N., Al-Tawaha A. R., Aldwairi Y., Al-Saqqar H. Yield stability and adaptation of four spring barley (*Hordeum vulgare* L.) cultivars under rainfed // Conditions Research on Crops. 2019. Vol. 20(1), P. 10–18.

11. Aubry, S. The Future of Digital Sequence Information for Plant Genetic Resources for Food and Agriculture // Frontiers in Plant Science. 2019. Vol. 10, Article number: 1046. DOI: 10.3389/fpls.2019.01046

12. Cammarano D., Hawes C., Squire G., Holland J., Rivington M., Murgia T., Roggero P.P., Fontana F., Casa R., Ronga D. Rainfall and temperature impacts on barley (*Hordeum vulgare* L.) yield and malting quality in Scotland // Field Crops Research. 2019. Vol. 241(1), Article number: 107559. DOI: 10.1016/j.fcr.2019.107559

13. Guzenko A. Yu., Seminchenko E.V. The study of the dependence of biological products and the yield of spring barley (*Hordeum vulgare*) variety 'Ratnik' in arid conditions of the Volgograd region, Russia // Research on Crops. 2023. Vol. 24, № 2. P. 270–275. DOI: 10.31830/2348-7542.2023.ROC_916

14. Klem K., Gargallo-Garriga A., Rattanapichai W., Oravec M., Holub P., Veselá B., Sardans J., Peñuelas J., Urban O. Distinct Morphological, Physiological, and Biochemical Responses to Light Quality in Barley Leaves and Roots // Frontiers in Plant Science. 2019. Vol. 10, Article number: 1026. DOI: 10.3389/fpls.2019.01026

15. Labidi S., Laruelle F., Tisserant B., Ben F., Lounès-Had A. Mycorrhizal biofertilization improves grain yield and quality of hulless Barley (*Hordeum vulgare* ssp. nudum L.) under water stress conditions // Journal of Cereal Science. 2022. Vol. 104(2), Article number: 103436. DOI: 10.1016/j.jcs.2022.103436

16. Hasanuzzaman M., Nahar K., Rahman A., Mahmud J., Hossain Sh., Alam K., Oku H., Fujita M. Actions of Biological Trace Elements in Plant Abiotic Stress Tolerance // Essential Plant Nutrients. Springer, Cham. 2017. P. 213–274. DOI: 10.1007/978-3-319-58841-4_10

17. Priadkina, G. O. Influence of trace elements, applied in classical and nano forms, on photosynthesis of higher plants in relation to enhancement of crop productivity // Agricultural Science and Practice. 2020. Vol. 7, № 3. DOI: 10.15407/agrisp7.03.071

18. Seminchenko E., Solonkin A. Influence of predecessor crops on the yield of spring barley under the protection of forest belt // Research on Crops. 2022. Vol. 1(23), P. 40–45. DOI: 10.31830/2348-7542.2022.007

19. Viljevac Vuletić M., Marček T., Španić V. Photosynthetic and antioxidative strategies of flag leaf maturation and its impact to grain yield of two field-grown wheat varieties Theoretical and Experimental // Theoretical and Experimental Plant Physiology. 2019. Vol. 31(1), P. 387–399. DOI: 10.1007 / s40626-019-00153-x

Поступила: 07.12.23; доработана после рецензирования: 11.02.24; принята к публикации: 26.02.24.

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. Гузенко А. Ю. – отработка методики посева, анализ посевных качеств сортов в данных условиях, отработка методики по запасу питательных веществ и движению хлоропластов с помощью прибора «Экотест-2020», обработка информации, работа и корректировка данных по фотосинтетическому потенциалу каждого сорта, написание статьи; Солонкин А. В. – отработка методики технологии возделывания сортов «АНЦ Донской», руководство опытом; Донцова А. А. – предоставление семенного материала, обработка информации, а также ведение и корректировка опыта, написание статьи.

Все авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.

ВЛИЯНИЕ ТЕХНОЛОГИЙ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ НА ЗАСОРЕННОСТЬ ПОСЕВОВ И ПРОДУКТИВНОСТЬ ГОРОХА ПОСЕВНОГО

А. Н. Морозов, кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник лаборатории технологии возделывания полевых культур, alex.morozoff76@yandex.ru, ORCID ID: 0000-0003-4870-2995;

Д. В. Дубовик, доктор сельскохозяйственных наук, главный научный сотрудник аналитического центра коллективного пользования, dubovikdm@yandex.ru, ORCID ID: 0000-0002-1585-6990;

Е. В. Дубовик, доктор биологических наук, ведущий научный сотрудник аналитического центра коллективного пользования, dubovikev@yandex.ru, ORCID ID: 0000-0001-5999-9718;

А. В. Шумаков, кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник лаборатории селекции и семеноводства, kniapp@mail.ru, ORCID ID: 0000-0002-8620-7816
Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Курский федеральный аграрный научный центр»,
305021, г. Курск, ул. Карла Маркса, д. 70б; e-mail: kurskfarc@mail.ru

В статье приведены результаты научных исследований, полученные в 2020–2023 гг. в стационарном полевом опыте ФГБНУ «Курский ФАНЦ». Цель исследований – выявить и оценить влияние технологий с разным уровнем минимизации обработки почвы на засоренность посевов, формирование элементов структуры урожая и продуктивность гороха в условиях ЦЧР. Изучены четыре технологии возделывания гороха: традиционная (вспашка на 20–22 см, основное внесение $N_{15}P_{40}K_{40}$ + подкормка N_{34}); дифференцированная (чизелевание на 20–22 см + дискование на 8–10 см, основное внесение $N_{15}P_{40}K_{40}$ + подкормка N_{34}); минимальная (дискование до 8 см, основное внесение $N_{15}P_{40}K_{40}$ + подкормка N_{34}); прямой посев (без обработки почвы, основное внесение $N_5P_{14}K_{14}$ + припосевное $N_{10}P_{26}K_{26}$ + подкормка N_{34}). В результате исследований установлено преимущество традиционной технологии в снижении засоренности посевов, а прямого посева – в формировании элементов структуры урожая, показателей качества зерна и продуктивности гороха. Традиционная технология возделывания гороха снижала в критический для роста и развития культуры период общее количество сорняков в 1,9–2,0 раза и их сухую массу в 1,2–1,8 раза, перед уборкой урожая – в 2,1–2,5 и 1,3–2,0 раза. Наиболее высокие показатели густоты стояния растений к уборке, среднего числа зерен на растении и единице площади, содержания белка в зерне обнаружены при прямом посеве, что позволило получить максимальную урожайность гороха (2,31 т/га) и сбор белка с урожаем (460,6 кг/га). Применение традиционной, дифференцированной и минимальной технологий способствовало уменьшению густоты стояния растений к уборке на 5,4–9,3 %, среднего числа зерен на 1 м² – на 4,2–22,6 % и на 1 растении – на 0,6–18,6 %, содержания белка в зерне – на 0,25–0,90 %, что привело к снижению урожая на 4,3–10,8 %, сбора белка с гектара – на 5,3–12,6 %.

Ключевые слова: горох, технология, засоренность посевов, структура урожая, урожайность, продуктивность.

Для цитирования: Морозов А. Н., Дубовик Д. В., Дубовик Е. В., Шумаков А. В. Влияние технологий возделывания на засоренность посевов и продуктивность гороха посевного // Зерновое хозяйство России. 2024. Т. 16, № 2. С. 98–105. DOI: 10.31367/2079-8725-2024-91-2-98-105.



THE EFFECT OF CULTIVATION TECHNOLOGIES ON WEED INFESTATION AND PRODUCTIVITY OF PEAS

A. N. Morozov, Candidate of Agricultural Sciences, senior researcher of the laboratory for field crop cultivation technologies, alex.morozoff76@yandex.ru, ORCID ID: 0000-0003-4870-2995;

D. V. Dubovik, Doctor of Agricultural Sciences, main researcher analytical center for collective use, dubovikdm@yandex.ru, ORCID ID: 0000-0002-1585-6990;

E. V. Dubovik, Doctor of Biological Sciences, leading researcher analytical center for collective use, dubovikev@yandex.ru, ORCID ID: 0000-0001-5999-9718;

A. V. Shumakov, Candidate of Agricultural Sciences, leading researcher analytical center for collective use, kniapp@mail.ru, ORCID ID: 0000-0002-8620-7816
FSBSI Kursk Federal Agrarian Research Center,
305021, Kursk, Karl Marks str., 70b; e-mail: kurskfarc@mail.ru

The current paper has presented the study results obtained in 2020–2023, in the stationary field trial of the FSBSI "KurskFARC". The purpose of the study was to identify and evaluate the impact of technologies with different levels of soil tillage minimization on weed infestation, the formation of yield structure elements and pea productivity in the conditions of the CBR. There have been studied four pea cultivation technologies, such as traditional (plowing at 20–22 cm, main application of $N_{15}P_{40}K_{40}$ + top dressing with N_{34}); differentiated (chiseling by 20–22 cm + disking by 8–10 cm, main application $N_{15}P_{40}K_{40}$ + top dressing with N_{34}); minimal (discing up to 8 cm, main applica-

tion $N_{15}P_{40}K_{40}$ + top dressing with N_{34}); direct sowing (no-tillage, main application $N_{15}P_{14}K_{14}$ + pre-sowing $N_{10}P_{26}K_{26}$ + top dressing with N_{34}). There has been established the advantage of traditional technology in reducing weed infestation, and direct sowing in the formation of yield structure elements, indicators of grain quality and pea productivity. The traditional pea cultivation technology reduced the total number of weeds by 1.9–2.0 times and their dry weight by 1.2–1.8 times during the period critical for the growth and development of the crop, and by 2.1–2.5 and 1.3–2.0 times before harvesting. The highest indicators of plant density for harvesting, the mean number of grains per plant and unit area, and protein percentage in grain were identified with direct sowing, which made it possible to obtain the maximum pea productivity (2.31 t/ha) and protein yield with the harvest (460.6 kg/ha). The use of traditional, differentiated, and minimal technologies contributed to a reduction of plant density before harvesting by 5.4–9.3 %, the mean number of grains per 1 m² by 4.2–22.6 % and per plant by 0.6–18.6 %, protein percentage in grain by 0.25–0.90 %, which led to a productivity decrease by 4.3–10.8 %, protein yield per hectare by 5.3–12.6 %.

Keywords: peas, technology, weed infestation, yield structure, yield, productivity.

Введение. Горох (*Pisum sativum*) является одной из основных зернобобовых культур, возделываемых в России. Его зерно богато протеином, имеет высокую пищевую и кормовую ценность. Короткий вегетационный период гороха и высокая способность пожнивно-корневых остатков к разложению характеризуют эту культуру как хорошего предшественника для многих культур в севообороте, особенно для озимых зерновых (Jensen et al., 2020). Кроме того, эта зернобобовая культура благодаря симбиотической фиксации азота из атмосферы клубеньковыми бактериями способна обогащать почву биологическим азотом, что улучшает режим азотного питания последующих в севообороте культур и имеет важное значение при переходе на ресурсосберегающие и экологически безопасные технологии (Wang et al., 2016; Mendoza-Suárez et al., 2020). При этом совершенствование технологий возделывания сельскохозяйственных культур предусматривает не только повышение степени использования биологического азота в севооборотах с зернобобовыми культурами, но и создание оптимальных условий вегетации сельскохозяйственных растений, обеспечивающих получение высоких и стабильных урожаев (Турусов и др., 2020).

Ключевым элементом агротехнологий возделывания всех сельскохозяйственных культур, и в том числе гороха, позволяющим направленно регулировать физические, химические свойства, почвенные режимы и фитосанитарное состояние посевов, является применяемая в севообороте система обработки почвы (Шарушов и др., 2017). Выбор рациональной системы обработки почвы в правильном сочетании с другими элементами технологии возделывания гороха позволит создать наиболее благоприятные условия для его роста и развития, при которых в полной мере будет реализован потенциал продуктивности этой культуры (Букин и др., 2020).

Традиционная технология возделывания гороха предусматривает применение вспашки, цель которой заключается в разуплотнении почвы, накоплении влаги и снижении численности вредных организмов. При минимизации обработки почвы и применении технологии прямого посева отмечаются повышение засоренности посевов, снижение эффективности используемых минеральных удобрений и, как следствие, урожайности гороха (Кисилева

и Рзаева, 2021; Котлярова и Лубенцов, 2016). В то же время ряд исследований свидетельствует о возможности замены традиционной отвальной обработки почвы на безотвальные, минимальные способы и даже на технологию прямого посева без существенного ухудшения фитосанитарного состояния посевов и снижения урожайности (Соловиченко и др., 2018; Камбулов и др., 2022). Приведенные результаты исследований не позволяют сделать однозначных выводов и свидетельствуют о необходимости дальнейшего изучения влияния различных технологий, основанных на применении отвальных, безотвальных, поверхностных способов основной обработки почвы и прямого посева, на продуктивность гороха.

Цель исследований – выявить и оценить влияние технологий с разным уровнем минимизации обработки почвы в зерновом севообороте на засоренность посевов, формирование элементов структуры урожая и продуктивность гороха в условиях ЦЧР.

Материалы и методы исследований. Исследования проводили в 2020–2023 гг. в полевом стационарном опыте ФГБНУ «Курский ФАНЦ» (Курская область, Курский район, п. Черемушки) с изучением различных агротехнологий в четырехпольном зерновом севообороте со следующим чередованием культур: горох – озимая пшеница – соя – яровой ячмень. Работа велась во второй ротации севооборота, развернутого в пространстве и времени, на полях с посевами гороха. Сорт гороха – Ягуар (оригинатор – ФНЦ зернобобовых и крупяных культур).

Изучаемые агротехнологии основывались на применении в зерновом севообороте систем обработки почвы с разным уровнем минимизации и приемами внесения минеральных удобрений. Схема опыта включала следующие варианты.

1. Традиционная технология состоит в применении отвальной обработки почвы (вспашка на 20–22 см), основного внесения удобрений $N_{15}P_{40}K_{40}$ кг/га и подкормки в фазе бутонизации N_{34} кг/га в д.в.

2. Дифференцированная технология заключается в комбинации мелкой (дисковое на 8–10 см) и безотвальной (чизелевание на 20–22 см) обработки почвы, основного внесения удобрений $N_{15}P_{40}K_{40}$ кг/га и подкормки в фазе бутонизации N_{34} кг/га в д.в.

3. Минимальная технология состояла в применении поверхностной обработки (дискова-

ние до 8 см), основного внесения удобрений $N_{15}P_{40}K_{40}$ кг/га и подкормки в фазе бутонизации N_{34} кг/га в д.в.

4. Технология прямого посева заключалась в посеве зерновых и зернобобовых культур без механической обработки почвы (технология No-till), основного внесения удобрений $N_5P_{14}K_{14}$ кг/га, припосевного $N_{10}P_{26}K_{26}$ кг/га и подкормки в фазе бутонизации N_{34} кг/га в д.в.

Делянки в полевом опыте размещали систематически в один ярус. Площадь посевной делянки 6000 м² (60×100 м), повторность трехкратная.

В вариантах с применением традиционной, дифференцированной и минимальной технологий сев гороха производили зерновой сеялкой СЗ-3,6 с шириной междурядий 15 см, в варианте с технологией прямого посева – сеялкой ДОН-114 с шириной междурядий 21 см. Норма высева составляла 1,2 млн всхожих семян на 1 га. В технологии прямого посева осенью после уборки предшественника (яровой ячмень) и весной перед посевом гороха делянки обрабатывали гербицидом сплошного действия (Ураган Форте 2,0 л/га). На всех изучаемых технологиях возделывания гороха в ранние фазы роста сорняков (1–3-х листьев) выполня-

ли гербицидную обработку посевов баковой смесью Пульсар в дозе 0,75 л/га и Базагран – 2,0 л/га. В дальнейшем в фазе образования бобов против вредителей и болезней была проведена фунгицидно-инсектицидная обработка препаратами Винтаж 0,8 л/га и Борей – 0,1 л/га.

Почва опытного поля – чернозем типичный мощный тяжелосуглинистый. Мощность гумусового горизонта А+АВ – 135–143 см. Содержание в пахотном слое гумуса среднее – 5,28 % (ГОСТ 26213-91), высокое содержание подвижного фосфора – 20,0 мг/100 г и обменного калия – 12,7 мг/100 г (ГОСТ 26204-91), среднее содержание щелочногидролизующего азота – 15,5 мг/100 г (по Корнфилду). Реакция почвенной среды слабокислая – pH 5,3 ед. (ГОСТ 26483-85).

Агрометеорологические условия вегетационного периода гороха в годы проведения исследований имели отклонения от среднелетних значений по сумме активных температур и количеству осадков, а степень увлажнения по гидротермическому коэффициенту Селянинова характеризовалась: в 2020–2022 гг. как оптимальная с ГТК 1,35–1,00, в 2023 г. – как недостаточная с ГТК 0,82 (табл. 1).

Таблица 1. Агрометеорологические условия в период вегетации гороха
Table 1. Agrometeorological conditions during the pea vegetation period

Метеорологические показатели	2020	2021	2022	2023	Средне-многолетнее
Сумма активных температур, (CAT) °C	1420,8	1407,4	1423,1	1326,5	1324,8
Количество осадков, мм	192,4	140,3	146,9	109,5	154,8
Гидротермический коэффициент (ГТК)	1,35	1,00	1,03	0,82	1,17

Учет засоренности посевов гороха определяли в критической для роста и развития культуры фазе (стеблевания и ветвления) и перед уборкой урожая количественно-весовым методом. Урожайность гороха учитывали методом сплошной уборки делянок с помощью комбайна Сампо-500. Урожай зерна взвешивали с пересчетом на 100 %-ю чистоту и 14 %-ю влажность. Содержание белка в зерне гороха определяли методом инфракрасной спектроскопии на анализаторе Инфратек 1241. Полученные данные использовали для расчета сборов белка с урожаем зерна гороха.

Статистическую обработку полученных экспериментальных данных выполняли методами дисперсионного и корреляционного анализов с использованием программ Microsoft Excel и Statistica.

Результаты и их обсуждение. В оценке технологий возделывания гороха одним из ограничивающих факторов формирования высокого и стабильного урожая этой культуры является фитосанитарное состояние посевов и, в частности, такой показатель, как наличие сорных растений. Результаты учета засоренности посевов гороха в фазе стеблевания и ветвления и перед уборкой урожая

показали существенное влияние изучаемых технологий на динамику популяции сорных растений (табл. 2). Так, в среднем за годы исследований минимальное количество малолетних сорняков в критический для роста и развития культуры период (фаза стеблевания и ветвления) отмечалось в варианте с традиционной технологией. При применении дифференцированной, минимальной технологий и прямого посева численность малолетников в посевах по сравнению с традиционной технологией была выше в 2,0, 2,1 и 1,8 раза. В то же время минимальная засоренность посевов многолетними сорными растениями наблюдалась при применении минимальной технологии возделывания гороха. Относительно этой технологии численность многолетников при традиционной, дифференцированной технологиях и прямом посеве была выше соответственно в 1,3, 2,0 и 8,3 раза. Общее количество малолетних и многолетних сорняков сохранялось минимальное в варианте с традиционной технологией. При переходе на дифференцированную, минимальную технологии и прямой посев их общая численность относительно традиционной технологии повышалась в 1,9–2,0 раза.

Таблица 2. Влияние технологий возделывания гороха на засоренность посевов (среднее за 2020–2023 гг.)
Table 2. Impact of pea cultivation technologies on weed infestation (mean during 2020–2023)

Технология возделывания	Количество сорняков, шт./м ²		
	малолетних	многолетних	всего
В фазе стеблевания и ветвления			
Традиционная	249,4	3,0	252,4
Дифференцированная	505,0	4,8	509,8
Минимальная	513,4	2,4	515,8
Прямой посев	450,2	20,0	470,2
НСР ₀₅	25,7	1,3	25,8
Перед уборкой урожая			
Традиционная	165,8	2,8	168,6
Дифференцированная	404,4	5,2	409,6
Минимальная	425,2	2,6	427,8
Прямой посев	328,2	28,0	356,2
НСР ₀₅	25,8	3,7	24,2

Выявленная в фазе стеблевания и ветвления гороха тенденция по засоренности посевов сохранялась и перед его уборкой с минимальным количеством малолетников в варианте с традиционной технологией и многолетников – с минимальной технологией. При применении дифференцированной, минимальной технологий и прямого посева численность малолетних сорняков относительно традиционной технологии была выше соответственно в 2,4, 2,6 и 2,0 раза, а многолетних сорняков при применении традиционной, дифференцированной технологий и прямого посева относительно минимальной технологии – на 7,7 %, в 2,0 и 10,8 раза.

Численность сорных растений в полной мере не отражает вредоносное влияние на условия вегетации культуры, поэтому рассмотрено влияние технологий возделывания гороха на изменение воздушно-сухой массы малолетних и многолетних сорняков. В среднем за 2020–2023 гг. исследований минимальная общая сухая масса сорняков (62,5 кг/га) в фазе стеблевания и ветвления гороха отмечалась при использовании традиционной технологии (рис. 1). С применением дифференцированной, минимальной технологий и прямого посева масса малолетних и многолетних сорняков относительно традиционной технологии увеличилась соответственно в 1,7, 1,8 и 1,2 раза.

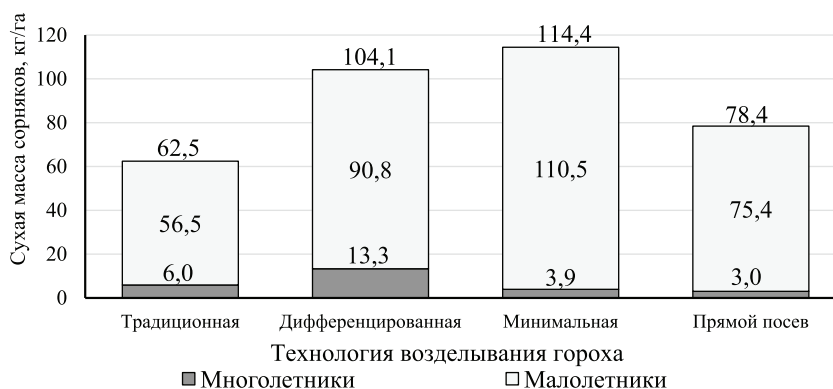


Рис. 1. Воздушно-сухая масса малолетних и многолетних сорняков в фазе стеблевания и ветвления гороха (среднее за 2020–2023 гг.)

Fig. 1. Air-dry mass of young and perennial weeds in the stem extension and tillering-branching phase of peas (mean during 2020–2023)

Анализ структуры сорного компонента агрофитоценоза гороха выявил наибольший удельный вес многолетних сорняков в общей сухой массе сорных растений при применении дифференцированной технологии (12,8 %), где в сравнении с традиционной технологией он был выше в 1,3 раза, минимальной технологией – в 3,8 раза, прямым посевом – 3,4 раза.

В предуборочный период общая сухая масса малолетних и многолетних сорняков оставалась минимальной при традиционной техно-

логии возделывания гороха (рис. 2). При переходе на дифференцированную, минимальную технологии и прямой посев их масса в воздушно-сухом состоянии повысилась в 2,0–1,2 раза. При этом наибольший удельный вес многолетних сорняков в общей сухой массе сорных растений наблюдался на традиционной технологии (16,3 %), где относительно дифференцированной технологии он был выше в 3,0 раза, минимальной технологии – в 4,9 раза, прямого посева – в 1,4 раза.

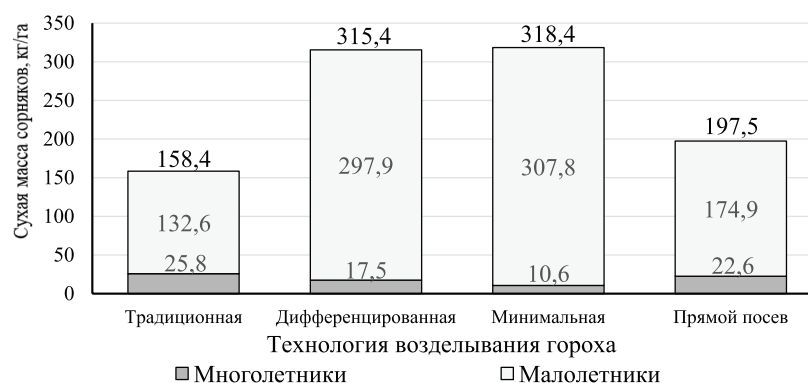


Рис. 2. Воздушно-сухая масса малолетних и многолетних сорняков перед уборкой гороха (среднее за 2020–2023 гг.)

Fig. 2. Air-dry mass of young and perennial weeds before harvesting peas (mean during 2020–2023)

Видовой состав сорной растительности в посевах гороха за годы проведения исследований был представлен 14 видами: из малолетних однодольных сорняков встречались просо куриное (*Echinochloa crus-galli*) и щетинник зеленый (*Setaria viridis*), из малолетних двудольных – горец вьюнковый (*Fallopia convolvulus*), марь белая (*Chenopodium album*), горец почечуйный (*Polygonum persicaria*), латук компасный (*Lactuca serriola*), чистец однолетний (*Stachys annua*), паслен черный (*Solanum nigrum*), фиалка полевая (*Viola arvensis*), щирица запрокинутая (*Amaranthus retroflexus*). Многолетние двудольные сорняки были представлены вьюнком полевым (*Convolvulus arvensis*), бодяком полевым (*Cirsium arvense*), кислицей обыкновенной (*Oxalis acetosella*) и осотом полевым (*Sonchus arvensis*).

Технологии возделывания гороха влияли не только на засоренность посевов, но и непосредственно на формирование элементов структуры урожая. Так, наибольшая густота стояния растений к уборке (1108 тыс. шт./га)

наблюдалась при применении технологии прямого посева, что было выше относительно традиционной, дифференцированной и минимальной технологий соответственно на 68, 103 и 60 тыс. шт./га. Среднее число зерен на растении и на 1 м² было максимальным при прямом посеве, что на 0,6 и 4,2 % больше по сравнению с традиционной технологией, на 16,2 и 22,6 % – с дифференцированной технологией, на 18,6 и 20,6 % – с минимальной технологией (рис. 3). В то же время наиболее высокая масса 1000 зерен (170,9 г) отмечалась в варианте с минимальной технологией. На традиционной, дифференцированной технологиях и прямом посеве масса 1000 зерен относительно минимальной технологии снижалась на 17,6, 7,2 и 3,3 г соответственно. При возделывании гороха по традиционной, дифференцированной и минимальной технологиям с уменьшением глубины основной обработки почвы отмечалась тенденция снижения среднего числа зерен на растениях и увеличения массы 1000 зерен.

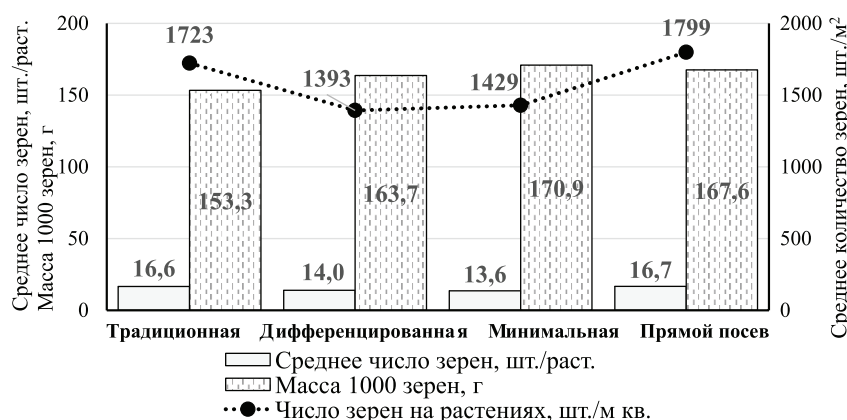


Рис. 3. Влияние технологий возделывания гороха на изменение элементов структуры урожая (2020–2023 гг.)

Fig. 3. The effect of pea cultivation technologies on changes in the yield structure elements (2020–2023)

Корреляционный анализ полученных экспериментальных данных показал, что изменение элементов структуры урожая гороха было обусловлено не только влиянием технологий его возделывания, но и засоренностью посевов. Это подтверждается высокой и заметной отрицательной связью количества сорня-

ков с числом зерен в бобе ($r = -0,72$) и массой 1000 зерен ($r = -0,58$) в критический для роста и развития культуры период (фаза стеблевания и ветвления) и перед уборкой урожая ($r = -0,68$ и $r = -0,57$). Также выявлена заметная отрицательная связь сухой массы сорняков в фазе стеблевания и ветвления гороха с чис-

лом зерен в бобе ($r = -0,55$) и массой 1000 зерен ($r = -0,57$).

Применение изучаемых технологий возделывания гороха способствовало изменению засоренности посевов и элементов структуры урожая, что в конечном итоге отразилось на уровне урожая этой культуры (табл. 3). В 2020 г. максимальный урожай гороха получен при его возделывании по традиционной технологии, в 2021 и 2022 гг. – по прямому посеву, в 2023 г. – по минимальной технологии. В среднем за годы исследований наибольшая урожайность гороха получена при его возделывании по технологии прямого посева (2,31 т/га). При применении традиционной технологии относительно прямого посева урожайность гороха снижалась на 0,10 т/га, дифференцированной технологии – 0,25 т/га, минимальной технологии – 0,19 т/га.

Результаты исследований выявили важное значение в повышении урожая гороха таких элементов его структуры, как число зерен на единице площади и масса 1000 зерен. Об этом свидетельствует установленная заметная корреляционная связь урожайности горо-

ха с массой 1000 зерен ($r = 0,62$) и средним числом зерен на 1 м² ($r = 0,55$).

Следует также отметить, что изменения урожайности гороха при применении различных технологий его возделывания отчасти были связаны с низкой конкурентоспособностью культуры по отношению к сорным растениям за факторы жизни, что оказывало влияние на формирование элементов структуры урожая (среднее число зерен в бобе и их масса 1000 зерен), так и его величину. При этом численность сорных растений оказывала влияние на урожайность гороха как в критический для роста и развития культуры, так и в предуборочный период, что подтверждается заметной отрицательной корреляционной связью урожайности с общим количеством сорняков ($r = -0,63$ в фазе стеблевания и ветвления и $r = -0,61$ перед уборкой урожая). Однако на долю влияния этого показателя засоренности посевов в изменении урожайности приходится 39,7–37,2 %, а остальное влияние было обусловлено воздействием различного рода факторов в результате применения изучаемых технологий.

Таблица 3. Урожайность гороха в зависимости от применяемой технологии возделывания
Table 3. Pea productivity depending on the cultivation technology

Технология возделывания	Урожайность по годам, т/га					Изменение за счет обработки
	2020	2021	2022	2023	Среднее	
Традиционная	2,20	1,85	2,72	2,07	2,21	–
Дифференцированная	1,73	1,86	2,61	2,03	2,06	-0,15
Минимальная	1,60	1,98	2,69	2,22	2,12	-0,09
Прямой посев	1,69	2,60	2,91	2,02	2,31	0,10
НСР ₀₅	0,07	0,22	0,10	0,18	0,14	–

Влияние технологий возделывания отразилось на показателях качества зерна и продуктивности гороха. Натура зерна на традиционной технологии была выше на 1,8–8,4 г/л, чем на других технологиях возделывания (рис. 4). В то же время, несмотря на существенное снижение натуры зерна на прямом посеве, в ва-

рианте этой технологии отмечалось наиболее высокое содержание в нем белка (23,15 %). С применением традиционной, дифференцированной и минимальной технологий содержание белка в зерне относительно прямого посева снижалось соответственно на 0,25, 0,57 и 0,90 %.

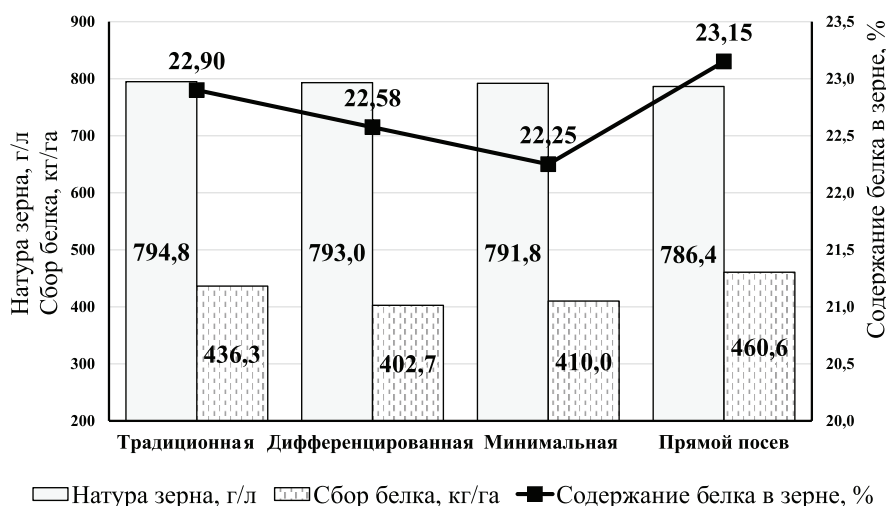


Рис. 4. Натура зерна, содержание белка в зерне и его сбор с урожаем в зависимости от технологии возделывания гороха (2020–2023 гг.)

Fig. 4. Grain nature, protein percentage in grain and its yield while harvesting, depending on the pea cultivation technology (2020–2023)

Наиболее высокая урожайность зерна гороха и содержание в нем белка при применении технологии прямого посева позволили получить максимальный сбор белка с гектара (460,6 кг/га). На традиционной технологии в сравнении с прямым посевом сбор белка снизился на 24,3 кг/га, дифференцированной технологии – на 57,9 кг/га, минимальной технологии – на 50,6 кг/га.

Изменение показателей качества зерна и продуктивности гороха при его возделывании с применением изучаемых технологий в определенной степени обусловлено засоренностью посевов в критический для роста и развития культуры период. Так, при проведении анализа экспериментальных данных установлено снижение содержания белка в зерне при увеличении количества и сухой массы сорняков в фазе стеблевания и ветвления гороха, что подтверждается высокой и очень высокой отрицательной корреляционной связью ($r = -0,76$ для общего количества сорняков и $r = -0,96$ для воздушно-сухой массы сорняков). Снижение сбора белка с урожаем зерна гороха также связано с более высокой засоренностью посевов в фазе стеблевания и ветвления, о чем свидетельствует высокая отрицательная корреляционная связь этого показателя продуктивности с общим количеством сорняков ($r = -0,71$) и их сухой массой ($r = -0,70$).

Выводы. Изучаемые технологии возделывания гороха оказывали существенное влияние на засоренность посевов, формирование основных элементов структуры урожая, величину и качество выращенного урожая зерна. Традиционная технология возделывания гороха способствовала созданию минимальной засоренности посевов как в критический для роста и развития культуры период, так и перед уборкой урожая. Однако преимущество в формировании элементов структуры урожая и продуктивности гороха над другими технологиями установлено у прямого посева. Возделывание гороха по технологии прямого посева способствовало формированию максимальных значений густоты стояния растений к уборке (1108 тыс. шт./га), числа зерен на растении (16,7 шт./раст.) и единице площади (1799 шт./м²), содержания белка в зерне (23,15 %), что позволило получить наибольшую урожайность зерна гороха (2,31 т/га) и сбор белка с урожаем (460,6 кг/га). При применении традиционной, дифференцированной и минимальной технологий относительно прямого посева отмечалось уменьшение густоты стояния растений к уборке на 5,4–9,3 %, среднего числа зерен на 1 м² – на 4,2–22,6 % и на 1 растении – на 0,6–18,6 %, содержания белка в зерне – на 0,25–0,90 % абс., что привело к снижению урожая на 4,3–10,8 %, сбора белка с гектара – на 5,3–12,6 %.

Библиографические ссылки

1. Букин О.В., Бочкарев Д.В., Никольский А.Н. Влияние приемов основной обработки почвы на урожайность и качество гороха посевного в условиях Европейской части России // Вестник Алтайского государственного университета. 2020. № 10. С. 28–34.
2. Камбулов С.И., Семенихина Ю.А., Демина Е.Б. Влияние основных приемов обработки почвы на продуктивность гороха // Зерновое хозяйство России. 2022. Т. 14, № 3. С. 82–88. DOI: 10.31367/2079-8725-2022-81-3-82-88
3. Кисилева Т.С., Рзаева В.В. Влияние основной обработки почвы на урожайность зернобобовых культур в северной лесостепи Тюменской области // Достижения науки и техники АПК. 2021. Т. 35, № 1. С. 21–25. DOI: 10.24411/0235-2451-2021-10104
4. Котлярова Е.Г., Лубенцов С.М. Пищевой режим почвы под горохом в зависимости от способа ее обработки и доз минеральных удобрений // Агрохимический вестник. 2016. № 3. С. 33–38.
5. Соловиченко В.Д., Никитин В.В., Карабутов А.П., Навольнева Е.В. Влияние способа основной обработки почвы и внесения удобрений на урожайность и экономическую эффективность возделывания гороха // Земледелие. 2018. № 5. С. 20–23. DOI: 10.24411/0044-3913-2018-10505
6. Турусов В.И., Гармашов И.М., Корнилов И.М., Нужная Н.А., Говоров В.Н., Крячкова М.П. Урожайность и структура урожая гороха при различных способах обработки почвы в условиях Юго-Востока ЦЧР // Зернобобовые и крупяные культуры. 2020. № 2(34). С. 5–12. DOI: 10.24411/2309-348X-2020-11163
7. Шарушов Р., Дроздов А., Наумов А., Гаранин М. Влияние различных приемов основной обработки почвы на фотосинтетическую деятельность и формирование урожая семян гороха и сои // Международный сельскохозяйственный журнал. 2017. № 2. С. 47–50.
8. Jensen E.S., Carlsson G., Hauggaard-Nielsen H. Intercropping of grain legumes and cereals improves the use of soil N resources and reduces the requirement for synthetic fertilizer N: A global-scale analysis // Agronomy for Sustainable Development. 2020. Vol. 40, № 5. Iss. 1. DOI: 10.1007/s13593-020-0607-x
9. Mendoza-Suárez M.A., Geddes B.A., Sánchez-Cañizares C., Jorin B., Poole P.S. Optimizing Rhizobium-legume symbioses by simultaneous measurement of rhizobial competitiveness and N₂ fixation in nodules // Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America. 2020. Vol. 117(18), P. 9822–9831. DOI: 10.1073/pnas.1921225117
10. Wang Li X., Wang W., Jiang D., Sun S., Zhang L., Sun X. Efficient solar-driven nitrogen fixation over carbon-tungstic-acid hybrids // Chemistry – A European Journal. 2016. Vol. 22, № 39. P. 13819–13822. DOI: 10.1002/chem.201603277

References

1. Bukin O.V., Bochkarev D.V., Nikol'skii A.N. Vliyaniye priemov osnovnoi obrabotki pochvy na urozhainost' i kachestvo gorokha posevnogo v usloviyakh Evropeiskoi chasti Rossii [The effect of basic

tillage methods on productivity and quality of peas in the European part of Russia] // Vestnik Altaiskogo gosudarstvennogo universiteta. 2020. № 10. S. 28–34.

2. Kambulov S.I., Semenikhina Yu. A., Demina E.B. Vliyanie osnovnykh priemov obrabotki pochvy na produktivnost' gorokha [The effect of basic soil cultivation methods on pea productivity] // Zernovoe khozyaistvo Rossii. 2022. T. 14, № 3. S. 82–88. DOI: 10.31367/2079-8725-2022-81-3-82-88

3. Kisileva T.S., Rzaeva V.V. Vliyanie osnovnoi obrabotki pochvy na urozhainost' zernobobovykh kul'tur v severnoi lesostepi Tyumenskoi oblasti [The effect of basic tillage on productivity of leguminous crops in the northern forest-steppe of the Tyumen region] // Dostizheniya nauki i tekhniki APK. 2021. T. 35, № 1. S. 21–25. DOI: 10.24411/0235-2451-2021-10104

4. Kotlyarova E.G., Lubentsov S.M. Pishchevoi rezhim pochvy pod gorokhom v zavisimosti ot sposoba ee obrabotki i doz mineral'nykh udobrenii [Nutritional regime of the soil under peas, depending on its cultivation method and doses of mineral fertilizers] // Agrokhimicheskii vestnik. 2016. № 3. S. 33–38.

5. Solovichenko V.D., Nikitin V.V., Karabutov A.P., Navol'neva E.V. Vliyanie sposoba osnovnoi obrabotki pochvy i vneseniya udobrenii na urozhainost' i ekonomicheskuyu effektivnost' vozdel'yvaniya gorokha [The effect of the method of basic tillage and fertilization on productivity and economic efficiency of pea cultivation] // Zemledelie. 2018. № 5. S. 20–23. DOI: 10.24411/0044-3913-2018-10505

6. Turusov V.I., Garmashov I.M., Kornilov I.M., Nuzhnaya N.A., Govorov V.N., Kryachkova M.P. Urozhainost' i struktura urozhaya gorokha pri razlichnykh sposobakh obrabotki pochvy v usloviyakh Yugo-Vostoka TsChR [Productivity and structure of the pea crop under various methods of soil cultivation in the south-east of the Central Black Sea region] // Zernobobovye i krupyanye kul'tury. 2020. № 2(34). S. 5–12. DOI: 10.24411/2309-348Kh-2020-11163

7. Sharushov R., Drozdov A., Naumov A., Garanin M. Vliyanie razlichnykh priemov osnovnoi obrabotki pochvy na fotosinteticheskuyu deyatel'nost' i formirovaniye urozhaya semyan gorokha i soi [The effect of various methods of basic soil cultivation on photosynthetic activity and productivity formation of pea and soybean seeds] // Mezhdunarodnyi sel'skokhozyaistvennyi zhurnal. 2017. № 2. S. 47–50.

8. Jensen E.S., Carlsson G., Hauggaard-Nielsen H. Intercropping of grain legumes and cereals improves the use of soil N resources and reduces the requirement for synthetic fertilizer N: A global-scale analysis // Agronomy for Sustainable Development. 2020. Vol. 40, № 5. Iss. 1. DOI: 10.1007/s13593-020-0607-x

9. Mendoza-Suárez M.A., Geddes B.A., Sánchez-Cañizares C., Jorin B., Poole P.S. Optimizing Rhizobium-legume symbioses by simultaneous measurement of rhizobial competitiveness and N₂ fixation in nodules // Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America. 2020. Vol. 117(18), P. 9822–9831. DOI: 10.1073/pnas.1921225117

10. Wang Li X., Wang W., Jiang D., Sun S., Zhang L., Sun X. Efficient solar-driven nitrogen fixation over carbon–tungstic-acid hybrids // Chemistry – A European Journal. 2016. Vol. 22, № 39. P. 13819–13822. DOI: 10.1002/chem.201603277

Поступила: 27.02.24; доработана после рецензирования: 12.03.24; принята к публикации: 19.03.24.

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. Морозов А.Н. – обзор литературы, анализ данных и написание статьи; Дубовик Д.В. – концептуализация исследования; Дубовик Е.В. – выполнение лабораторных опытов; Шумаков А.В. – подготовка опыта.

Все авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.

ЗАЩИТА РАСТЕНИЙ

УДК 633.1:632.7.04/.08(470.43)

DOI: 10.31367/2079-8725-2024-91-2-106-112

ДИНАМИКА ЧИСЛЕННОСТИ ПОПУЛЯЦИЙ ПШЕНИЧНОГО И ХИЩНЫХ ТРИПСОВ АГРОЦЕНОЗА ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЫ В ЛЕСОСТЕПИ САМАРСКОЙ ОБЛАСТИ

И. И. Шарапов, кандидат сельскохозяйственных наук, младший научный сотрудник лаборатории селекции и семеноводства озимой пшеницы, scharapov86@mail.ru, ORCID ID: 0000-0002-7222-9993;

Ю. А. Шарапова, кандидат сельскохозяйственных наук, младший научный сотрудник лаборатории селекции и семеноводства озимой пшеницы, belyaeva.u.a@yandex.ru, ORCID ID: 0000-0003-0197-8513

Самарский федеральный исследовательский центр РАН – Поволжский научно-исследовательский институт селекции и семеноводства имени П. Н. Константинова, 446442, Самарская обл., Кинельский р-н, пгт. Усть-Кинельский, ул. Шоссейная, д. 76

В данной статье представлены результаты трехлетних исследований (2021–2023 гг.) по учету численности пшеничного и хищных трипсов в динамике в весенне-летний период вегетации озимой мягкой пшеницы в лесостепи Самарской области. Цель исследований заключалась в определении динамики сезонного развития пшеничного и хищных трипсов по фенофазам развития озимой мягкой пшеницы в лесостепи Самарской области. С этой целью проводили учеты методом кошения энтомологическим сачком на посевах озимой пшеницы в разные фенофазы развития и определение видов и численности трипсов в лаборатории под биноклем. По метеоусловиям 2021 и 2023 гг. характеризовались как сухие и жаркие, 2022 г. характеризовался как прохладный с обилием осадков в первой половине вегетации озимой пшеницы. Динамика численности пшеничного и хищных трипсов различалась в зависимости от метеоусловий весенне-летнего периода. В жаркие 2021 и 2023 гг. отмечалось 2 периода подъема численности. В 2021 г. период максимальной численности пшеничного трипса отмечался с фазы колошения и до фазы цветения (1016 и 1048 экз./100 взмахов сачком) и в фазу молочно-восковой спелости (426 экз./100 взмахов сачком). В 2022 г. численность пшеничного трипса на растениях нарастала постепенно, пик отмечался один раз в фазу цветения, составляя 1084 экз./100 взмахов сачком. В 2023 г. подъем численности отмечался в фазу колошения (1782 экз./100 взмахов сачком) и фазу молочно-восковой спелости (421 экз./100 взмахов сачком). В жаркие 2021 и 2023 гг. наблюдалось 2 периода подъема численности хищных трипсов, максимальное количество энтомофагов отмечалось в фазу колошения и составляло 87 и 61 экз./100 взмахов сачком соответственно. В прохладном 2022 г. наблюдался один подъем численности в фазу цветения и составлял 14 экз./100 взмахов сачком. В фазы колошения и цветения растений преобладали преимущественно взрослые насекомые (имаго), а в фазы молочной и молочно-восковой спелости преимущественно встречались личинки разных возрастов. Метеоусловия 2021 и 2023 гг. оказались более благоприятными для развития пшеничного и хищных трипсов, чем в 2022 году.

Ключевые слова: пшеничный трипс, хищный трипс, численность, метеоусловия, озимая пшеница, фенофазы.

Для цитирования: Шарапов И. И., Шарапова Ю. А. Динамика численности популяций пшеничного и хищных трипсов агроценоза озимой пшеницы в лесостепи Самарской области // Зерновое хозяйство России. 2024. Т. 16, № 2. С. 106–112. DOI: 10.31367/2079-8725-2024-91-2-106-112.



POPULATION DYNAMICS OF WHEAT AND PREDATORY THRIPS IN WINTER WHEAT AGROCENOSIS IN THE FOREST-STEPPE OF THE SAMARA REGION

I. I. Sharapov, Candidate of Agricultural Sciences, junior researcher of the laboratory for winter wheat breeding and seed production, scharapov86@mail.ru, ORCID ID: 0000-0002-7222-9993;

Yu. A. Sharapova, Candidate of Agricultural Sciences, junior researcher of the laboratory for winter wheat breeding and seed production, belyaeva.u.a@yandex.ru, ORCID ID: 0000-0003-0197-8513

Samarsky Federal Research Center RAS, Povolzhsky Research Institute of Breeding and Seed Production named after P. N. Konstantinov, 446442, Samara region, Kinel'sky district, v. of Ust-Kinel, Shosseynaya Str., 76

The current paper has presented the three-year study results (2021–2023) on recording the population dynamics of wheat and predatory thrips during the spring-summer vegetation period of winter common wheat in the forest-steppe of the Samara region. The purpose of the study was to determine the dynamics of the seasonal development of wheat and predatory thrips according to the phenophases of the development of winter common wheat in the forest-steppe of the Samara region. For this purpose, there were carried out the calculations using the mowing method with an entomological net on winter wheat crops in different phenophases of development, and the population of species and thrips were determined in the laboratory under a binocular. According to weather conditions, 2021 and 2023 were char-

acterized as dry and hot, 2022 was characterized as cool with plenty of precipitation in the first half of the winter wheat vegetation period. The population dynamics of wheat and predatory thrips varied depending on the weather conditions of the spring-summer period of the year. In the hot years of 2021 and 2023 there were 2 periods of increase in population. In 2021, the period of maximum population of wheat thrips was observed from a heading stage to a flowering stage (1016 and 1048 specimen per 100 sweeps of the net) and in the phase of milky-wax ripeness (426 specimen per 100 sweeps of the net). In 2022, the population of wheat thrips on plants increased gradually, the peak was noted once during the flowering stage, amounting to 1084 specimen per 100 sweeps of the net. In 2023, a population increase was observed in the heading stage (1782 specimen per 100 sweeps of the net) and the phase of milky-wax ripeness (421 specimen per 100 sweeps of the net). In the hot years of 2021 and 2023 there were 2 periods of increase in predatory thrips' population; the maximum number of entomophages was observed during the heading stage and amounted to 87 and 61 specimens per 100 sweeps of the net, respectively. In the cool year of 2022, there was one population increase during the flowering stage and amounted to 14 specimens per 100 sweeps of the net. In the phases of heading and flowering of plants, there were predominantly adult insects (imago), and in the phases of milky and milky-wax ripeness, there were predominantly found larvae of different ages. The weather conditions in 2021 and 2023 turned out to be more favorable for the development of wheat and predatory thrips than in 2022.

Keywords: wheat thrips, predatory thrips, population, weather conditions, winter wheat, phenophases.

Введение. Озимая пшеница является основной продовольственной и кормовой культурой Самарской области. Являясь страховой культурой, озимая пшеница представляет интерес особенно в засушливые годы (Шарапов и др., 2023).

Одним из факторов снижения качества и количества урожая озимой пшеницы в южных регионах России являются вредители (Glazunova et al., 2018). Самыми распространенными, наносящими существенный ущерб вредителями являются тли, трипсы, клопы и злаковые мухи (Bauetdinov and Sultanbaeva, 2021) как в осенний, так и в весенний периоды развития озимой пшеницы (Malschi et al., 2018).

Увеличение численности популяций колосовых вредителей (тли, трипсы), а также развитие нескольких поколений за счет ускоренного развития генераций являются негативными последствиями глобального потепления климата (Malschi et al., 2019; Arif et al., 2022).

Интенсивное заселение растений пшеничным трипсом (*Haplothrips tritici* Kurd) совпадает с фазой колошения озимой пшеницы. В эту фазу в колосьях происходит концентрация основной массы пшеничного трипса (Ualiyeva et al., 2023). Пшеничный трипс снижает вес зерновки и ухудшает ее качество, особенно это проявляется в засушливые годы (Abdillayev and Bababekov, 2023), при этом снижаются и посевные качества семян, что представляет угрозу селекционно-семеноводческому процессу (Куррум и Гриценко, 2023). Как отмечает М. Abdillayev and Q. Bababekov (2023), личинки пшеничного трипса более вредоносны по сравнению с имаго. Пшеничный трипс питается на листьях, колосьях и зерне, снижая массу зерновки. При большой численности может вызвать частичную белоколосость и стерильность колоса. Имаго пшеничного трипса способны снизить массу 1 колоса на 2,89 мг (Емельянов и др., 2018).

В связи с экологизацией земледелия для ограничения численности пшеничного трипса необходимо сохранить, защитить и увеличить фауну естественных активных энтомофагов (Malschi et al., 2019). Хищные трипсы относятся к основным энтомофагам, снижающим численность пшеничного трипса в агро-

ценозе озимой пшеницы. Основными энтомофагами из отряда Трипсов (*Thysanoptera*) в Самарской области являются хищный трипс (*Aeolothrips intermedius* Bagnall) и полосатый трипс (*Aeolothrips fasciatus* L.) (Zichkina et al., 2023). Хищные трипсы питаются яйцами, личинками, иногда и взрослыми особями пшеничного трипса, снижая численность фитофага.

Целью исследования было установить динамику численности пшеничного и хищных трипсов в агроценозе озимой пшеницы в различные по метеоусловиям годы.

Материалы и методы исследований.

Изучение динамики численности пшеничного и хищного трипсов проводили в агроценозах озимой пшеницы сорта Поволжская нива в 2021–2023 годах. Исследование вели на селекционных полях Поволжского НИИСС им. П.Н. Константинова, расположенного в Кинельском районе Самарской области. Проводили регулярное кошение энтомологическим сачком в трехкратной повторности по 25 взмахов по диагонали поля в весенне-летний период вегетации озимой пшеницы. Кошение проводили при наступлении следующих фенологических фаз развития озимой пшеницы: кущение, выход в трубку, колошение, цветение, молочная спелость, молочно-восковая спелость, восковая спелость, полная спелость. После кошения мешочки с насекомыми доставляли в лабораторию, где насекомых замаривали и разбирали под бинокуляр с подсчетом общей численности имаго и личинок пшеничного и хищных трипсов. Обработку данных проводили в программе Microsoft Excel.

Метеорологические условия оказывают существенное влияние на развитие динамики численности трипсов, особенно важен температурный режим и количество осадков. Метеорологические условия в 2021–2023 гг. отличались контрастностью (табл. 1).

Апрель 2021 г. был теплым, среднемесячная температура превышала среднеегодовое значение на 2,0 °C, выпавшие осадки за месяц были выше на 13,7 % и составляли 30,7 мм. Первые две декады мая характеризовались как засушливые, на фоне высоких температур выпало всего 2,9 мм осадков, что ниже нормы на 86,0 %. При этом температура воздуха была

выше нормы на 4,3 и 9,2 °С соответственно. В 3-й декаде выпало 17,9 мм осадков, при этом температура оставалась высокой. В июне температура была выше нормы на 4,2 °С. Осадков в первой и второй декадах выпало 68,7 мм, что выше нормы на 37,8 %. В 3-й декаде отме-

чался дефицит осадков. Июль характеризовался высокой температурой на фоне низкого количества осадков. Весенне-летний период характеризовался высокими температурами, осадки отмечались лишь в конце мая и начале июня.

Таблица 1. Метеорологические условия в 2021–2023 гг. в сравнении со среднемноголетним значением
Table 1. Meteorological conditions in 2021–2023 compared with the long-term mean value

Месяц	Декада	Средняя температура воздуха, °С			Среднемноголетнее значение	Количество осадков, мм			Среднемноголетнее значение
		2021	2022	2023		2021	2022	2023	
Апрель	I	4,3	5,4	8,8	0,6	12,5	21,2	0,0	9,0
	II	15,0	10,8	8,7	4,7	0,0	6,9	0,0	9,0
	III	8,6	12,0	16,8	11,3	18,2	12,6	3,2	9,0
За месяц		9,3	9,4	11,4	7,3	30,7	40,7	3,2	27
Май	I	16,3	10,1	15,8	12,0	2,8	22,5	0,6	10,0
	II	23,3	10,8	17,0	14,1	0,1	41,4	7,0	11,0
	III	24,8	12,5	24,7	15,9	17,9	19,6	0,4	12,0
За месяц		21,5	11,1	19,3	14,0	20,8	83,5	8,0	33,0
Июнь	I	19,0	17,9	20,3	17,7	34,5	42,6	11,4	13,0
	II	21,8	19,4	18,8	18,7	34,1	7,4	4,4	13,0
	III	27,8	19,7	18,6	19,7	3,7	3,9	17,6	13,0
За месяц		22,9	19,0	19,2	18,7	72,3	53,9	33,4	39,0
Июль	I	23,8	20,6	26,5	20,4	6,3	3,9	0,0	15,0
	II	–	20,4	–	20,8	–	5,4	–	16,0
За месяц		23,8	20,5	26,5	20,6	6,3	12,1	0,0	31,0
За вегетационный период		–	–	–	–	130,1	190,2	44,6	130,0

Апрель 2022 г. был теплым и влажным, температура превышала среднемноголетнее значение на 2,1 °С, отмечалось выпадение большого количества осадков – выше нормы на 50,7 %. Май был прохладным, температурный режим был ниже нормы на 2,9 °С, количество осадков превосходило среднемноголетнее значение на 153,0 %. В июне и 1–2-й декадах июля показатели температуры отличались незначительно от среднемноголетних. В июне отмечалось выпадение повышенного количества осадков – выше нормы на 38,2 %. В июле наблюдался дефицит осадков – на 61,0 % ниже нормы. Весенне-летний период 2022 г. характеризовался теплыми условиями с повышенной нормой осадков, что оказало влияние на развитие трипсов.

В апреле 2023 г. температура превышала среднемноголетнее значение на 4,1 °С, особенно тепло было в 3-й декаде апреля. Наблюдался дефицит осадков, в течение месяца выпало всего 3,2 мм осадков, что ниже нормы на 88,0 %. В мае наблюдалась жаркая сухая погода. Температура была выше нормы на 5,3 °С, а количество осадков было ниже среднемноголетнего значения на 76,0 %. Особенно жаркой была 3-я декада мая, где на фоне отсутствия осадков температура превышала норму на 8,8 °С. В первой и третьей декадах июня наблюдалось выпадение осадков, что снизило температуру до среднемноголетнего значения. В июне первая декада была жаркой и сухой. На фоне полного отсутствия осадков отмечалась высокая

температура, которая была на 6,1 °С выше нормы. Весенне-летний период 2023 г. характеризовался высокими температурами и осадками ниже среднемноголетнего значения.

Результаты и их обсуждение. В агроценозе озимой пшеницы динамика численности пшеничного трипса выглядела следующим образом (рис. 1).

Первое кошение в 2021 г. проводили 30 апреля. Поздний учет численности пшеничного трипса связан с выпадением осадков в 3-й декаде апреля, это не позволило произвести кошение в более ранние сроки. В фазу кущения отмечалась высокая численность пшеничного трипса – 48,8 экз./100 взмахов сачком, к фазе выхода в трубку количество увеличилось до 125 экз./100 взмахов сачком. Высокая температура и слабые осадки способствовали резкому подъему численности вредителя – до 1016 экз./100 взмахов сачком в фазу колошения. Пик численности отмечался в фазу цветения и составлял 1048,0 экз./100 взмахов сачком. Затем к фазе молочной спелости численность снижалась до 216,0 экз./100 взмахов сачком. Это связано с естественной гибелью вредителя и деятельностью энтомофагов, а также сказалось влияние сухой жаркой погоды. К фазе молочно-восковой спелости отмечалось увеличение численности за счет личинок до 425,8 экз./100 взмахов сачком. Затем к фазе полной спелости шло снижение численности до 98,9 экз./100 взмахов.

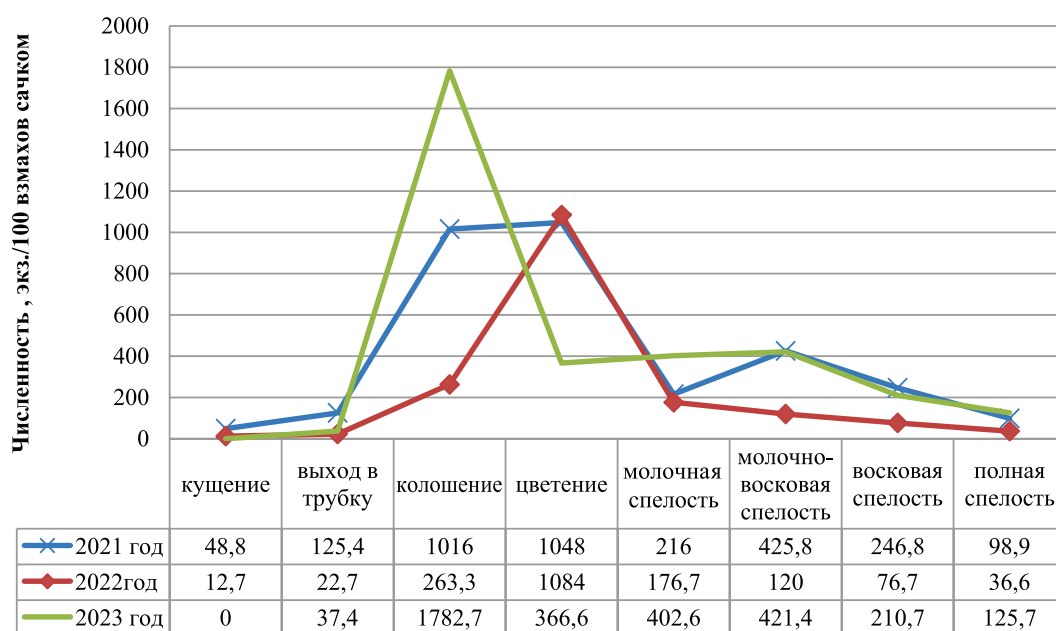


Рис. 1. Динамика численности пшеничного трипса в агроценозе озимой пшеницы по фенофазам развития
Fig. 1. Population dynamics of wheat thrips in winter wheat agroecosystem according to phenophases of development

Первый учет в 2022 г. проводили 5 мая, поздний учет связан с выпадением большого количества осадков, которые замедлили развитие трипсов. В кушение отмечалось незначительное количество имаго пшеничного трипса (12,7 экз./100 взмахов), но постепенно с увеличением температуры увеличивалась численность. Резкий подъем численности пшеничного трипса наблюдался в фазу колошения (263,3 экз./100 взмахов), а пик численности отмечался в фазу цветения (1084,0 экз./100 взмахов). К фазе молочной спелости численность вредителей снижалась до 176,7 экз./100 взмахов, что связано с миграцией имаго на соседние поля, засеянные яровыми культурами, деятельностью энтомофагов (хищные трипсы, кокцинеллиды, златоглазки), а также естественной гибелью. Личинки пшеничного трипса массово начали появляться в фазу молочной спелости.

В 2023 г. первый учет проводили 10 апреля. Раннее проведение укуса связано с высокими температурами начала апреля и быстрым таянием снега. Пшеничный трипс не был обнаружен. Первые имаго пшеничного трипса были обнаружены в фазу выхода растений пшеницы в трубку, которая приходилась на начало мая. Практически сразу отмечалось начало резкого нарастания количества пшеничного трипса, что связано с высокой температурой и быстрым развитием пшеницы. Пик численности приходился на фазу колошения (1782,7 экз./100 взмахов). Основную часть составляли имаго, но уже отмечались и личинки младших возрастов. Затем наблюдался резкий спад численности до фазы цветения (366,6 экз./100 взмахов). До фазы молочно-восковой спелости отмечалось нарастание численности, основную часть здесь представляли личинки, а меньшую

часть – имаго. В дальнейшем до фазы полной спелости отмечалось снижение численности вредителей.

Метеоусловия 2022 г. не способствовали резкому увеличению численности пшеничного трипса в связи с большим количеством осадков. Отмечался один пик численности в фазу цветения. Жаркая и сухая погода 2023 г. позволила популяции пшеничного трипса резко нарастить численность после выхода из мест зимовки. Наблюдалось 2 пика численности: в фазу колошения (преимущественно имаго) и в фазу молочно-восковой спелости (преимущественно личинки).

Постоянными спутниками и одними из основных энтомофагов пшеничного трипса являются 2 вида трипсов: хищный и полосатый. Динамика численности хищных трипсов представлена на рисунке 2.

В 2021 г. наблюдался быстрый рост численности популяций хищных трипсов, начиная с фазы кушения, и первый пик численности наблюдаемых энтомофагов отмечался в фазу колошения (87 экз./100 взмахов сачком). После чего в результате естественной гибели и деятельности энтомофагов численность снижалась до 15,6 экз./100 взмахов сачком в фазу молочной спелости. Второй пик численности наблюдался в фазу молочно-восковой спелости и составил 22,7 экз./100 взмахов сачком. Затем по мере прохождения фенофаз развития пшеницы численность хищных трипсов снижалась до 17,3 экз./100 взмахов сачком к фазе полной спелости.

Появление в 2022–2023 гг. на посевах имаго хищных трипсов отмечалось с фазы выхода в трубку растений пшеницы и проходило по аналогии с динамикой развития пшеничного трипса на посевах.

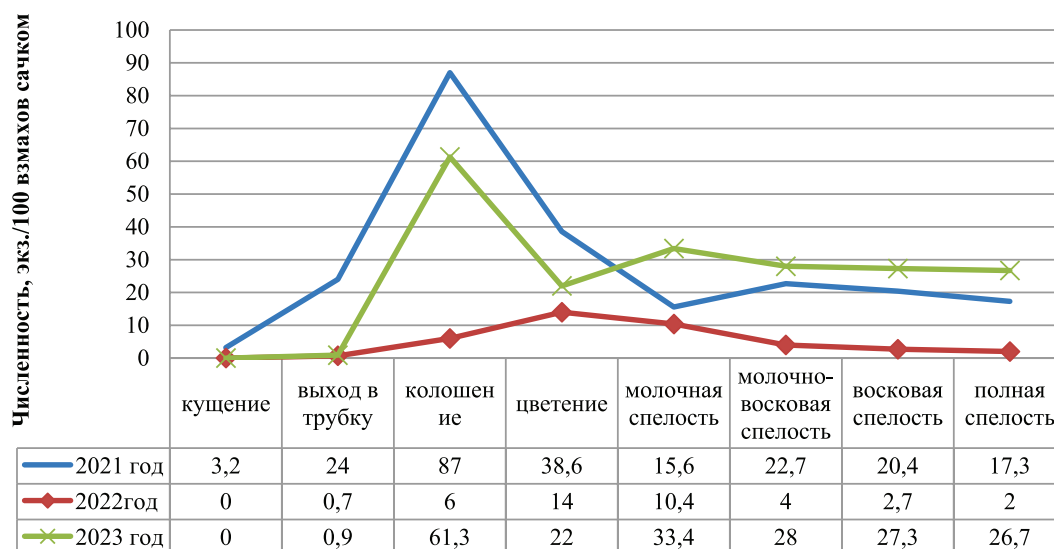


Рис. 2. Динамика численности хищных трипсов в агроценозе озимой пшеницы по фенофазам развития

Fig. 2. Population dynamics of predatory thrips in winter wheat agroecosystem according to phenophases of development

В 2022 г. отмечалось плавное нарастание численности хищных трипсов, пик численности отмечался в фазу цветения и составлял 14,0 экз./100 взмахов. Затем наблюдался планомерный спад до фазы полной спелости. Личинки хищных трипсов отмечались с фазы молочно-восковой спелости.

В 2023 г. на фоне высоких температур окружающей среды на посевах пшеницы наблюдался резкий подъем численности наблюдаемых энтомофагов, пик их отмечался в фазу колошения и составлял 61,3 экз./100 взмахов. Затем наблюдался небольшой спад, связанный с естественной гибелью и деятельностью энтомофагов. Появление личинок отмечалось в фазу колошения. Второй пик численности наблюдался в фазу молочной спелости, затем по мере прохождения фенофаз пшеницы озимой наблюдался спад численности.

В засушливых 2021 и 2023 гг. численность хищных трипсов была значительно выше, чем в прохладном 2022 году.

Выводы. Пшеничный трипс относится к основным вредителям озимой мягкой пшеницы в лесостепной зоне Самарской области. Появление имаго вредителя зависит от метеорологических условий года, главным образом от температуры окружающей среды, осадков и температуры почвы. Появление имаго пшеничного трипса отмечалось в фазы кущения и выхода в трубку и зависело от метеорологических условий.

В засушливый 2021 г. наблюдалось два подъема численности пшеничного и хищных трипсов. У пшеничного трипса первый пик численности был растянут с фазы колошения (1016 экз./100 взмахов сачком) до фазы цветения (1048 экз./100 взмахов сачком). Второй пик численности наблюдался в фазу молочно-восковой спелости.

В прохладный 2022 г. отмечался один пик численности пшеничного трипса в фазу цветения (1084 экз./100 взмахов, преимущественно имаго).

В засушливых условиях 2023 г. наблюдалось два подъема численности в фазу колошения (до 1782,0 экз./100 взмахов, преимущественно имаго) и фазу молочно-восковой спелости (421,0 экз./100 взмахов, преимущественно личинки).

Хищные трипсы являются одними из основных энтомофагов пшеничного трипса. Их численность зависит от численности пшеничного трипса как главного пищевого объекта. Появление имаго хищных трипсов в 2021 г. отмечалось с фазы кущения, а в 2022–2023 гг. – с фазы выхода в трубку. В 2021 г. динамика численности хищного отличалась от динамики численности пшеничного трипса. В течение вегетационных сезонов 2022–2023 гг. динамика численности хищных трипсов проходила по аналогии с пшеничным трипсом. Максимальная численность хищных трипсов в 2021 и 2023 гг. составила соответственно 87 и 61 экз./100 взмахов сачком в фазу колошения, в 2022 г. отмечалась в фазу цветения (14,0 экз./100 взмахов).

Метеорологические условия 2021 и 2023 г. способствовали более быстрому росту численности пшеничного и хищных трипсов, чем метеорологические условия 2022 года.

Представляет интерес дальнейшее изучение динамики численности популяций пшеничного и хищных трипсов в агроценозе озимой пшеницы в различных метеорологических годах. Это позволит скорректировать меры борьбы с пшеничным трипсом в условиях изменяющегося климата.

Библиографические ссылки

1. Емельянов Н. А., Критская Е. Е., Еськов И. Д., Лобачев Ю. В. Вредоносность пшеничного трипса (*Haplothrips tritici kurd.*) на озимой и яровой пшенице при повреждении генеративных органов растений // Аграрный научный журнал. 2018. № 5. С. 19–25. DOI: 10.28983/asj.v0i5.469
2. Куррум Р., Гриценко В. В. Видовой состав трипсов (Insecta: Thysanoptera) на селекционных посевах яровой пшеницы в РГАУ-МСХА имени К. А. Тимирязева // Известия Тимирязевской сельскохозяйственной академии. 2023. № 1. С. 57–65. DOI: 10.26897/0021-342X-2023-1-57-65
3. Шарапов И. И., Шарапова Ю. А., Абдраев М. Р. Влияние метеоусловий на урожайность и содержание белка в зерне озимой пшеницы // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 2023. Т. 53, № 9. С. 40–48. DOI: 10.26898/0370-8799-2023-9-5
4. Abdillayev M., Bababekov Q. Wheat thrips (*Haplothrips tritici* Kurd.) damage on grain crops in Uzbekistan // E3S Web of Conferences: International Conference on Sustainable Management of Earth Resources and Biodiversity (SERBEMA-2023). 2023. Vol. 421. P. 1–6. DOI: 10.1051/e3sconf/202342104001
5. Arif M., Waheed M. Q., Lohwasser U., Shokat S., Algudah A. M., Volkmar C., Börner A. Genetic insight into the insect resistance in bread wheat exploiting the untapped natural diversity // *Frontiers in Genetics*. 2022. Vol. 13. P. 1–19. DOI: 10.3389/fgene.2022.828905
6. Bauetdinov B. O., Sultanbaeva F. A.-K. Developmental Bioecology And Control Measures Of Sucking Pests In Wheat Biotope Of Karakalpakstan Agrobiocenosis // *The American Journal of Horticulture and Floriculture Research*. 2021. Vol. 3, № 2. P. 7–11. DOI: 10.37547/tajhfr/Volume03Issue02-02
7. Glazunova N. N., Bezgina Yu. A., Maznitsyna L. V., Drepa E. V., Ustimov D. V. Protection the winter wheat from pests in the south of Russia // *Research Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences*. 2018. Vol. 9, № 4. P. 578–582.
8. Malschi D., Tăraș A. D., Valean A.-M., Sopterean L., Suciu A. L., Dărab J. D., Chetan C., Tritean N. Wheat pest dynamics, forecasting and current importance of the attack, to develop integrated control system in the center of Transylvania // *Romanian Agricultural Research*. 2018. Vol. 35, P. 203–220. DOI: 10.59665/rar3525
9. Malschi D., Valean A.-M., Dărab J. D., Tăraș A. D., Sopterean L., Chetan F., Chetan C., Muresanu F. New data on wheat pests and their integrated control in the conservative no tillage soil system in Transylvania // *ProEnvironment*. 2019. Vol. 12, № 38. P. 221–230.
10. Ualiyeva R. M., Kaverina M. M., Ivanko L. N., Zhagazin S. B. Assessment of Spring Wheat Varieties for Pest Resistance // *Online Journal of Biological Sciences*. 2023. Vol. 23 (4). P. 489–503. DOI: 10.3844/ojbsci.2023.489.503
11. Zichina L. N., Nosov V. V., Zichin K. A. Seasonal Population Dynamics and Harmfulness of Wheat Thrips in Agrocenoses of Grain Crops // *Agriculture*. 2023. Vol. 13(1), P. 1–13. DOI: 10.3390/agriculture13010148

References

1. Emel'yanov N. A., Kritskaya E. E., Es'kov I. D., Lobachev Yu. V. Vredonosnost' pshenichnogo tripsa (*Haplothrips tritici kurd.*) na ozimoi i yarovoi pshenitse pri povrezhdenii generativnykh organov rastenii [Harmfulness of wheat thrips (*Haplothrips tritici kurd.*) on winter and spring wheat when the generative organs of plants are damaged] // *Agrarnyi nauchnyi zhurnal*. 2018. № 5. S. 19–25. DOI: 10.28983/asj.v0i5.469
2. Kurrum R., Gritsenko V. V. Vidovoi sostav tripsov (Insecta: Thysanoptera) na selektsionnykh posevakh yarovoi pshenitsy v RGAU-MSKHA imeni K. A. Timiryazeva [Varietal composition of thrips (Insecta: Thysanoptera) on breeding crops of spring wheat in the RGAU-MAA named after K. A. Timiryazev] // *Izvestiya Timiryazevskoi sel'skokhozyaistvennoi akademii*. 2023. № 1. S. 57–65. DOI: 10.26897/0021-342X-2023-1-57-65
3. Sharapov I. I., Sharapova Yu. A., Abdryaev M. R. Vliyanie meteouslovii na urozhainost' i sodержanie belka v zerne ozimoi pshenitsy [The effect of weather conditions on productivity and protein content in winter wheat grain] // *Sibirskii vestnik sel'skokhozyaistvennoi nauki*. 2023. T. 53, № 9. S. 40–48. DOI: 10.26898/0370-8799-2023-9-5
4. Abdillayev M., Bababekov Q. Wheat thrips (*Haplothrips tritici* Kurd.) damage on grain crops in Uzbekistan // *E3S Web of Conferences: International Conference on Sustainable Management of Earth Resources and Biodiversity (SERBEMA-2023)*. 2023. Vol. 421. P. 1–6. DOI: 10.1051/e3sconf/202342104001
5. Arif M., Waheed M. Q., Lohwasser U., Shokat S., Algudah A. M., Volkmar C., Börner A. Genetic insight into the insect resistance in bread wheat exploiting the untapped natural diversity // *Frontiers in Genetics*. 2022. Vol. 13. P. 1–19. DOI: 10.3389/fgene.2022.828905
6. Bauetdinov B. O., Sultanbaeva F. A.-K. Developmental Bioecology And Control Measures Of Sucking Pests In Wheat Biotope Of Karakalpakstan Agrobiocenosis // *The American Journal of Horticulture and Floriculture Research*. 2021. Vol. 3, № 2. P. 7–11. DOI: 10.37547/tajhfr/Volume03Issue02-02
7. Glazunova N. N., Bezgina Yu. A., Maznitsyna L. V., Drepa E. V., Ustimov D. V. Protection the winter wheat from pests in the south of Russia // *Research Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences*. 2018. Vol. 9, № 4. P. 578–582.
8. Malschi D., Tăraș A. D., Valean A.-M., Sopterean L., Suciu A. L., Dărab J. D., Chetan C., Tritean N. Wheat pest dynamics, forecasting and current importance of the attack, to develop integrated control system in the center of Transylvania // *Romanian Agricultural Research*. 2018. Vol. 35, P. 203–220. DOI: 10.59665/rar3525
9. Malschi D., Valean A.-M., Dărab J. D., Tăraș A. D., Sopterean L., Chetan F., Chetan C., Muresanu F. New data on wheat pests and their integrated control in the conservative no tillage soil system in Transylvania // *ProEnvironment*. 2019. Vol. 12, № 38. P. 221–230.

10. Ualiyeva R. M., Kaverina M. M., Ivanko L. N., Zhangazin S. B. Assessment of Spring Wheat Varieties for Pest Resistance // Online Journal of Biological Sciences. 2023. Vol. 23 (4). P. 489–503. DOI: 10.3844/ojbsci.2023.489.503

11. Zichcina L. N., Nosov V. V., Zichcin K. A. Seasonal Population Dynamics and Harmfulness of Wheat Thrips in Agroecosystems of Grain Crops // Agriculture. 2023. Vol. 13(1), P. 1–13. DOI: 10.3390/agriculture13010148

Поступила: 12.02.24; доработана после рецензирования: 01.03.24; принята к публикации: 01.03.24.

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. Шарапов И. И. – проведение систематических учетов численности пшеничного трипса и хищных трипсов по фенофазам развития озимой пшеницы. Определение численности, анализ данных и подготовка рукописи; Шарапова Ю. А. – определение численности, подготовка рукописи.

Все авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.