

# ЗЕРНОВОЕ ХОЗЯЙСТВО РОССИИ

## ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ

Т. 14, № 5. 2022 год

Учредитель: 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);  
**Голубова В. А.** – зам. главного редактора, канд. биол. н. (Зерноград, Россия);  
**Донцова А. А.** – ответственный секретарь, канд. с.-х. н. (Зерноград, Россия).

### РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ:

**Баталова Г. А.** – академик РАН, д-р с.-х. н., проф., ФГБНУ ФАНЦ Северо-Востока им. Н. В. Рудницкого (Киров, Россия);  
**Беспалова Л. А.** – академик РАН, д-р с.-х. н., проф., «Национальный центр зерна им. П. П. Лукьяненко» (Краснодар, Россия);  
**Волкова Г. В.** – д-р биол. н., ФГБНУ «ВНИИБЗР» (Краснодар, Россия);  
**Гончаренко А. А.** – академик РАН, д-р с.-х. н., проф., ФГБНУ «ФИЦ «Немчиновка» (Одинцово, Россия);  
**Давлетов Ф. А.** – д-р с.-х. н., Башкирский НИИСХ ФГБНУ УФИЦ РАН (Уфа, Россия).  
**Долженко В. И.** – академик РАН, д-р с.-х. н., проф., ФГБНУ «ВИЗР» (Санкт-Петербург, Россия);  
**Зезин Н. Н.** – д-р с.-х. н., ФГБНУ УрФАНИЦ УрО РАН (Екатеринбург, Россия);  
**Костылев П. И.** – д-р с.-х. н., проф., ФГБНУ «АНЦ «Донской» (Зерноград, Россия);  
**Лобачевский Я. П.** – академик РАН, д-р техн. н., проф., ФГБНУ ФНАЦ ВИМ (Москва, Россия);  
**Лукомец В. М.** – академик РАН, д-р с.-х. н., проф., ФГБНУ «ФНЦ «ВНИИМК» (Краснодар, Россия);  
**Медведев А. М.** – чл.-корр. РАН, д-р с.-х. н., проф., ФГБНУ «ФИЦ «Немчиновка» (Одинцово, Россия);  
**Пахомов В. И.** – д-р техн. наук, доцент, ФГБНУ «АНЦ «Донской» (Зерноград, Россия);  
**Подколзин А. И.** – д-р биол. н., проф., ФГБОУ ВО «Ставропольский ГАУ» (Ставрополь, Россия);  
**Романенко А. А.** – академик РАН, д-р с.-х. н., проф., «Национальный центр зерна им. П. П. Лукьяненко» (Краснодар, Россия);  
**Сандухадзе Б. И.** – академик РАН, д-р с.-х. н., проф., ФГБНУ «ФИЦ «Немчиновка» (Одинцово, Россия);  
**Сотченко В. С.** – академик РАН, д-р с.-х. н., ФГБНУ «ВНИИ кукурузы» (Пятигорск, Россия);  
**Храмцов И. Ф.** – академик РАН, д-р с.-х. н., проф., ФГБНУ «Омский АНЦ» (Омск, Россия);  
**Шевченко С. Н.** – академик РАН, д-р с.-х. н., Самарский НИИСХ (Самара, Россия).

### ИНОСТРАННЫЕ ЧЛЕНЫ РЕДАКЦИОННОЙ КОЛЛЕГИИ:

**Урбан Э. П.** – д-р с.-х. н., член-корр. НАН., РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию»  
(Жодино, Республика Беларусь);  
**Усенбеков Б. Н.** – канд. биол. н., проф., Институт биологии и биотехнологии растений (Алматы, Республика Казахстан);  
**Халил Сурек** – д-р н., Тракийский аграрный НИИ (Эдирне, Турция);  
**Юсупов Г. Ю.** – канд. с.-х. н., Министерство сельского и водного хозяйства 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 06.01.00 – агрономия). 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 – Скуйбедина О.Н.

Адрес редакции и издательства: 347740, Ростовская обл., г. Зерноград, Научный городок, 3.

Тел.: 8(86359) 43-6-89; e-mail: zhros.don@yandex.ru

Периодичность издания – 6 номеров. Подписано в печать 00.07.2022

Дата выхода 28.10.2022. Формат 60x84/8. Тираж 300. Заказ № 000

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

# GRAIN ECONOMY OF RUSSIA

## THEORETICAL AND SCIENCE PRACTICAL JOURNAL

### V. 14, № 5. 2022

The founder 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);  
**Golubova V. A.** – deputy chief editor, Cand. Sci. (Biology) (Zernograd, Russia);  
**Dontsova A. A.** – executive secretary, Cand. Sci. (Agriculture) (Zernograd, Russia).

#### EDITORIAL BOARD:

- Batalova G. A.**, Federal Agricultural Research Center of the East named N. V. Rudnitsky – Dr. Sci. (Agriculture), 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) (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);
- Zein N. N.**, Uralsky Research Institute of Agriculture – Dr. Sci. (Agriculture) (Ekaterinburg, Russia);
- Lobachevsky Ya. P.**, Federal Scientific Agroengineering Center VIM – Dr. Sci. (Technique), professor, academician of RAS (Moscow, Russia);  
**Kostylev P. I.**, Dr. Sci. (Agriculture), professor, FSBSI "ARC "Donskoy" (Zernograd, Russia);
- Lukomets V. M.**, Federal Scientific Center "V.S. Pustovoit 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), corresponding member of RAS (Odintsovo, Russia);  
**Pakhomov V. I.**, Agricultural Research Center "Donskoy" – Dr. Sci. (Technology), docent (Zernograd, Russia);  
**Podkolzin A. I.**, Stavropolsky State Agricultural University – Dr. Sci. (Biology), professor (Stavropol, Russia);
- Romanenko A. A.**, "P.P. Lukiyanenko National Center of Grain" – Dr. Sci. (Agriculture), professor, academician of RAS (Krasnodar, Russia);  
**Sandukhadze B. I.**, Federal Research Center "Nemchinovka" – Dr. Sci. (Agriculture), academician of RAS (Odintsovo, Russia);  
**Sotchenko V. S.**, All-Russian Research Institute of Maize – Dr. Sci. (Agriculture), academician of RAS (Pyatigorsk, Russia);  
**Khramtsov I. F.**, Omsk Agrarian Scientific Center – Dr. Sci. (Agriculture), professor, academician of RAS (Omsk, Russia);  
**Shevchenko S. N.**, Samara Federal Research Scientific Center of the Russian Academy of Sciences – Dr. Sci. (Agriculture), corresponding member 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), corresponding member of NAS (Zhodino, The Republic of Belarus);
- Usenbekov B.N.**, Institute of Plant biology and biotechnology– Cand. Sci. (Biology) (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 06.01.00 – Agronomy). 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, 3.

Tel.: 8(86359) 43-6-89; e-mail: zhros.don@yandex.ru

The journal is issued 6 times a year. Signed for publication 00.07.2022

The date of the issue is 28.10.2022. Format 60x84/8. Circulation 300. Order No 000

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

**СОДЕРЖАНИЕ**

**СЕЛЕКЦИЯ И СЕМЕНОВОДСТВО СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ РАСТЕНИЙ**

<b>Лебедева Н. С., Чумакова В. В., Сухарев С. А.</b> Результаты селекции эспарцета в Ставропольском крае	5
<b>Ашиев А. Р., Хабибуллин К. Н., Скулова М. В.</b> Скиф – новый сорт гороха посевного	10
<b>Вожжова Н. Н., Жогалева О. С., Дубина А. Ю., Костылев П. И.</b> Определение аллельного состояния гена толерантности к затоплению (Sub-1A) в селекционных образцах риса	15
<b>Блинник А. С., Лукашевич М. И., Демидова А. Г., Артемова О. Ю., Наумкин В. Н., Наумкина Л. А.</b> Урожайность и качество семян новых сортов и линий люпина белого в условиях Центрально-Черноземного региона	20
<b>Луговцова С. Ю., Ступко В. Ю.</b> Оценка стабильности линий регенерантов ячменя в рамках текущего селекционного процесса	26
<b>Игнатьев С. А., Регидин А. А., Кравченко Н. С., Горюнов К. Н.</b> Результаты оценки свойств адаптивности сортов эспарцета в условиях юга Ростовской области	33
<b>Пахотина И. В., Игнатьева Е. Ю., Белан И. А., Россеева Л. П., Солдатова Л. Т.</b> Сильные сорта – основа производства высококачественных продуктов переработки зерна мягкой пшеницы	39
<b>Копусь М. М., Кравченко Н. С., Алты-Садых Ю. Н., Иванисов М. М., Самофалов А. П.</b> Урожайность и SDS-седиментация перспективных сортов озимой мягкой пшеницы в зависимости от предшественников	47
<b>Кабашов А. Д., Колупаева А. С., Захаров В. Г., Власенко Н. М., Мишенькина О. Г., Яковлева О. Д., Лейбович Я. Г., Филоненко З. В., Разумовская Л. Г., Политыко П. М.</b> Новый сорт голозерного овса Азиль	52
<b>Засыпкина И. М., Филиппов Е. Г., Попова О. А.</b> Сравнительный анализ сортов озимого ячменя по урожайности и ее компонентов в условиях Ростовской области	59
<b>Кривошеев Г. Я., Игнатьев А. С., Лупинога Д. Р., Арженовская Ю. Б.</b> Новые гибриды кукурузы силосного использования	66
<b>Петровцева Н. А.</b> Новый высокоустойчивый к полеганию сорт озимой ржи Эврика	72
<b>Костылев П. И., Голубова В. А., Калинина Н. В., Вожжова Н. Н.</b> Изучение энергии начального роста растений риса в лабораторных условиях	77
<b>Сайфутдинова Д. Д., Пономарева М. Л., Илалова Л. В.</b> Формирование урожайности и качества зерна озимой ржи в условиях недостаточного увлажнения	84
<b>Филиппов Е. Г., Донцова А. А., Донцов Д. П., Дорошенко Э. С., Брагин Р. Н., Засыпкина И. М.</b> Сорт ярового ячменя Азимут	91

**ЗАЩИТА РАСТЕНИЙ**

<b>Пушня М. В., Снесарева Е. Г., Балахнина И. В., Пономарев А. В., Ермаков Я. С.</b> Западный кукурузный жук <i>Diabrotica virgifera virgifera</i> LeConte – опасный карантинный вредитель (обзор)	98
--	----

**CONTENTS**

**PLANT BREEDING AND SEED PRODUCTION OF AGRICULTURAL CROPS**

<b>Lebedeva N. S., Chumakova V. V., Sukharev S. A.</b> Results of sainfoin breeding in the Stavropol Territory	5
<b>Ashiev A. R., Khabibullin K. N., Skulova M. V.</b> A new pea variety 'Skif'	10
<b>Vozzhova N. N., Zhogaleva O. S., Dubina A. Yu., Kostylev P. I.</b> Identification of the allelic state of the flood tolerance gene (Sub-1A) in rice breeding samples	15
<b>Blinnik A. S., Lukashovich M. I., Demidova A. G., Artemova O. Yu., Naumkin V. N., Naumkina L. A.</b> Productivity and seed quality of the new white lupine varieties and lines in the Central Black-Earth region	20
<b>Lugovtsova S. Yu., Stupko V. Yu.</b> Estimation of the stability of barley regenerated lines within the current breeding process	26
<b>Ignatiev S. A., Regidin A. A., Kravchenko N. S., Goryunov K. N.</b> Results of estimating adaptability of sainfoin varieties in the south of the Rostov region	33
<b>Pakhotina I. V., Ignatieva E. Yu., Belan I. A., Rosseeva L. P., Soldatova L.T.</b> Strong varieties are the basis to produce high-quality processing products of bread wheat grain	39
<b>Kopus M. M., Kravchenko N. S., Alty-Sadykh Yu. N., Ivanisov M. M., Samofalov A. P.</b> Productivity and SDS-sedimentation of the promising winter bread wheat varieties depending on forecrops	47
<b>Kabashov A. D., Kolupaeva A. S., Zakharov V. G., Vlasenko N. M., Mishenkina O. G., Yakovleva O. D., Leybovich Ya. G., Filonenko Z. V., Razumovskaya L. G., Polityko P. M.</b> New hulless oat variety 'Azil'	52
<b>Zasypkina I. M., Filippov E. G., Popova O. A.</b> Comparative analysis of winter barley varieties according to productivity, its components and grain quality in the Rostov region	59
<b>Krivosheev G. Ya., Ignatiev A. S., Lupinoga D. R., Arzhenovskaya Yu. B.</b> The new maize hybrids for silage	66
<b>Petrovtseva N. A.</b> New highly lodging resistant winter rye variety 'Evrika'	72
<b>Kostylev P. I., Golubova V. A., Kalinina N. V., Vozzhova N. N.</b> Study of the initial growth energy of the rice samples in the laboratory conditions	77
<b>Saifutdinova D. D., Ponomareva M. L., Ilalova L. V.</b> Formation of winter rye productivity and grain quality under insufficient moisture	84
<b>Filippov E. G., Dontsova A. A., Dontsov D. P., Doroshenko E. S., Bragin R. N., Zasypkina I. M.</b> Spring barley variety 'Azimut'	91

**PLANT PROTECTION**

<b>Pushnya M. V., Sneseva E. G., Balakhnina I. V., Ponomarev A. V., Ermakov Ya. S.</b> Western corn rootworm <i>Diabrotica virgifera virgifera</i> LeConte – is a dangerous quarantine pest (review)	98
--	----

## СЕЛЕКЦИЯ И СЕМЕНОВОДСТВО СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ РАСТЕНИЙ

*Выдающемуся селекционеру по многолетним бобовым и злаковым травам, доктору сельскохозяйственных наук Виктору Васильевичу Кравцову в этом году исполнилось бы 85 лет. Новый сорт эспарцета закавказского Кравцов был внесен в Госреестр селекционных достижений РФ в 2021 г. уже после ухода основного автора из жизни. Статья посвящается памяти ученого-селекционера, 50 лет назад положившего начало селекционных и семеноводческих работ с кормовыми травами на Ставрополье.*

УДК 633.361:631.527(470.63)

DOI: 10.31367/2079-8725-2022-82-5-5-9

### РЕЗУЛЬТАТЫ СЕЛЕКЦИИ ЭСПАРЦЕТА В СТАВРОПОЛЬСКОМ КРАЕ

**Н. С. Лебедева**, научный сотрудник отдела селекции и первичного семеноводства кормовых и лекарственных трав, n.lebedeva@fnac.center, ORCID ID: 0000-0002-0565-1596;

**В. В. Чумакова**, ведущий научный сотрудник, заведующий отделом селекции и первичного семеноводства кормовых и лекарственных трав, v.chumakova@fnac.center, ORCID ID: 0000-0003-0913-6855;

**С. А. Сухарев**, аспирант, агроном-семеновод отдела селекции и первичного семеноводства кормовых и лекарственных трав, suharex@gmail.com, ORCID ID: 0000-0002-9062-7186

*ФГБНУ «Северо-Кавказский федеральный научный аграрный центр», 356241, Ставропольский край, г. Михайловск, ул. Никонова, д. 49*

Для современного сельскохозяйственного производства характерна возросшая потребность в специализированных высокопродуктивных взаимодополняющих сортах кормовых культур, приспособленных к конкретным природно-климатическим условиям, выращиваемых по различным технологиям для определенных групп животных. Среди многолетних бобовых трав на юге России особым спросом пользуется эспарцет. Цель наших исследований – оценка сортообразцов различных видов эспарцета и нового сорта эспарцета закавказского Кравцов по основным хозяйственно ценным признакам и свойствам при использовании на корм и семена. Исследование проводили в условиях зоны неустойчивого увлажнения Ставропольского края. Почва опытного поля представлена малогумусным мицелярно-карбонатным среднесуглинистым черноземом, содержание гумуса в пахотном слое 3,2 %, фосфора – 12 мг/кг, калия – 260 мг/кг. Складывающиеся погодные условия в период исследований позволили дать всестороннюю оценку изучаемого материала. По результатам конкурсного сортоиспытания из изученных трех видов культуры выделен сортообразец эспарцета закавказского, который по итогам государственного сортоиспытания в 2021 г. внесен в Государственный реестр РФ селекционных достижений с допуском использования во всех регионах страны. Новый сорт эспарцета закавказского Кравцов обладает комплексом хозяйственно ценных признаков: интенсивное весеннее и послеуходное отрастание, высокая облиственность (в первом укосе 42–45, во втором – 52–57 %), устойчивость к неблагоприятным факторам среды. Высота растений в фазу бутонизации составляет 110–115 см, что превышает высоту растений стандарта на 10–15 %. Сорт отличается высокой устойчивостью к засухе и полеганию. Толерантен к болезням и вредителям. Урожайность зеленой массы составляет 33,8; сена – 9,7; семян – 1,1 т/га. В сухой массе содержится 17 % сырого протеина. Масса 1000 семян составляет 23–25 г.

**Ключевые слова:** эспарцет, сорт, продуктивность, кормовая масса, семена.

**Для цитирования:** Лебедева Н. С., Чумакова В. В., Сухарев С. А. Результаты селекции эспарцета в Ставропольском крае // Зерновое хозяйство России. 2022. Т. 14, № 5. С. 5–9. DOI: 10.31367/2079-8725-2022-82-5-5-9.



### RESULTS OF SAINFOIN BREEDING IN THE STAVROPOL TERRITORY

**N. S. Lebedeva**, researcher of the department of breeding and primary seed production of feed grasses and herbs, n.lebedeva@fnac.center, ORCID ID: 0000-0002-0565-1596;

**V. V. Chumakova**, leading researcher, head of the department of breeding and primary seed production of feed grasses and herbs, v.chumakova@fnac.center, ORCID ID: 0000-0003-0913-6855;

**S. A. Sukharev**, post-graduate, agronomist-seed grower of the department of breeding and primary seed production of feed grasses and herbs, suharex@gmail.com, ORCID ID: 0000-0002-9062-7186

*FSBSI "North-Caucasus Federal Research "Agricultural Center", 356241 Stavropol Kray, Mikhaylovsk, Nikonov Str., 49; e-mail: info@fnac.center*

Modern Agricultural production is characterized by an increased need for specialized, highly productive, complementary varieties of feed crops adapted to specific natural and climatic conditions, grown using various technologies, for certain groups of animals. Among the perennial legumes in the south of Russia, sainfoin is in special demand. The purpose of the current study was to estimate the variety samples of various types of sainfoin and a new variety of Transcaucasian sainfoin 'Kravtsov' according to the main economically valuable traits and properties when used for feed and seeds. The study was carried out in the zone of unstable moisture in the Stavropol Territory. The soil of the experimental field was represented by low-humus micellar-carbonate medium loamy chernozem, with 3.2 % humus, 12 mg/kg phosphorus and 260 mg/kg potassium in the arable layer. The prevailing weather conditions during the research period made it possible to give a comprehensive estimation of the studied material. According to the results of Competitive Variety Testing, a variety sample of Transcaucasian sainfoin was selected from the studied three types of the crop, which, due to the results of the State Variety Testing in 2021, was included in the State List of Breeding Achievements of the Russian Federation with permission to use in all regions of the country. A new variety of Transcaucasian sainfoin 'Kravtsov' has a complex of such economically valuable traits as intensive spring and post-harvest regrowth, high foliage (42–45 % in the first cut, 52–57 % in the second cut), and resistance to unfavorable environmental factors. The plant height in the budding phase was 110–115 cm, which exceeded standard plants' height by 10–15 %. The variety is highly resistant to drought and lodging, tolerant to diseases and pests. The variety is highly productive with 33.8 t/ha of green mass, 9.7 t/ha of hay and 1.1 t/ha of seeds. There is 17% crude protein in dry matter. 1000-seed weight is 23–25 g.

**Keywords:** sainfoin, variety, productivity, feed mass, seeds.

**Введение.** Важнейшим условием дальнейшего развития животноводства является создание прочной кормовой базы. Для выполнения этой задачи важно увеличение не только валового сбора, но и получение полноценных кормов, в достаточном количестве содержащих белки, незаменимые аминокислоты, жиры, легкопереваримые углеводы, витамины, минеральные вещества и микроэлементы (Косолопов и Чернявских, 2022; Спиридонова, 2020; Зотиков и Вилюнов, 2021). Эспарцет отвечает всем этим требованиям. Не уступая по кормовой ценности люцерне и клеверу, эспарцет, особенно в сухостепных и полупустынных районах, имеет даже преимущество по урожайности кормовой массы и семян, устойчивости к неблагоприятным погодным условиям (Абатуров и Скопин, 2019). Эспарцет улучшает плодородие и структуру почвы, его можно использовать как противоэрозионную и медоносную культуру (Пухальский и др., 2021).

Эспарцет принадлежит к семейству Бобовые (*Leguminosae*), подсемейству мотыльковые (*Papilionaceae*), роду *Onobrychis* Adans. В диком состоянии этот род представлен большим числом видов. Большинство из них встречаются на Кавказе (27 видов), в Средней Азии (17 видов) и Украине (8 видов). В основном это многолетние травянистые растения, есть многолетние кустарники и однолетние травы (Косолопов и др., 2015).

Большое значение в расширении посевных площадей эспарцета имеет эспарцет закавказский. В сравнении с другими возделываемыми в культуре видами эспарцет закавказский (*Onobrychis transcaucasica*, Grossh.) отличается высокой устойчивостью к засухе и продуктивностью кормовой массы. Селекционная работа в нашей стране с эспарцетом направлена на создание адаптивных сортов, сочетающих высокую продуктивность кормовой массы и семян, хотя эти два признака трудно совместимы в одном генотипе (Регидин и Игнатъев, 2018; Regidin and Ignatiev, 2021; Игнатъев и др., 2022; Kapustin et al., 2018).

Цель наших исследований – оценка сортообразцов различных видов эспарцета и но-

вого сорта эспарцета закавказского Кравцов по основным хозяйственно ценным признакам и свойствам при использовании на корм и семена.

**Материалы и методы исследований.** Исследования перспективных сортообразцов трех видов эспарцета на этапе конкурсного сортоиспытания проводились на опытном поле ФГБНУ «Северо-Кавказский ФНАЦ» в 2014–2017 годах. Были изучены селекционные сортообразцы эспарцета закавказского СГП-зА-01, ярового СГП-Я-03 и донского СГП-Д-05 (основной автор В. В. Кравцов). Стандарт – сорт эспарцета закавказского Северокавказский двуукосный (оригинатор ФГБНУ АНЦ «Донской»).

Почва опытного поля представлена малогумусным мицелярно-карбонатным среднесуглинистым черноземом. Содержание элементов питания среднее. Глубина гумусного слоя 100–120 см, содержание гумуса в пахотном слое – 3,2 %, фосфора – 12 мг/кг, калия – 260 мг/кг (Кулинцев и др., 2013). Складывающиеся погодные условия в период исследований позволили дать всестороннюю оценку изучаемого материала.

Посев питомника конкурсного сортоиспытания проводили в весенние сроки, площадь делянки – 10 м<sup>2</sup>, повторность четырехкратная. В двух вариантах: сплошным рядовым способом при изучении продуктивности кормовой массы и широкорядным способом (ширина междурядья 70 см) при изучении семенной продуктивности. В процессе исследований использовались стандартные методические материалы (Методика государственного сортоиспытания, 2019). Сорта в питомниках конкурсного сортоиспытания оценивали по таким критериям, как весеннее и послеукосное отрастание, высота в укосную спелость, облиственность, урожайность зеленой и сухой массы, семян. Статистическую обработку данных проводили по Б. А. Доспехову (2014).

**Результаты и их обсуждение.** Конкурсное сортоиспытание трех перспективных сортообразцов эспарцета закавказского, ярового и донского позволило получить хозяйственно-биологическую характеристику различных

видов и выделить в условиях зоны неустойчивого увлажнения Ставропольского края перспективный материал для передачи на государственное сортоиспытание.

Исследования показали, что урожайность зеленой массы стандарта эспарцета Северокавказский двуукосный в I цикле составила 28,3 т/га, во II цикле – 28,2 т/га. Сортообразец эспарцета закавказского СГП-зА-01 превысил урожайность стандарта в I цикле на 6,1 т/га (18 %), во II цикле – на 5,0 т/га (15 %). Перспективные сорта эспарцета ярового СГП-Я-03 и донского СГП-Д-05 также существенно превысили среднюю урожайность зеленой массы стандарта в I цикле на 1,0 т/га (9,5 %) и 1,4 т/га (10,2 %), во II цикле – 3,8 т/га (13,5 %) и 4,4 т/га (15,7 %) соответственно. Сортообразец эспарцета закавказского СГП-зА-01 на протяжении испытаний формировал стабильную

урожайность зеленой и сухой массы, превышая сорта-конкуренты на 3,2–10,9 %.

Сбор воздушно-сухой массы у стандарта эспарцета Северокавказский двуукосный в I цикле составил 8,3 т/га, во II цикле – 8,0 т/га. Сортообразцы СГП-Я-03, СГП-Д-05 превысили урожайность стандарта в I цикле на 10,8 и 9,6 %, во II цикле – на 11,2 и 10,0 % соответственно, а сортообразец эспарцета закавказского СГП-зА-01 существенно превышал стандарт в двух циклах испытания на 15–17 %.

В двух циклах конкурсного испытания сортообразцы эспарцета ярового СГП-Я-03 и донского СГП-Д-05 по урожайности семян превысили показатели стандарта на 13,5–14,0 и 12,3–12,8 % соответственно, у перспективного сорта СГП-зА-01 отмечена прибавка в 21 и 20 % (табл.).

**Продуктивность видов и сортообразцов эспарцета в конкурсном сортоиспытании (2015–2018 гг.), т/га**  
**Productivity of sainfoin varieties and variety samples in the Competitive Variety Testing (2015–2018), t/ha**

Вид Сорт	I цикл, посев 2014 г.			Среднее за цикл	II цикл, посев 2015 г.			Среднее за цикл
	1	2	3		1	2	3	
Год пользования травостоем								
Зеленая масса								
Эспарцет закавказский Северокавказский двуукосный, St.	29,5	29,7	27,6	28,3	28,5	26,9	29,1	28,2
Эспарцет закавказский СГП-зА-01 (Кравцов)	35,8	34,6	32,8	34,4	32,5	34,0	33,1	33,2
Эспарцет яровой СГП-Я-03	33,1	32,6	28,6	31,0	31,8	32,8	31,0	32,0
Эспарцет донской СГП-Д-05	31,6	33,0	29,0	31,2	31,9	33,2	32,4	32,6
НСР <sub>05</sub>	1,7	2,0	2,5	–	2,0	2,4	2,3	–
Сухая масса								
Эспарцет закавказский Северокавказский двуукосный, St.	8,7	8,5	7,9	8,3	8,2	7,6	8,2	8,0
Эспарцет закавказский СГП-зА-01 (Кравцов)	10,2	9,7	9,4	9,8	9,4	9,8	9,5	9,6
Эспарцет яровой СГП-Я-03	9,6	9,0	8,8	9,1	9,1	8,7	8,6	8,8
Эспарцет донской СГП-Д-05	9,1	9,6	8,9	9,2	9,2	9,0	5,5	8,9
НСР <sub>05</sub>	1,03	0,87	1,05	–	1,03	0,9	1,09	–
Семена								
Эспарцет закавказский Северокавказский двуукосный, St.	0,83	0,79	0,82	0,81	0,72	0,78	0,83	0,78
Эспарцет закавказский СГП-зА-01 (Кравцов)	1,03	0,97	1,05	1,02	1,03	0,96	1,09	1,00
Эспарцет яровой СГП-Я-03	0,92	0,89	0,93	0,91	0,87	0,89	0,9	0,88
Эспарцет донской СГП-Д-05	0,94	0,85	0,96	0,92	0,88	0,94	0,87	0,89
НСР <sub>05</sub>	0,034	0,031	0,035	–	0,029	0,03	0,033	–

Облиственность растений изученных сортообразцов в первом и втором укосе составляла 42–45 и 52–57 % соответственно, у стандарта – 40 и 50 %. Все испытываемые сортообразцы были высокорослыми, с высотой растений в фазу бутонизации 110–115 см, что превышало высоту растений стандарта на 10–15 %.

Выделившийся в сравнении со стандартным сортом эспарцета Северокавказский двуукосный и сортообразцами других видов сортообразец эспарцета закавказского СГП-зА-01 под названием Кравцов был передан в 2019 г. на государственное сортоиспытание. Сорт совместил в своем генотипе многие ценные хозяйственные признаки: интенсивное весеннее

и послеукосное отрастание, мощность развития и высоту травостоя, урожайность кормовой массы и семян, облиственность, устойчивость к полеганию, болезням и вредителям. В сухой кормовой массе содержится 17 % сырого протеина. Масса 1000 семян составляет 23–25 г. По результатам государственного сортоиспытания в 2021 г. новый сорт внесен в Государственный реестр селекционных достижений РФ с допуском использования во всех регионах страны.

**Выводы.** Конкурсное сортоиспытание перспективных сортообразцов эспарцета закавказского, ярового и донского в сравнении со стандартным сортом эспарцета за-

кавказского Северокавказский двуукосный выявило их достоинства для использования в качестве ценной кормовой культуры в условиях Ставропольского края. Комплексом хозяйственно ценных признаков и свойств обладает новый высокоурожайный сорт эспарцета закавказского Кравцов, который пре-

высил урожайность стандарта по зеленой массе на 15–18%, сбору сена – на 18–17%, а по урожайности семян – на 20–21%. Сорт внесен в Государственный реестр РФ селекционных достижений с 2021 года и допущен к использованию во всех регионах страны.

#### Библиографические ссылки

1. Абатуров Б. Д., Скопин А. Е. Злаки и разнотравье на степных пастбищах, их токсические свойства и сравнительная роль в питании растительноядных млекопитающих // Журнал общей биологии. 2019. Т. 80, № 3. С. 226–237. DOI: 10.1134/S0044459619030035.
2. Зотиков В. И., Вилунов С. Д. Современная селекция зернобобовых и крупяных культур в России // Вавиловский журнал генетики и селекции. 2021. Т. 25, № 4. С. 381–387. DOI: 10.18699/VJ21.041.
3. Игнатъев С. А., Регидин А. А. Результативность селекции эспарцета на кормовую и семенную продуктивность // Зерновое хозяйство России. 2018. № 3(57). С. 49–52. DOI: 10.31367/2079-8725-2018-57-3-49-52.
4. Игнатъев С. А., Регидин А. А., Горюнов К. Н., Грязева Т. В., Кравченко Н. С., Шишкин Н. В. Хозяйственно-биологические признаки и результаты изучения нового сорта эспарцета песчаного (*Onobrychis arenaria*) Атаманский 20 // Зерновое хозяйство России. 2022. № 1(79). С. 46–51. DOI: 10.31367/2079-8725-2022-79-1-46-51.
5. Косолапов В. М., Чернявских В. И. Кормопроизводство: состояние, проблемы и роль ФНЦ «ВИК им. В. Р. Вильямса» в их решении // Достижения науки техники АПК. 2022. Т. 36, № 4. С. 5–14. DOI: 10.53859/02352451\_2022\_36\_4\_5.
6. Основные виды и сорта кормовых культур (итоги научной деятельности Центрального селекционного центра): монография / В. М. Косолапов, З. Ш. Шамсутдинов, Г. И. Ившин [и др.]. М.: Наука, 2015, 545 с.
7. Пухальский В. А., Билинская Е. Н., Кудрявцев А. М. Сравнительное изучение генетического разнообразия современных сортов яровой мягкой пшеницы (*Triticum aestivum* L.) России на основе отягощенности их генами гибридного некроза // Генетика. 2021. Т. 57, № 8. С. 925–934. DOI: 10.31857/S0016675821080129.
8. Система земледелия нового поколения Ставропольского края: монография / В. В. Кулинцев, Е. И. Годунова, Л. И. Желнакова [и др.]. Ставрополь: АГРУС СтГАУ, 2013. 520 с.
9. Спиридонов А. М. Продуктивность сортов люцерны изменчивой и синей в условиях Северо-Запада России // Сельскохозяйственные науки. Агрономия. 2020. С. 16–22. DOI: 10.24411/2078-1318-2020-13016.
10. Kapustin S., Volodin A., Kravtsov V., Lebedeva N., Kapustin A. The combinational capacity of the lines and the level of heterosis in the hybrids of grain sorghum // Research journal of pharmaceutical, biological and chemical sciences. 2018. Vol. 9, № 4. P. 1547–1556. DOI: 10.25930/6rnw-xk55.
11. Regidin A., Ignatiev S. The study of the sources of valuable economic and biological traits in the collection nursery of sainfoin // IOP Conf. Ser.: Earth Environ. Sci. 2021. Vol. 937. P. 022124 DOI: 10.1088/1755-1315/937/2/022124.

#### References

1. Abaturov B. D., Skopin A. E. Zlaki i raznotrav'e na stepnykh pastbishchakh, ikh toksicheskie svoystva i sravnitel'naya rol' v pitanii rastitel'noyadnykh mlekopitayushchikh [Grain crops and mixed herbs on steppe pastures, their toxic properties and comparative role in the nutrition of herbivores] // Zhurnal obshchei biologii. 2019. T. 80, № 3. S. 226–237. DOI: 10.1134/S0044459619030035.
2. Zotikov V. I., Vilyunov S. D. Sovremennaya selektsiya zernobobovykh i krupyanykh kul'tur v Rossii [Current breeding of leguminous and cereal crops in Russia] // Vavilovskii zhurnal genetiki i selektsii. 2021. T. 25, № 4. S. 381–387. DOI: 10.18699/VJ21.041
3. Ignat'ev S. A., Regidin A. A. Rezul'tativnost' selektsii espartseta na kormovuyu i semennuyu produktivnost' [The effectiveness of sainfoin breeding for feed and seed productivity] // Zernovoe khozyaistvo Rossii. 2018. № 3(57). S. 49–52. DOI: 10.31367/2079-8725-2018-57-3-49-52.
4. Ignat'ev S. A., Regidin A. A., Goryunov K. N., Gryazeva T. V., Kravchenko N. S., Shishkin N. V. Khozyaistvenno-biologicheskie priznaki i rezul'taty izucheniya novogo sorta espartseta peschanogo (*Onobrychis arenaria*) Atamanskii 20 [Economic and biological traits and study results of a new sandy sainfoin variety (*Onobrychis arenaria*) 'Atamansky 20'] // Zernovoe khozyaistvo Rossii. 2022. № 1(79). S. 46–51. DOI: 10.31367/2079-8725-2022-79-1-46-51.
5. Kosolapov V. M., Chernyavskikh V. I. Kormoproizvodstvo: sostoyanie, problemy i rol' FNTs «VIK im. V. R. Vil'yamsa» v ikh reshenii [Feed production: state, problems, and role of the Federal Williams Research Center of Forage Production & Agroecology in their decision] // Dostizheniya nauki tekhniki APK. 2022. T. 36, № 4. S. 5–14. DOI: 10.53859/02352451-2022-36-4-5.
6. Osnovnye vidy i sorta kormovykh kul'tur (itogi nauchnoi deyatel'nosti Tsentral'nogo selektsionnogo tsentra): Monografiya [The main types and varieties of feed crops (results of research activity of the Central Breeding Center): monograph] / V. M. Kosolapov, Z. Sh. Shamsutdinov, G. I. Ivshin i dr. M.: Nauka, 2015. 545 s.
7. Pukhal'skii V. A., Bilinskaya E. N., Kudryavtsev A. M. Sravnitel'noe izuchenie geneticheskogo raznoobraziya sovremennykh sortov yarovoi myagkoi pshenitsy (*Triticum aestivum* L.) Rossii na osnove otyagoshchennosti ikh genami gibridnogo nekroza [Comparative study of the genetic diversity of modern

spring bread wheat varieties (*Triticum aestivum* L.) of Russia based on their burden with hybrid necrosis genes] // Genetika. 2021. T. 57, № 8. S. 925–934. DOI: 10.31857/S0016675821080129.

8. Sistema zemledeliya novogo pokoleniya Stavropol'skogo kraya: monografiya [The new generation farming system of the Stavropol Territory: monograph] / V. V. Kulintsev, E. I. Godunova, L. I. Zhelnakova i dr. Stavropol': AGRUS StGAU, 2013. 520 s.

9. Spiridonov A. M. Produktivnost' sortov lyutserny izmenchivoi i sinei v usloviyakh Severo-Zapada Rossii [Productivity of variable and blue alfalfa varieties in the conditions of the North-West of Russia] // Sel'skokhozyaistvennye nauki. Agronomiya. 2020. S. 16–22. DOI: 10.24411/2078-1318-2020-13016.

10. Kapustin S., Volodin A., Kravtsov V., Lebedeva N., Kapustin A. The combinational capacity of the lines and the level of heterosis in the hybrids of grain sorghum // Research journal of pharmaceutical, biological and chemical sciences. 2018. Vol. 9, № 4. P. 1547–1556. DOI: 10.25930/6rnw-xk55.

11. Regidin A., Ignatiev S. The study of the sources of valuable economic and biological traits in the collection nursery of sainfoin // IOP Conf. Ser.: Earth Environ. Sci. 2021. Vol. 937. P. 022124. DOI: 10.1088/1755-1315/937/2/022124.

Поступила: 31.08.22; доработана после рецензирования: 20.09.22; принята к публикации: 26.09.22.

**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.** Лебедева Н. С. – сбор, анализ данных и подготовка рукописи; Чумакова В. В. – концептуализация исследования, интерпретация данных, подготовка рукописи; Сухарев С. А. – сбор и анализ данных.

**Все авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.**

## СКИФ – НОВЫЙ СОРТ ГОРОХА ПОСЕВНОГО

**А. Р. Ашиев**, кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник лаборатории селекции и семеноводства зернобобовых культур, arkady.ashiev@yandex.ru, ORCID ID: 0000-0002-2101-2321;

**К. Н. Хабибуллин**, младший научный сотрудник лаборатории селекции и семеноводства зернобобовых культур, kira1992k@yandex.ru, ORCID ID: 0000-0003-4136-1649;

**М. В. Скулова**, агроном лаборатории селекции и семеноводства зернобобовых культур, povolotskaya68@mail.ru, ORCID ID: 0000-0001-7382-4703  
ФГБНУ «Аграрный научный центр «Донской»,  
347740, Ростовская обл., г. Зерноград, Научный городок, 3; e-mail: vniizk30@mail.ru

Широкое распространение гороха среди зернобобовых культур связано с разнообразным его применением. Зерно используют в пищевых и кормовых целях, а зеленая масса – отличный высокобелковый корм для животных. Существенная роль в повышении урожайности и увеличении валовых сборов гороха отводится селекции путем создания новых, адаптивных к условиям возделывания, продуктивных сортов. Селекция позволила сменить традиционные сорта гороха листочкового типа с большой биомассой на усатые формы с детерминантным стеблем. Новые сорта повысили валовые сборы и технологичность возделывания гороха в сельскохозяйственном производстве. Создание таких сортов гороха актуально и на сегодняшний день. Исходя из вышесказанного, целью наших исследований являлось создание нового сорта гороха, сочетающего высокую продуктивность, устойчивость к экстремальным факторам среды с высокими кормовыми и пищевыми качествами.

В результате проведенной селекционной работы выделена перспективная линия гороха посевного Г-1002, которая передана на Государственное сортоиспытание РФ под названием Скиф в 2021 году. В конкурсном сортоиспытании (2019–2021 гг.) урожайность сорта составила от 2,10 до 3,81 т/га, что выше стандартного сорта Аксайский усатый 5 (1,90–3,42 т/га) на 0,23 т/га в среднем за годы испытаний. Анализ структуры урожая сорта Скиф показал, что прибавка урожая семян гороха данного сорта сформировалась за счет большей семенной продуктивности одного растения (2,4 г) и большего количества семян с одного растения (15,7 шт.), чем у стандартного сорта Аксайский усатый 5 (2,2 г и 13,0 шт. соответственно).

Сорт характеризуется высоким потенциалом семенной продуктивности, устойчивостью к негативным воздействиям окружающей среды, технологичностью, имеет невысокий стебель, усатые листья и неосыпающиеся семена. Содержание белка в зерне от 25,0 до 25,8 %. Заложенные в сорт положительные качества позволяют с успехом выращивать его в рекомендованных регионах возделывания, а также использовать в дальнейшей селекции в качестве исходного материала. Расчет экономической эффективности от возделывания сорта показал прибавку до 4000–5000 руб./га.

**Ключевые слова:** горох, сорт, сортоиспытание, урожайность семян, качество, белок.

**Для цитирования:** Ашиев А. Р., Хабибуллин К. Н., Скулова М. В. Скиф – новый сорт гороха посевного // Зерновое хозяйство России. 2022. Т. 14, № 5. С. 10–14. DOI: 10.31367/2079-8725-2022-82-5-10-14.



## A NEW PEA VARIETY 'SKIF'

**A. R. Ashiev**, candidate of Agricultural Sciences, leading researcher of the laboratory for legumes breeding and seed production, arkady.ashiev@yandex.ru, ORCID ID: 0000-0002-2101-2321;

**K. N. Khabibullin**, junior researcher of the laboratory for legumes breeding and seed production, kira1992k@yandex.ru, ORCID ID: 0000-0003-4136-1649;

**M. V. Skulova**, agronomist of the laboratory for legumes breeding and seed production, povolotskaya68@mail.ru, ORCID ID: 0000-0001-7382-4703  
FSBSI "Agricultural Research Center "Donskoy",  
347740, Rostov region, Zernograd, Nauchny Gorodok, 3; e-mail: vniizk30@mail.ru

The wide distribution of peas among leguminous crops relates to its diverse use. Grain is used for food and feed; green mass is an excellent high-protein animal feed. A significant role in improving productivity and increasing the gross harvest of peas is given to breeding by developing new productive varieties that are adaptive to cultivation conditions. Breeding made it possible to change the traditional leaf-type pea varieties with a large biomass to mustachioed forms with a determinate stem. New varieties have increased the gross harvest and the manufacturability of pea cultivation in agricultural production. The development of such pea varieties is still relevant today. In this regard, the purpose of the current paper was to develop a new pea variety that combines high productivity, resistance to extreme environmental factors with high feed and nutritional traits.

As a result of the breeding work, there has been developed a promising pea line 'G-1002', which was sent to the State Variety Testing of the Russian Federation under the name 'Skif' in 2021. In the Competitive Variety Testing (2019–2021), the variety's yield was from 2.10 to 3.81 t/ha, which is higher than that of the standard variety 'Aksaisky Usatyi 5' (1.90–3.42 t/ha) on 0.23 t/ha on average over the years of testing. Analysis of the yield structure of the variety 'Skif' has shown that the yield increase of the variety 'Skif' was due to a higher seed productivity of one plant (2.4 g) and a larger number of seeds per plant (15.7 pcs.) than that of the standard variety 'Aksaisky Usatyi 5' (2.2 g and 13.0 pcs., respectively).

The variety is characterized by a high potential for seed productivity, resistance to negative environmental effects, manufacturability, having a low stem, mustachioed leaves, and non-shattering seeds. The protein percentage in seeds ranged from 25.0 to 25.8 %. The positive qualities inherent in the variety make it possible to successfully cultivate it in the recommended cultivation regions, as well as to use it in further breeding process as an initial material. The calculation of economic efficiency of a variety cultivation showed an increase of up to 4000–5000 rubles per hectare.

**Keywords:** peas, variety, variety testing, seed productivity, quality, protein.

**Введение.** Горох – одна из самых распространенных зернобобовых культур в мире. Это обусловлено широким его применением. Семена гороха используют в пищевых и кормовых целях, а его зеленая масса – отличный высокобелковый корм для животных (Дьяченко и Слугина, 2018). Решению проблемы получения пищевого и кормового белка способствует создание новых, адаптивных к условиям возделывания, продуктивных сортов (Лысенко, 2022). В повышении урожайности и увеличении валовых сборов гороха существенную роль играют селекция и семеноводство (Давлетов и др., 2020). За последние полвека традиционные сорта гороха листочкового типа с большой биомассой сменились усатыми формами с детерминантным стеблем. Их внедрение в сельскохозяйственное производство позволило повысить технологичность возделывания и валовые сборы гороха (Катюк, 2020). В настоящее время селекция гороха ведется в направлении создания скороспелых, высокоурожайных, технологичных, адаптивных к местным условиям сортов. Новые сорта гороха должны быть с высоким качеством продукции, устойчивы к полеганию и осыпанию семян, отрицательному влиянию климатических факторов на стабильность урожайности (Давлетов и др., 2022; Стасюк и др., 2021). В традиционном селекционном процессе гибридизация является средством передачи генетической информации посредством эффективного комбинирования известных генов (Гулятьева и др., 2020). Это позволяет достичь значительных успехов в повышении урожайности и качества зерна гороха.

Цель наших исследований заключалась в создании нового сорта гороха, сочетающего высокую продуктивность, устойчивость к экстремальным факторам среды с высокими кормовыми и пищевыми качествами.

#### **Материалы и методы исследований.**

Исследования проводили в лаборатории селекции и семеноводства зернобобовых культур ФГБНУ «АНЦ «Донской», расположенного в южной зоне Ростовской области – зоне неустойчивого увлажнения (г. Зерноград).

Опытный участок находится в селекционном севообороте ФГБНУ «АНЦ «Донской».

Предшественник – озимая пшеница. Почва является обыкновенным карбонатным черноземом (предкавказский карбонатный). Мощность гумусового горизонта до 140 см. Содержание гумуса в пахотном слое 3,2 %, подвижного фосфора – в пределах 20–23 мг/кг, обменного калия – 300–380 мг/кг почвы. Условия проведения исследований характеризуются полузасушливым климатом с умеренно жарким летом и умеренно холодной зимой. ГТК – 0,80–0,85, годовое количество осад-

ков – 450–500 мм. Среднегодовое количество осадков – 450–500 мм. Среднегодовое количество осадков – 450–500 мм. Среднегодовое количество осадков – 450–500 мм. Средняя температура воздуха 8,4–9,2 °С, сумма температур воздуха свыше 10 °С – 3200–3400 °С, продолжительность безморозного периода – 175–185 дней. Сумма осадков за год – 341–417 мм, из них в теплое время года – 180–235 мм (2013).

В период конкурсного сортоиспытания (2019–2021 гг.) сложились различные агроклиматические условия. По данным метеостанции «Зерноград», весной 2019 г. обильные осадки и оптимальные температуры положительно повлияли на интенсивность роста и развития растений гороха в фазе «всходы – бутонизация». Однако нарастающие температуры воздуха в конце мая и повышенные температуры (выше среднегодовых данных на 2,2 °С) на фоне острого дефицита осадков в июне (10,8 мм при норме 71,3 мм) привели к тому, что цветение и дальнейшая вегетация прошли ускоренными темпами. Это отрицательно сказалось на завязываемости бобов, привело к сокращению притока питательных веществ во время налива семян и, как следствие, снижению урожайности.

Весной 2020 г. сухой и теплый март, сухой и прохладный апрель привели к увеличению периода «всходы – цветение» до 50–60 дней. Майские осадки и пониженные температуры создали благоприятные условия для цветения растений гороха. Налив и созревание семян гороха проходили в условиях дефицита осадков (54 % от среднегодовых) и средней температуре воздуха 23,1 °С в июне (среднегодовое – 25,2 °С). Это привело к снижению массы 1000 семян из-за их усыхания и потере урожайности.

В 2021 г. благодаря обильным весенним осадкам был перекрыт дефицит запаса продуктивной влаги в почве, создавшийся за осенне-зимний период. Дальнейшие обильные осадки с марта по июнь и благоприятный температурный режим, который был выше среднегодовых показателей на 0,2–1,6 °С, сформировали благоприятные условия для всего периода вегетации гороха. Это позволило получить наибольший урожай семян за период конкурсного сортоиспытания.

Исследования проводили в соответствии с методикой Государственной комиссии по сортоиспытанию сельскохозяйственных культур (1985) и методикой полевого опыта Б. А. Доспехова (1985).

При создании сорта гороха Скиф пользовались общепринятой схемой селекционного процесса для самоопыляющихся культур. Селекционный питомник высевали автоматической кассетной сеялкой СКС-6-10, длина ряда 1,0 м, междурядья – 0,45 м. Контрольный

питомник, предварительное и конкурсное сортоиспытания закладывали с помощью сеялки ССФК-7. Делянки семирядковые, междурядья 15 см. Площадь делянок в контрольном питомнике – 5 м<sup>2</sup>, в предварительном и конкурсном сортоиспытании – 20 м<sup>2</sup>.

Через каждые 10 номеров в питомниках был размещен стандарт, в качестве которого использовали сорт гороха Аксайский усатый 5.

Конкурсное сортоиспытание высевали в оптимальные сроки – третья декада марта, первая декада апреля.

В период вегетации проводили фенологические наблюдения и оценку, биометрические измерения. В фазе «бутонизация – цветение» посевы обрабатывали против вредителей.

Обмолот снопов и уборку питомников производили малогабаритным комбайном «Wintersteiger Classic» при достижении семенами полной спелости.

Семена гороха оценивали по биохимическим показателям с использованием инфракрасного анализатора «Spectra star 2200» в лаборатории биохимической оценки ФГБНУ «АНЦ «Донской».

Для статистической обработки полученных результатов использовали методы дисперсионного и корреляционного анализа и программу EXCEL с надстройкой CXSTAT.

**Результаты и их обсуждение.** Сорт гороха Скиф создан методом внутривидовой гиб-

ридизации с последующим многократным индивидуальным отбором из гибридной комбинации сортов Аксайский усатый 7 (ФГБНУ «ФРАНЦ», РФ) и Сармат (ФГБНУ «ФРАНЦ», РФ). Скрещивание было проведено в 2005 году. После проведения многократных оценок и отборов в 2011 г. было выделено элитное растение. Дальнейшее изучение в контрольном питомнике, предварительном и конкурсном сортоиспытаниях линия проходила под номером Г-1002.

Сорт Скиф относится к разновидности *ecaducum*. Она характеризуется наличием рецессивного гена неосыпаемости семян (*def*). Всходы зеленые, стебель простой, зеленый, в период цветения толстый, полый, прочный. Длина стебля – 65–75 см. Число междоузлий до первого соцветия – 10–12, общее количество – 13–15. Листья усатого морфотипа. Прилистники полусердцевидные, зеленые, без антоциана в пазухе листа. Соцветие – двуцветковая кисть. Цветки крупные, венчик белый. Бобы прямые или слабоизогнутые, с тупой верхушкой, средние (длина 5,5–6,5 см, ширина 0,8–1,1 см), содержит 4–7 семян. Тип боба – луцильный. Количество бобов на растении – 4–6 шт. Семена желтовато-розовые, округлые, гладкие, матовые. Рубчик отсутствует вследствие срастания семяножки с семенной кожурой. Масса 1000 семян – 151 г, диаметр семени – 4,5–6,5 мм (рисунок).



Растение, бобы и семена гороха посевного сорта Скиф  
Plant, beans, and seeds of the pea variety 'Skif'

Сорт Скиф – среднеранний, от всходов до хозяйственной спелости, в среднем за 2019–2021 гг., проходит 81 день, что на 2 дня раньше стандартного сорта Аксайский усатый 5 (табл.).

**Показатели сорта гороха посевного Скиф (КСИ, 2019–2021 гг.)**  
**Indicators of the pea variety 'Skif' (CVT, 2019–2021)**

Показатели	Скиф				Аксайский усатый 5 – стандарт			
	2019 г.	2020 г.	2021 г.	среднее	2019 г.	2020 г.	2021 г.	среднее
Продолжительность периода всходы – полная спелость, сут.	78	87	77	81	80	89	80	83
Масса 1000 семян, г	142	145	166	151	164	163	171	166
Число семян с растения, шт.	12,6	14,0	20,5	15,7	10,4	11,0	17,5	13,0
Масса семян с одного растения, г	1,8	2,0	3,4	2,4	1,7	1,8	3,0	2,2
Содержание белка, %	25,8	25,0	25,9	25,6	26,5	23,9	25,7	25,4
Урожайность, т/га	2,10	2,17	3,81	2,69	1,90	2,07	3,42	2,46
Отклонение, ± т/га	+0,20	+0,10	+0,39	+0,23				
НСР <sub>05</sub> т/га	0,16	0,18	0,23	0,20				

За годы изучения в конкурсном сортоиспытании (2019–2021 гг.) сорт Скиф формировал урожайность от 2,10 до 3,81 т/га, что в среднем выше стандарта (1,90–3,42 т/га) на 0,23 т/га. В 2019 и 2020 гг. погодные условия сложились неблагоприятно, особенно в период созревания, урожайность семян сорта Скиф составила 2,10 и 2,17 т/га соответственно. В 2021 г. сформировались наилучшие условия в течение всего периода вегетации гороха, и урожайность нового сорта составила 3,81 т/га.

Нужно отметить, что условия вегетации 2021 г. позволили получить наибольшие показатели за годы изучения сорта Скиф в конкурсном сортоиспытании не только по урожайности семян гороха, но и по составляющим ее структурным элементам, таким как: масса 1000 семян, количество семян с одного растения, масса семян с одного растения.

Анализ элементов структуры урожая в среднем за 3 года показал, что прибавка урожая семян гороха сорта Скиф (0,23 т/га) формировалась за счет большей семенной продуктивности одного растения (2,4 г) в сравнении со стандартным сортом Аксайский усатый 5 (2,2 г). Это достигнуто за счет формирования большего количества семян с одного растения (15,7 шт.) у сорта Скиф, чем у стандартного сорта (13,0 шт.), при меньшей крупности семян у сорта Скиф, чем у стандарта (масса 1000 семян 151 г и 166 г соответственно).

Содержание белка в семенах нового сорта гороха варьировало в годы проведения конкурсного сортоиспытания от 25,0 до 25,8%. Назначение сорта – использование на продовольственные и фуражные цели.

Экономическая оценка эффективности возделывания сорта Скиф показала сбор дополнительного урожая в сравнении со стандартным сортом до 4000–5000 руб./га. У сорта Скиф она формируется за счет высокой семенной продуктивности, устойчивости к негативным воздействиям окружающей среды, технологичности сорта (невысокий стебель, усатые листья, неосыпающиеся семена).

По результатам проведения конкурсного сортоиспытания в 2019–2021 гг. линия гороха Г-1002 под названием Скиф была передана на Государственное сортоиспытание РФ в 2021 году.

Сорт рекомендован для изучения в Северо-Кавказском, Центральном-Черноземном, Средневолжском регионах РФ.

**Выводы.** Сорт гороха Скиф характеризуется высоким потенциалом семенной продуктивности, устойчивости к негативным воздействиям окружающей среды. Сорт отличается технологичностью (невысокий стебель, усатые листья, неосыпающиеся семена) и высоким содержанием белка в семенах. Заложенные в сорт положительные качества позволяют с успехом выращивать его в рекомендованных регионах возделывания, а также использовать в дальнейшей селекции в качестве исходного материала. Расчет экономической эффективности возделывания сорта показал выход дополнительной продукции на 4000–5000 руб./га, который формируется за счет технологичности сорта, снижения уборочных потерь семян.

\*Работа выполнена в рамках государственного задания Минобрнауки России АААА-А19-119021990050-1.

#### Библиографические ссылки

1. Гулятьева Е. И., Сибикеев С. Н., Дружин А. Е., Шайдаук Е. Л. Расширение генетического разнообразия сортов яровой мягкой пшеницы по устойчивости к бурой ржавчине (*Puccinia triticina* Erikss.) в Нижнем Поволжье // Сельскохозяйственная биология. 2020. Т. 55, № 1. С. 27–44. DOI: 10.15389/agrobiology.2020.1.27rus.
2. Давлетов Ф. А., Нигматуллина Г. М., Гайнуллина К. П., Плешков А. В., Сафин Ф. Ф. Новый сорт зернового гороха Памяти Попова // Зерновое хозяйство России. 2020. № 2(68). С. 61–65. DOI: 10.31367/2079-8725-2020-68-2-61-65.
3. Давлетов Ф. А., Гайнуллина К. П., Каримов И. К. Создание исходного материала для селекции гороха с использованием методов гибридизации и физического мутагенеза // Зерновое хозяйство России. 2022. Т. 14, № 2. С. 29–35. DOI: 10.31367/2079-8725-2022-80-2-29-35.
4. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). 5-е изд., доп. и перераб. М.: Агропромиздат, 1985. 351 с.
5. Дьяченко Е. А., Слугина М. А. Внутривидовой полиморфизм гена сахарозсинтазы *Sus1* у образцов *Pisum sativum* L. // Вавиловский журнал генетики и селекции. 2018. № 22(1). С. 108–114. DOI 10.18699/VJ18.338.
6. Зональные системы земледелия Ростовской области на 2013–2020 годы. Ч.1. Ростов н/Д.: Донской издательский дом, 2013, 248 с.
7. Катюк А. И. Формирование семенной продуктивности у коллекции гороха разных морфотипов в условиях Среднего Поволжья // Зерновое хозяйство России. 2020. № 5(71). С. 32–38. DOI: 10.31367/2079-8725-2020-71-5-32-38.
8. Лысенко А. А. Урожайность и качество возделываемых в Приазовской зоне Ростовской области сортов зернового гороха в зависимости от гидротермических факторов // Зерновое хозяйство России. 2022. Т. 14, № 2. С. 70–76. DOI: 10.31367/2079-8725-2022-80-2-70-76.
9. Методика Государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур. М., 1985. Вып. 1. 265 с.
10. Стасюк А. И., Леонова И. Н., Пономарева М. Л., Василова Н. З., Шаманин В. П., Салина Е. А. Фенотипическая изменчивость селекционных линий мягкой пшеницы (*Triticum aestivum* L.) по элементам структуры урожая в экологических условиях Западной Сибири и Татарстана // Сельскохозяйственная биология. 2021. Т. 56, № 1. С. 78–91. DOI: 10.15389/agrobiology. 2021.1.78rus.

## References

1. Gul'tyaeva E. I., Sibikeev S. N., Druzhin A. E., Shaidayuk E. L. Rasshirenie geneticheskogo raznobraziya sortov yarovoi myagkoi pshenitsy po ustoychivosti k buroi rzhavchine (*Puccinia triticina* Eriks.) v Nizhnem Povolzh'e [Expansion of the genetic diversity of spring bread wheat varieties according to leaf rust resistance (*Puccinia triticina* Eriks.) in the Lower Volga region] // Sel'skokhozyaistvennaya biologiya. 2020. T. 55, № 1. S. 27–44. DOI: 10.15389/agrobiologia.2020.1.27rus.
2. Davletov F. A., Nigmatullina G. M., Gainullina K. P., Pleshkov A. V., Safin F. F. Novyi sort zernovogo gorokha Pamyati Popova [A new grain peas variety 'Pamyati Popova'] // Zernovoe khozyaistvo Rossii. 2020. № 2(68). S. 61–65. DOI: 10.31367/2079-8725-2020-68-2-61-65.
3. Davletov F. A., Gainullina K. P., Karimov I. K. Sozdanie iskhodnogo materiala dlya selektsii gorokha s ispol'zovaniem metodov gibridizatsii i fizicheskogo mutageneza [Development of initial material for pea breeding using hybridization and physical mutagenesis methods] // Zernovoe khozyaistvo Rossii. 2022. T. 14, № 2. S. 29–35. DOI: 10.31367/2079-8725-2022-80-2-29-35.
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)]. 5-e izd., dop. i pererab. M.: Agropromizdat, 1985. 351 s.
5. D'yachenko E. A., Slugina M. A. Vnutrividovoi polimorfizm gena sakharozosintazy Sus1 u obraztsov *Pisum sativum* L. [Intraspecific polymorphism of the Sus1 sucrose synthase gene in *Pisum sativum* L.] // Vavilovskii zhurnal genetiki i selektsii. 2018. № 22(1). S. 108–114. DOI 10.18699/VJ18.338.
6. Zonal'nye sistemy zemledeliya Rostovskoi oblasti na 2013-2020 gody [Zonal farming systems of the Rostov region for 2013-2020]. Ch.1. Rostov n/D.: Donskoi izdatel'skii dom, 2013. 248 s.
7. Katyuk A. I. Formirovanie semennoi produktivnosti u kolleksii gorokha raznykh morfotipov v usloviyakh Srednego Povolzh'ya [Formation of seed productivity in a collection of peas of different morphotypes in the Middle Volga region] // Zernovoe khozyaistvo Rossii. 2020. № 5(71). S. 32–38. DOI: 10.31367/2079-8725-2020-71-5-32-38.
8. Lysenko A. A. Urozhainost' i kachestvo vozdeleyvaemykh v Priazovskoi zone Rostovskoi oblasti sortov zernovogo gorokha v zavisimosti ot gidrotermicheskikh faktorov [Productivity and quality of grain pea varieties cultivated in the Azov zone of the Rostov region depending on hydrothermal factors] // Zernovoe khozyaistvo Rossii. 2022. T. 14, № 2. S. 70–76. DOI: 10.31367/2079-8725-2022-80-2-70-76.
9. Metodika Gosudarstvennogo sortoispytaniya sel'skokhozyaistvennykh kul'tur [Methodology of the State Variety Testing of «Agricultural crops». M., 1985. Vyp. 1. 265 s.
10. Stasyuk A. I., Leonova I. N., Ponomareva M. L., Vasilova N. Z., Shamanin V. P., Salina E. A. Fenotipicheskaya izmenchivost' selektsionnykh linii myagkoi pshenitsy (*Triticum aestivum* L.) po elementam struktury urozhaya v ekologicheskikh usloviyakh Zapadnoi Sibiri i Tatarstana [Phenotypic variability of bread wheat breeding lines (*Triticum aestivum* L.) according to the yield structure elements in the ecological conditions of Western Siberia and Tatarstan] // Sel'skokhozyaistvennaya biologiya. 2021. T. 56, № 1. S. 78–91. DOI: 10.15389/agrobiologia.2021.1.78rus.

Поступила: 05.09.22; доработана после рецензирования: 04.10.22; принята к публикации: 06.10.22.

**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.** Ашиев А. Р., Хабибуллин К. Н., Скулова М. В. – концептуализация исследования, подготовка опыта, выполнение полевых опытов и сбор данных, анализ данных и их интерпретация; Ашиев А. Р., Хабибуллин К. Н. – подготовка рукописи.

**Все авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.**

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ АЛЛЕЛЬНОГО СОСТОЯНИЯ ГЕНА ТОЛЕРАНТНОСТИ К ЗАТОПЛЕНИЮ (SUB-1A) В СЕЛЕКЦИОННЫХ ОБРАЗЦАХ РИСА

**Н. Н. Вожжова**, кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник лаборатории клеточной селекции, [nvozhzh@gmail.com](mailto:nvozhzh@gmail.com), ORCID ID: 0000-0002-2046-4000;  
**О. С. Жогалева**, младший научный сотрудник лаборатории клеточной селекции, [os.zogaleva@mail.ru](mailto:os.zogaleva@mail.ru), ORCID ID: 0000-0003-1477-3285;  
**А. Ю. Дубина**, техник-исследователь лаборатории клеточной селекции, [angel.myshastaja@yandex.ru](mailto:angel.myshastaja@yandex.ru), ORCID ID: 0000-0002-1432-7616;  
**П. И. Костылев**, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, главный научный сотрудник лаборатории селекции и семеноводства риса, [p-kostylev@mail.ru](mailto:p-kostylev@mail.ru), ORCID ID: 0000-0002-4371-6848  
ФГБНУ «Аграрный научный центр «Донской»,  
347740, Ростовская обл., г. Зерноград, Научный городок, 3; e-mail: [vniizk30@mail.ru](mailto:vniizk30@mail.ru)

Культура риса относится к важнейшим сельскохозяйственным растениям мирового производства. Урожай риса обеспечивают питанием большое количество жителей регионов Азии и Тихого океана. В России производство этой культуры сосредоточено в нескольких регионах, к одному из которых относится Ростовская область. Тренд на экологизацию земледелия во всем мире и России становится все более устойчивым. Для борьбы с сорными растениями по экологичной безгербицидной технологии необходимо увеличение слоя воды при одновременном выживании растений риса. Чтобы такая стратегия срабатывала, необходимо создание сортов, устойчивых к затоплению. Целью нашего исследования являлось определение аллельного состояния гена устойчивости к затоплению Sub1A в селекционных образцах риса. Объект исследования – 90 образцов риса шестого поколения, выделенных из гибридов от скрещивания российских сортов с сортами-донорами гена. Анализ проводился следующими методами: выделения ДНК коммерческим набором «ДНК-Экстран-3» (Синтол, Россия), постановки классической ПЦР со специализированным диагностическим маркером Sub1A203, разделения ампликонов электрофорезом в 2 % агарозных гелях, анализа электрофореграмм в программном обеспечении Bio-Rad ImageLab 6.0.1. В результате проведенных анализов было идентифицировано аллельное состояние гена Sub1A у 90 образцов риса. Значительное количество образцов несло нефункциональный рецессивный аллель, у 19 образцов наличие гена не было установлено. В гетерозиготном состоянии ген Sub1A находился у 9 образцов. У 5 селекционных образцов идентифицировано наличие функционального доминантного аллеля целевого гена. Рекомендуется использование данных образцов в селекционной работе, направленной на создание новых сортов риса, устойчивых к длительному затоплению.

**Ключевые слова:** Sub-1, затопление, ген устойчивости, селекционные образцы, рис.

**Для цитирования:** Вожжова Н. Н., Жогалева О. С., Дубина А. Ю., Костылев П. И. Определение аллельного состояния гена толерантности к затоплению (Sub-1A) в селекционных образцах риса // Зерновое хозяйство России. 2022. Т. 14, № 5. С. 15–19. DOI: 10.31367/2079-8725-2022-82-5-15-19.



## IDENTIFICATION OF THE ALLELIC STATE OF THE FLOOD TOLERANCE GENE (SUB-1A) IN RICE BREEDING SAMPLES

**N. N. Vozhzhova**, Candidate of Agricultural Sciences, senior researcher of the laboratory for cell breeding, [nvozhzh@gmail.com](mailto:nvozhzh@gmail.com), ORCID ID: 0000-0002-2046-4000;  
**O. S. Zhogaleva**, junior researcher of the laboratory for cell breeding, [os.zogaleva@mail.ru](mailto:os.zogaleva@mail.ru), ORCID ID: 0000-0003-1477-3285;  
**A. Yu. Dubina**, research technician of the laboratory for cell breeding, [angel.myshastaja@yandex.ru](mailto:angel.myshastaja@yandex.ru), ORCID ID: 0000-0002-1432-7616;  
**P. I. Kostylev**, Doctor of Agricultural Sciences, professor, main researcher of the laboratory for rice breeding and seed production, [p-kostylev@mail.ru](mailto:p-kostylev@mail.ru), ORCID ID: 0000-0002-4371-6848  
FSBSI "Agricultural Research Center "Donskoy",  
347740, Rostov region, Zernograd, Nauchny Gorodok, 3; e-mail: [vniizk30@mail.ru](mailto:vniizk30@mail.ru)

Rice is one of the most important crops in the world. Rice crops provide food for many people in Asia and the Pacific. In Russia, the production of this crop is concentrated in several regions, one of which is the Rostov region. The trend towards the greening of agriculture throughout the world and in Russia is becoming more and more stable. In order to combat weeds using an environmentally friendly herbicide-free technology, it is necessary to increase the water layer on simultaneous surviving rice plants. For such a strategy to work, it is necessary to develop varieties that are resistant to flooding. The purpose of the current study was to identify the allelic state of the Sub1A flood resistance gene in breeding rice samples. The objects of the study were 90 rice samples of the sixth generation, identified in hybrids obtained from crossing Russian varieties with gene donor varieties. The analysis was carried out by such methods as DNA extraction using the "DNA-Extran-3" commercial kit (Sintol, Russia), classical PCR with the specialized diagnostic marker Sub1A203, separation of amplicons by electrophoresis in 2 % agarose gels, analysis of electrophoregrams in the software Bio-Rad ImageLab 6.0.1. As a result of the analysis, there was identified the allelic state of the Sub1A gene in 90 rice samples. A significant number of samples carried a non-functional recessive allele, the presence of the gene was not established in 19 samples. The Sub1A gene was in the heterozy-

gous state in 9 samples. The presence of a functional dominant allele of the target gene was identified in 5 breeding samples. There has been recommended to use these samples in breeding work aimed at developing new rice varieties resistant to prolonged flooding.

**Keywords:** *Sub-1, flooding, resistance gene, selection samples, rice.*

**Введение.** Рис относится к одной из важнейших сельскохозяйственных культур в мире. Благодаря сборам его урожая ежегодно обеспечивается питанием большинство жителей Азиатского и Тихоокеанского регионов (Panda D. et al., 2021). В России производство риса сосредоточено в нескольких ареалах, таких как Дальний Восток, Краснодарский край, Ростовская область и др. (Силаева и Полутина, 2018).

С возникновением мирового тренда на экологизацию производства сельскохозяйственной продукции все более модным и прибыльным становится получение продовольственной продукции без применения химических средств (Ковальчук и Милорадов, 2021). Для того чтобы по такой экологичной технологии выращивать рис, не засоренный гигрофитными сорными растениями, необходимо значительно увеличивать слой воды для борьбы с ними. При этом растения риса также могут погибнуть, если не обладают одним из вариантов ухода от абиотического стресса – глубокого затопления.

В настоящее время известно о двух стратегиях борьбы растений риса с глубоким водным слоем (Oladosu et al., 2020). Первая – растения с высокой энергией роста стеблей все время держат над водой кончики своих листьев, тем самым продолжая нормальное развитие. Вторая – растения способны некоторое время проводить под слоем воды, а затем при уходе стресс-фактора продолжать свой рост.

Ген устойчивости к затоплению Sub1A входит в состав главного QTL Sub1 на хромосоме 9, который управляет устойчивостью риса к затоплению (по второму типу стратегии ухода от стресса), и имеет низкую рекомбинационную активность. Сиквенс региона Sub1 в сорте-источнике FR13A выявил 3 гена, предположительно связанных с кодированием факторов этилен-реагирования (ERF), Sub1A, Sub1B и Sub1C, которые идентифицированы как главные детерминанты устойчивости к затоплению (Xu et al., 2006).

Согласно проведенным за рубежом исследованиям ген Sub1A оказывает наибольшее влияние на формирование признака устойчивости к неблагоприятным условиям затопления (Septiningsih et al., 2009).

Цель нашего исследования – определение аллельного состояния гена устойчивости к затоплению Sub1A в селекционных образцах риса, полученных от скрещивания иностранных сортов-доноров с сортом российской селекции.

**Материалы и методы исследований.** В качестве объекта исследования использовали 90 селекционных образцов риса F6, полученных от скрещивания иностранных сортов-доноров (Inbara 3 (Вьетнам), IR-64 (Sub-1)

(Филиппины), TDK-1 (Лаос), BR-11 (Бангладеш), CR-1009 (Индия)) с сортом российской селекции Новатор (ФНЦ риса, Краснодар). Эти образцы выращивались в чеках Обособленного подразделения «Пролетарское» ФГБНУ «АНЦ «Донской» в 2019 г. в КСИ (на делянках площадью 20 м<sup>2</sup>), на темно-каштановых почвах с малым содержанием гумуса, солонцеватых и тяжелосуглинистых. С каждой делянки производили отбор 10 лучших по хозяйственно ценным признакам образцов для последующего молекулярно-генетического анализа. Всего изучали растения с 9 делянок. Из них 5 делянок (Дон 7270, Дон 7272, Дон 7273, Дон 7275, Дон 7278) относились к комбинации скрещивания BR-11 × Новатор. Другие 4 делянки были представлены одной комбинацией скрещивания (Дон 7287 – CR-1009 × Новатор, Дон 7295 – с IR-64 × Новатор, Дон 7303 – TDK-1 × Новатор, Дон 7293 – Inbara 3 × Новатор).

Лабораторные анализы проводили в 2020 г. в лаборатории маркерной селекции ФГБНУ «АНЦ «Донской» (в настоящее время – лаборатория клеточной селекции). Семена образцов риса проходили процедуру измельчения с помощью гомогенизатора Bertin Precellys 24 в пробирках объемом 2,0 мл с наполнением из керамических шариков диаметром 28 мм. Для выделения ДНК из образцов использовали методику Murray (Murray and Tompson, 1980) и коммерческие наборы «ДНК-Экстран-3» (Синтол, Россия).

Для идентификации гена Sub1A нами использовался диагностический SSR-маркер Sub1A203 (праймеры: F 5' – CTT CTT GCT CAA CGA CAA CG – 3' и R 5' – AGG CTC CAG ATG TCC ATG TC – 3') (Septiningsih et al., 2009). Молекулярный размер ампликона маркера составляет 203 пары нуклеотидов.

Полимеразную цепную реакцию (ПЦР) проводили в амплификаторе Bio-Rad T-100. Условия амплификации: 94 °C – 5 мин, 35 циклов (94 °C – 60 с, 55 °C – 60 с, 72 °C – 2 мин), 72 °C – 5 мин. Состав реакционной смеси: общий объем 25 мкл, геномная ДНК – 3 мкл; 10x PCR-буфер – 2,5 мкл; MgCl<sub>2</sub> (25mM) – 2 мкл; смесь dNTPs (25mM) – 0,2 мкл; по 1 мкл каждого праймера (1 μmol); Taq-полимераза (5 U) – 0,5 мкл; деионизированная вода – 14,8 мкл.

Полученные продукты амплификации разделяли на 2-процентных агарозных гелях в течение 1 ч при напряжении 130 В. После окончания электрофореза все гели окрашивали в 0,1%-м растворе этидиум бромид в 0,5-кратном TBE-буфере. Детекцию электрофореграмм выполняли в ультрафиолете при помощи прибора Bio-Rad GelDoc XR+ и анализировали в приложении ImageLab 6.0.1.

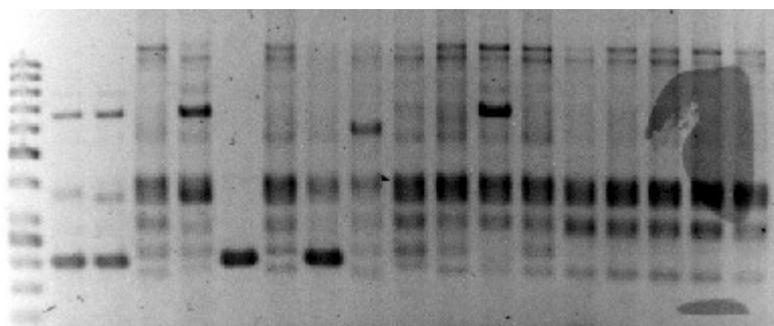
В качестве контроля наличия генов устойчивости к глубокому затоплению использова-

ли иностранные сорта-доноры BR-11 и Inbara 3, а сорта Боярин и Вираз – в качестве контролей нефункционального аллеля. Для оценки размера выявленных ампликонов использовали маркер молекулярного веса Thermo Scientific GeneRuler 50 bp (50–1000 bp).

Математическую обработку данных выполняли в программе Microsoft Excel.

**Результаты и их обсуждение.** По результатам наших исследований, проведенных в 2019–2020 гг., было оценено 90 селекционных линий риса на наличие аллелей гена устойчивости к затоплению Sub1A. В ходе анализов были получены электрофореграммы распределения целевых и нецелевых фрагментов ДНК, одна из них представлена на рисунке 1.

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18



**Рис. 1.** Электрофореграмма скрининга образцов риса на наличие гена устойчивости к затоплению Sub1A на агарозном геле, 2020 г.: 1 – маркер молекулярного веса ThermoScientific GeneRuler 50+ bp (размеры полос снизу вверх – 100, 150, 200, 250, 300, 400, 500, 600, 700, 800, 900, 1000 п.н.); 2 – BR-11 (донор доминантного аллеля); 3 – Inbara 3 (донор доминантного аллеля); 4 – Дон 7287/1, 5 – Дон 7287/2, 6 – Дон 7295/1, 7 – Дон 7287/4, 8 – Дон 7303/1, 9 – Дон 7287/6, 10 – Дон 7287/7, 11 – Дон 7287/8, 12 – Дон 7287/9, 13 – Дон 7287/10, 14 – Дон 7295/1, 15 – Дон 7295/2, 16 – Дон 7295/3, 17 – Дон 7295/4, 18 – Дон 7295/5

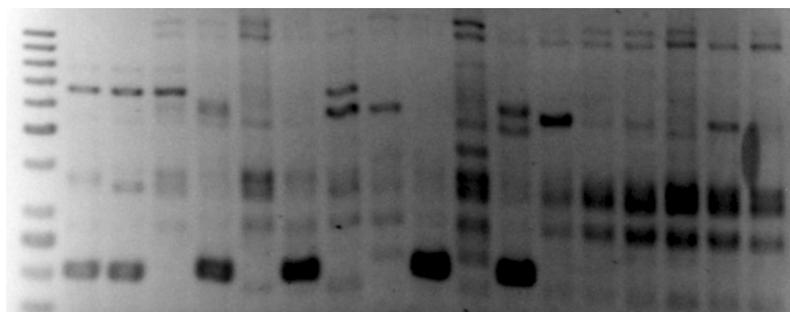
**Fig. 1.** Electrophoregram of rice samples' screening for the presence of the Sub1A flood resistance gene on agarose gel, 2020: 1 – molecular weight marker ThermoScientific GeneRuler 50+ bp (band sizes from bottom to top – 100, 150, 200, 250, 300, 400, 500, 600, 700, 800, 900, 1000 bp); 2 – BR-11 (donor of the dominant allele); 3 – Inbara 3 (donor of the dominant allele); 4 – Don 7287/1, 5 – Don 7287/2, 6 – Don 7295/1, 7 – Don 7287/4, 8 – Don 7303/1, 9 – Don 7287/6, 10 – Don 7287/7, 11 – Don 7287/8, 12 – Don 7287/9, 13 – Don 7287/10, 14 – Don 7295/1, 15 – Don 7295/2, 16 – Don 7295/3, 17 – Don 7295/4, 18 – Don 7295/5

Доминантный (функциональный) аллель гена устойчивости к затоплению размером 203 пары нуклеотидов выявлен у образцов № 6 (Дон 7295/1) и № 8 (Дон 7303/1), поскольку их ампликоны находятся на уровне ампликонов сортов-доноров этого гена.

У остальных образцов, представленных на рисунке 1, идентифицировано гетерозиготное аллельное состояние гена Sub1A или наличие нетипичных размеров аллелей.

На рисунке 2 представлена еще одна электрофореграмма скрининга образцов риса с маркером гена устойчивости к затоплению Sub1A.

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18



**Рис. 2.** Электрофореграмма скрининга образцов риса на наличие гена устойчивости к затоплению Sub1A на агарозном геле, 2020 г.: 1 – маркер молекулярного веса ThermoScientific GeneRuler 50+ bp (размеры полос снизу вверх – 150, 200, 250, 300, 400, 500, 600, 700, 800, 900, 1000 п.н.); 2 – BR-11 (донор доминантного аллеля); 3 – Inbara 3 (донор доминантного аллеля); 4 – Дон 7275/1, 5 – Дон 7275/2, 6 – Дон 7275/3, 7 – Дон 7275/4, 8 – Дон 7275/5, 9 – Дон 7275/6, 10 – Дон 7275/7, 11 – Дон 7275/8, 12 – Дон 7275/9, 13 – Дон 7275/10, 14 – Дон 7293/1, 15 – Дон 7293/2, 16 – Дон 7293/3, 17 – Дон 7293/4, 18 – Дон 7293/5

**Fig. 2.** Electrophoregram of rice samples' screening for the presence of the Sub1A flood resistance gene on agarose gel, 2020: 1 – molecular weight marker ThermoScientific GeneRuler 50+ bp (band sizes from bottom to top – 150, 200, 250, 300, 400, 500, 600, 700, 800, 900, 1000 bp); 2 – BR-11 (donor of the dominant allele); 3 – Inbara 3 (donor of the dominant allele); 4 – Don 7275/1, 5 – Don 7275/2, 6 – Don 7275/3, 7 – Don 7275/4, 8 – Don 7275/5, 9 – Don 7275/6, 10 – Don 7275/7, 11 – Don 7275/8, 12 – Don 7275/9, 13 – Don 7275/10, 14 – Don 7293/1, 15 – Don 7293/2, 16 – Don 7293/3, 17 – Don 7293/4, 18 – Don 7293/5

В этом случае доминантный (функциональный) аллель гена устойчивости к затоплению размером 203 пары нуклеотидов выявлен у образцов № 5 (Дон 7275/2), № 7 (Дон 7275/4) и № 12 (Дон 7275/9), так как их ампликоны имеют размер, аналогичный таковому у сортов-контролей.

У образцов № 10 (Дон 7275/7) и № 11 (Дон 7275/8) идентифицированы нетипичные

аллели с размерами 212 и 220 пар нуклеотидов соответственно. Остальные образцы, представленные на рисунке 2, искомым ген не несли.

Распределение всех образцов риса, проанализированных по аллельному состоянию гена устойчивости к затоплению Sub1A, представлено в таблице.

**Аллельное состояние гена устойчивости к затоплению Sub1A у образцов риса, 2020 г.  
Allelic state of the Sub1A flood resistance gene in rice samples, 2020**

Наименование аллельного состояния гена	Количество образцов, шт.
Функциональный доминантный аллель Sub1A в гомозиготном состоянии	5
Гетерозиготное состояние аллелей, Sub1A+sub1A	9
Нефункциональный рецессивный аллель sub1A в гомозиготном состоянии	57
Ген не выявлен	19

Всего в результате скрининга 90 образцов селекционного материала риса нами было выявлено 5 образцов (5,56 %) с функциональным аллелем гена устойчивости к затоплению Sub1A, имеющих ампликон размером 203 пары нуклеотидов (Дон 7295/1, Дон 7303/1, Дон 7275/2, Дон 7275/4 и Дон 7275/9). Гетерозиготное аллельное состояние гена Sub1A было выявлено у 9 образцов (10 %). Нefункциональный аллель sub1A был идентифицирован у 57 образцов (63,33 %). У 19 образцов (21,11 %) ген устойчивости к затоплению Sub1A не был идентифицирован, наблюдалась неамплифицированная ДНК на агарозных гелях.

Выявленные образцы с функциональным аллелем гена Sub1A рекомендуются к исполь-

зованию в качестве источников устойчивости к затоплению.

**Выводы.** В результате проведенного исследования идентифицированы селекционные образцы риса, имеющие функциональный аллель гена устойчивости к затоплению Sub1A – Дон 7295/1 (IR-64 × Новатор), Дон 7303/1 (TDK-1 × Новатор), Дон 7275/2 (BR-11 × Новатор), Дон 7275/4 (BR-11 × Новатор) и Дон 7275/9 (BR-11 × Новатор).

Рекомендуем использовать эти выявленные образцы риса с функциональным аллелем гена Sub1A в селекционной программе лаборатории селекции и семеноводства риса на устойчивость к затоплению.

**Библиографические ссылки**

1. Силаева Л. П., Полутина Т. Н. Специализированные зоны производства риса // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. 2018. № 7. С. 172–177. EDN PIQNTD.
2. Ковальчук А. П., Милорадов К. А. Производство чистых продуктов в условиях экологизации аграрного сектора экономики // Продовольственная политика и безопасность. 2021. Т. 8, № 3. С. 249–262. DOI: 10.18334/ppib.8.3.112312. EDN DAFZNC.
3. Murray M. G., Thompson W. F. Rapid isolation of high molecular weight plant DNA // Nucleic Acids Res. 1980. Vol. 8. P. 4321–4325. DOI: 10.1093/nar/8.19.4321.
4. Oladosu Y., Rafii M. Y., Arolu F., Chukwu S. C., Muhammad I., Kareem I., Salisu M. A., Arolu I. W. Submergence tolerance in rice: Review of mechanism, breeding and, future prospects. // Sustainability. 2020. Vol. 12. P. 1632. DOI: 10.3390/su12041632.
5. Panda D., Barik J. Flooding Tolerance in Rice: Focus on Mechanisms and Approaches // Rice Science. Vol. 28, Is. 1. 2021. P. 43–57. DOI: 10.1016/j.rsci.2020.11.006.
6. Xu K., Xu X., Fukao T., Canlas P., Maghirang-Rodriguez R., Heuer S., Ismail A. M., Bailey-Serres J., Ronald P. C., Mackill D. J. Sub1A is an ethylene-response-factor-like gene that confers submergence tolerance to rice // Nature. 2006. Vol. 442, Is. 7103. P. 705–708.
7. Septiningsih E. M., Pamplona A. M., Sanchez D. L., Neeraja C. N., Vergara G. V., Heuer S., Ismail A. M., Mackill D. J. Development of submergence-tolerant rice cultivars: the Sub1 locus and beyond // Ann. Bot. 2009. Vol. 103. P. 151–160. DOI: 10.1093/aob/mcn206.

**References**

1. Silaeva L. P., Polutina T. N. Spetsializirovannye zony proizvodstva risa [Specialized rice production zones] // Vestnik Kurskoi gosudarstvennoi sel'skokhozyaistvennoi akademii. 2018. № 7. S. 172–177. EDN PIQNTD.
2. Koval'chuk A. P., Miloradov K. A. Proizvodstvo chistykh produktov v usloviyakh ekologizatsii agrarnogo sektora ekonomiki [Production of clean products in the conditions of greening the «Agricultural sector of the economy»] // Prodovol'stvennaya politika i bezopasnost'. 2021. T. 8, № 3. S. 249–262. DOI: 10.18334/ppib.8.3.112312. EDN DAFZNC.
3. Murray M. G., Thompson W. F. Rapid isolation of high molecular weight plant DNA // Nucleic Acids Res. 1980. Vol. 8. P. 4321–4325. DOI: 10.1093/nar/8.19.4321.
4. Oladosu Y., Rafii M. Y., Arolu F., Chukwu S. C., Muhammad I., Kareem I., Salisu M. A., Arolu I. W. Submergence tolerance in rice: Review of mechanism, breeding and, future prospects. // Sustainability. 2020. Vol. 12. P. 1632. DOI: 10.3390/su12041632.

5. Panda D., Barik J. Flooding Tolerance in Rice: Focus on Mechanisms and Approaches // Rice Science. Vol. 28. I. 1. 2021. P. 43–57. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.rsci.2020.11.006>.
6. Xu K., Xu X., Fukao T., Canlas P., Maghirang-Rodriguez R., Heuer S., Ismail A. M., Bailey-Serres J., Ronald P. C., Mackill D. J. Sub1A is an ethylene-response-factor-like gene that confers submergence tolerance to rice // Nature. 2006. Vol. 442, Is. 7103. P. 705–708.
7. Septiningsih E. M., Pamplona A. M., Sanchez D. L., Neeraja C. N., Vergara G. V., Heuer S., Ismail A. M., Mackill D. J. Development of submergence-tolerant rice cultivars: the Sub1 locus and beyond // Ann. Bot. 2009. Vol. 103. P. 151–160. DOI: 10.1093/aob/mcn206.

Поступила: 15.09.22; доработана после рецензирования: 10.10.22; принята к публикации: 13.10.22.

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

**Конфликт интересов.** Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

**Авторский вклад.** Вожжова Н. Н. – концептуализация исследования, сбор и анализ данных, подготовка рукописи; Жогалева О. С. – выполнение лабораторных опытов, Дубина А. Ю. – выполнение лабораторных опытов; Костылев П. И. – выполнение полевых опытов, концептуализация исследования.

**Все авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.**

## УРОЖАЙНОСТЬ И КАЧЕСТВО СЕМЯН НОВЫХ СОРТОВ И ЛИНИЙ ЛЮПИНА БЕЛОГО В УСЛОВИЯХ ЦЕНТРАЛЬНО-ЧЕРНОЗЕМНОГО РЕГИОНА

**А. С. Блинник**<sup>1</sup>, аспирант, преподаватель кафедры растениеводства, селекции и овощеводства, [aleks.blinnik@yandex.ru](mailto:aleks.blinnik@yandex.ru), ORCID ID: 0000-0001-5995-7155;

**М. И. Лукашевич**<sup>3</sup>, доктор сельскохозяйственных наук, руководитель направления селекции белого люпина, [lupin\\_mail@mail.ru](mailto:lupin_mail@mail.ru), ORCID ID: 0000-0001-9814-1642;

**А. Г. Демидова**<sup>2</sup>, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры экологии и природопользования, [ya.demidova-anya@yandex.ru](mailto:ya.demidova-anya@yandex.ru), ORCID ID: 0000-0001-5995-9310;

**О. Ю. Артемова**<sup>1</sup>, кандидат сельскохозяйственных наук, преподаватель кафедры растениеводства, селекции и овощеводства, [kuren.olya@rambler.ru](mailto:kuren.olya@rambler.ru), ORCID ID: 0000-0001-5620-078X;

**В. Н. Наумкин**<sup>1</sup>, доктор сельскохозяйственных наук, профессор кафедры растениеводства, селекции и овощеводства, [naumkin47@mail.ru](mailto:naumkin47@mail.ru), ORCID ID: 0000-0002-0319-2584;

**Л. А. Наумкина**<sup>1</sup>, доктор сельскохозяйственных наук, профессор кафедры растениеводства, селекции и овощеводства, [naumkin47@mail.ru](mailto:naumkin47@mail.ru), ORCID ID: 0000-0002-0319-2584

<sup>1</sup>ФГБОУ ВО «Белгородский государственный аграрный университет им. В. Я. Горина», 308503 Белгородская обл., Белгородский р-он, п. Майский, Вавилова, 1;

<sup>2</sup>ФГАОУ «Северо-Кавказский Федеральный университет», 356241, г. Ставрополь, пр-кт Кулакова, 16;

<sup>3</sup>ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт люпина», 241524, г. Брянск, пос. Мичуринский, ул. Березовая, 2

Исследования по изучению образцов люпина белого зернофуражного направления селекции ВНИИ люпина проводили в течение трех лет (2019–2021 гг.) на полях коллекционного питомника кафедры растениеводства, селекции и овощеводства Белгородского государственного аграрного университета им. В. Я. Горина. Для изучения взяли 4 сорта и 26 линий, стандартом в опыте являлся сорт Мичуринский. По урожайности семян во все годы исследований большинство сортов и линий значительно превысили стандарт. В среднем за 3 года наиболее урожайными являлись линии СН 17-14, СН 54-08 и СН 12-13, которые обеспечили прибавку по сравнению со стандартом в интервале 43–48 %. Прибавка урожайности от 34 до 39 % получена у линий: СН 816-09, СН 1735-10, СН 35-13 и СН 77-17. У сортов Пилигрим и Альф парус, а также четырех линий: СН 18-13, СН 15-13, СН 55-14, СН 138-16 превышение относительно стандарта составило 21–26 %. Сорт Тимирязевский и линии СН 1397-10, СН 78-16 и СН 25-11 превзошли стандарт на 13–18 %. В то же время самыми низкоурожайными, значительно уступающими стандарту являлись линии СН 76-16 и СН 1022-09. Расчет коэффициента адаптивности показал, что сорта и линии, обеспечившие высокую и стабильную по годам урожайность семян, являются и высокоадаптивными к засушливым условиям региона, так как этот коэффициент превысил у них 100 %. Содержание протеина в семенах в среднем за 3 года колебалось от 29,55 до 36,45 % при 32,27 % у стандарта. Его содержание превысило 35,0 % у 7 линий и сорта Пилигрим. Содержание жира в семенах сортов и линий люпина белого в среднем за 3 года колебалось от 10,00 до 11,54 %. Большинство сортов и линий в опыте по содержанию алкалоидов в семенах относятся к группе малоалкалоидных (до 0,099 %) и кормовых среднеалкалоидных (до 0,299 %).

**Ключевые слова:** люпин белый, сорта, линии, урожайность семян, стрессоустойчивость, компенсаторная способность, протеин, жир.

**Для цитирования:** Блинник А. С., Лукашевич М. И., Демидова А. Г., Артемова О. Ю., Наумкин В. Н., Наумкина Л. А. Урожайность и качество семян новых сортов и линий люпина белого в условиях Центрально-Черноземного региона // Зерновое хозяйство России. 2022. Т. 14, № 5. С. 20–25. DOI: 10.31367/2079-8725-2022-82-5-20-25.



## PRODUCTIVITY AND SEED QUALITY OF THE NEW WHITE LUPINE VARIETIES AND LINES IN THE CENTRAL BLACK EARTH REGION

**A. S. Blinnik**<sup>1</sup>, post graduate, lecturer of the department of plant production, breeding and olericulture, [aleks.blinnik@yandex.ru](mailto:aleks.blinnik@yandex.ru), ORCID ID: 0000-0001-5995-7155;

**M. I. Lukashevich**<sup>3</sup>, Doctor of Agricultural Sciences, head of white lupine breeding, [lupin\\_mail@mail.ru](mailto:lupin_mail@mail.ru), ORCID ID: 0000-0001-9814-1642;

**A. G. Demidova**<sup>2</sup>, Candidate of Agricultural Sciences, associate professor of the department of ecology and nature management, [ya.demidova-anya@yandex.ru](mailto:ya.demidova-anya@yandex.ru), ORCID ID: 0000-0001-5995-9310;

**O. Yu. Artemova**<sup>1</sup>, Candidate of Agricultural Sciences, lecturer of the department of plant production, breeding and olericulture, [kuren.olya@rambler.ru](mailto:kuren.olya@rambler.ru), ORCID ID: 0000-0001-5620-078X;

**V. N. Naumkin**<sup>1</sup>, Doctor of Agricultural Sciences, professor of the department of plant production, breeding and olericulture, [naumkin47@mail.ru](mailto:naumkin47@mail.ru), ORCID ID: 0000-0002-0319-2584;

**L. A. Naumkina**<sup>1</sup>, Doctor of Agricultural Sciences, professor of the department of plant production, breeding and olericulture, [naumkin47@mail.ru](mailto:naumkin47@mail.ru), ORCID ID: 0000-0002-0319-2584

<sup>1</sup>FSBEI HE "Belgorodsk State Agricultural University named after V. Ya. Gorin", 308503 Belgorodsk region, belgorodsk district, v. of Maysky, Vavilov Str., 1;

<sup>2</sup>FSOEE "North-Caucasus federal university", 356241, Stavropol, Kulakov prospect, 16;

<sup>3</sup>FSBSI "All-Russian Research Institute of Lupine", 241524, Bryansk, v. of Michurinsky, Berezovaya Str., 2

The study of white lupine samples of grain-forage direction developed by the All-Russian Research Institute of Lupine were carried out for three years (2019–2021) on the fields of the collection farm of the of the department of plant production, breeding and olericulture of the Belgorod State Agrarian University named after V. Ya. Gorin. There have been studied 4 varieties and 26 lines, the variety 'Michurinsky' was the standard in the trial. According to the seed productivity in all years of study, most varieties and lines significantly exceeded the standard. On average for 3 years, the most productive lines were 'SN 17-14', 'SN 54-08' and 'SN 12-13', which increase ranged from 43 to 48 % in comparison with the standard variety. Productivity increase from 34 to 39 % was given by the lines 'SN 816-09', 'SN 1735-10', 'SN 35-13' and 'SN 77-17'. The increase of the varieties 'Pilgrim' and 'Aliy parus' and four lines 'SN 18-13', 'SN 15-13', 'SN 55-14', 'SN 138-16' varied from 21 to 26 % compared to the standard. The variety 'Timiryazevsky' and lines 'SN 1397-10', 'SN 78-16' and 'SN 25-11' exceeded the standard on 13–18 %. At the same time, the lines 'SN 76-16' and 'SN 1022-09' produced the lowest yields, significantly inferior to the standard. The calculation of the adaptability coefficient has shown that the varieties and lines that provided high and stable seed productivity over the years are also highly adaptive to the arid conditions of the region, since this coefficient has exceeded 100 %. The protein percentage in seeds on average for 3 years ranged from 29.55 to 36.45 % with 32.27 % for the standard. Its percentage exceeded 35.0 % among 7 lines and the variety 'Pilgrim'. The oil content in seeds of the white lupine varieties and lines on average for 3 years ranged from 10.00 to 11.54 %. Most varieties and lines in the trial according to the content of alkaloids in seeds belong to the group of low alkaloids (up to 0.099 %) and medium alkaloids (up to 0.299 %).

**Keywords:** white lupine, varieties, lines, seed productivity, stress resistance, compensatory ability, protein, oil.

**Введение.** В связи с возрастающей потребностью животноводства в дешевых высокобелковых кормах большее внимание уделяют возделыванию зернобобовых культур, которые являются основными источниками растительного белка. Наряду с соей, продолжает расширяться ареал возделывания другой высокобелковой культуры – люпина белого, более требовательного по сравнению с иными видами люпина к плодородию почвы и более засухоустойчивого (Annicchiarico et al., 2014; Гатаулина и др., 2021; Наумкин и др., 2021).

В условиях юго-западной части Центрально-Черноземного региона люпин белый является перспективной, высококорентабельной кормовой культурой, в наибольшей степени приспособленной к почвенно-климатическим условиям данного региона. Это высокоурожайная, высокобелковая культура, в его семенах содержится 35–40 % белка и 9–12 % масла, кроме того, в отличие от сои и других зернобобовых культур, его семена содержат значительно меньше ингибиторов протеаз, и поэтому не требуется их термическая обработка. По биологической ценности белок люпина не уступает сое. Культура отличается многоцелевым использованием, однако одним из ограничивающих факторов его более широкого внедрения в производство является содержание в семенах вредных веществ алкалоидов, способных в больших количествах вызвать отравления животных, и поэтому снижающих его кормовую ценность. В соответствии с их содержанием люпины подразделяют на безалкалоидные, или сладкие, малоалкалоидные, кормовые среднеалкалоидные и горькие с высоким их содержанием, которые используют в качестве сидератов. Поэтому необходимо соблюдать установленные нормы по их содержанию при использовании на корм. Гидробаротермическая обработка

семян люпина повышает их питательную ценность и переваримость и способствует инактивации антипитательных веществ (Наумкин и др., 2019; Косолапов и др., 2020; Блинник и др., 2021).

Кроме того, благодаря своим биологическим особенностям, в частности высокой азотфиксирующей способности, возрастает роль этой культуры при переходе на почвозащитные, ресурсосберегающие технологии, так как повышается плодородие почвы и улучшается экологическая обстановка (Athar et al., 2021; Гатаулина и др., 2021).

Целью нашего исследования являлось выявление новых сортов и образцов люпина белого, отличающихся высокой и стабильной по годам урожайностью семян и хорошими качественными показателями, наиболее адаптивных к условиям Центрально-Черноземного региона.

**Материалы и методы исследований.** Объектом исследования являлись сорта и линии люпина белого *Lupinus albus* L. зернофуражного направления, полученные из ВНИИ люпина. В опыте изучали 4 сорта и 26 линий люпина белого, в качестве стандарта использовали сорт Мичуринский. Исследования по изучению образцов растений люпина белого проводили в 2019–2021 гг. в полевых опытах на коллекционном питомнике кафедры растениеводства, селекции и овощеводства Белгородского ГАУ им. В. Я. Горина.

Почва опытного участка – чернозем типичный среднемощный тяжелосуглинистый с высоким содержанием гумуса, легкогидролизуемого азота и подвижного калия.

При закладке мелкоделяночного опыта соблюдали существующие методические рекомендации, учетные делянки площадью 1,0 м<sup>2</sup> размещали систематическим методом, повторность шестикратная.

В качестве предшественника использовали яровую пшеницу. Культуру сеяли в оптимальные агротехнические сроки с соблюдением традиционной технологии возделывания.

Для проведения учетов и наблюдений в опыте применяли существующие методики и методы: методические указания по проведению полевых опытов с кормовыми культурами ВНИИ кормов (1997), методику Государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур (1989), метод Животкова Л. А. и др. (1994) для расчета коэффициента адаптивности, метод дисперсионного анализа по Б. А. Доспехову (2014) – для статистической обработки полученных результатов.

**Результаты и их обсуждение.** На формирование урожайности семян сортов и линий люпина белого в вегетационные периоды трех последних лет (2019–2021) значительное влияние оказали сложившиеся погодные условия,

различающиеся как по количеству выпадающих осадков, так и по температурному режиму. В то же время во все эти годы осадки распределялись крайне неравномерно по месяцам и декадам, при этом наблюдался их дефицит в критический по влаге период цветения и налива семян, а температура воздуха была на уровне средней многолетней нормы и превышала ее. Неоднородные погодные условия в годы проведения исследований позволили выявить новые сорта и линии люпина белого наиболее стрессоустойчивые и экологически пластичные, способные формировать высокую и стабильную по годам урожайность. Колебания их урожайности обусловлены неоднозначной специфической реакцией конкретного сорта на изменяющиеся погодные условия. Однако можно отметить, что во все годы исследований большинство сортов и линий значительно превысили по этому показателю сорт-стандарт (табл.).

**Урожайность семян сортов и линий люпина белого (2019–2021 гг.)  
Productivity of white lupine seeds and lines (2019–2021)**

Сорт, линия	Урожайность семян, г/м <sup>2</sup>			средняя	± к контролю	
	2019 г.	2020 г.	2021 г.		г/м <sup>2</sup>	%
Мичуринский, st	316	274	293	294	–	–
Пилигрим	360	368	339	356	+62	+21
Дега	300	298	312	303	+9	+3
Тимирязевский	340	332	320	331	+36	+13
СН 76-16	260	252	234	249	–46	–15
СН 1022-09	254	232	216	234	–60	–20
СН 1397-10	364	327	307	333	+38	+13
СН 51-11	350	300	282	311	+16	+6
СН 8-12	300	346	322	323	+28	+10
СН 15-15	358	290	270	306	+12	+4
СН 39-15	302	285	265	284	–10	–3
СН 40-15	360	289	269	306	+12	+4
СН 78-16	414	310	291	338	+44	+15
СН 18-13	430	352	327	370	+75	+26
СН 15-13	402	348	324	358	+64	+22
СН 55-14	423	334	311	356	+62	+21
СН 71-16	303	321	302	309	+14	+5
СН 816-09	462	372	346	393	+99	+34
СН 12-13	524	407	370	434	+139	+48
СН 1735-10	466	373	343	394	+100	+34
СН 54-08	526	392	357	425	+131	+45
СН 20-13	437	262	246	315	+21	+7
СН 35-13	400	432	393	408	+114	+39
СН 138-16	386	372	342	367	+72	+25
СН 77-17	451	384	353	396	+102	+35
СН 10-16	296	260	244	267	–28	–9
Алый парус (ПР1-18)	420	337	327	361	+67	+23
СН 25-11	392	340	313	348	+54	+18
СН 2-17	339	330	307	325	+31	+11
СН 17-14	473	412	375	420	+126	+43
НСР <sub>05</sub>	23,4	21,0	17,5	–	–	–

Наибольшая урожайность семян в среднем по сортам и линиям за последние 3 года отмечена в 2019 г., наименьшая – в 2021 году. Максимальные значения урожайности в 2019 г. – 524 и 526 г/м<sup>2</sup> получены у линий СН 12-13 и СН 54-08, они превысили стандарт на 208 и 210 г/м<sup>2</sup>, или на 40 %. Урожайность свыше 450 г/м<sup>2</sup> сформировали линии СН 816-09, СН 1735-10, СН 77-17 и СН 17-14 и обеспечили прибавку по сравнению со стандартом 30–33 %. Самыми низкоурожайными в опыте, которые значительно уступили стандарту – на 56 и 62 г/м<sup>2</sup>, являлись линии СН 76-16 и СН 1022-09.

В 2020 г. наибольшее превышение урожайности по сравнению со стандартом, которое составило 33–37 %, обеспечили линии СН 12-13, СН 35-13 и СН 17-14, они сформировали 407, 432 и 412 ц/га соответственно. В условиях этого года урожайность превысила 350 ц/га у сорта Пилигрим и шести линий: СН 18-13, СН 816-09, СН 1735-10, СН 54-08, СН 138-16, СН 77-17. В целом достоверно превысили стандарт 4 сорта и 18 линий. Существенное снижение урожайности по сравнению со стандартом, так же как и в предыдущем году, отмечено у линий СН 76-16 и СН 1022-09.

Наибольшая урожайность семян в опыте в 2021 г. составила 393 ц/га у СН 35-13, что на 100 г/м<sup>2</sup>, или на 34 %, выше, чем у стандарта. Этот показатель превысил 350 г/м<sup>2</sup> у линий СН 12-13, СН 54-08, СН 77-17 и СН 17-14, которые обеспечили прибавку урожайности по сравнению со стандартом в пределах 60–82 г/м<sup>2</sup> (20–28 %). Существенно уступали по этому показателю стандарту, как и в предыдущие годы, СН 76-16 и СН 1022-09, а также еще 4 линии: СН 39-15, СН 40-15, СН 20-13, СН 10-16.

Таким образом, в среднем за 3 года наибольшую прибавку урожайности по сравнению со стандартом, от 43 до 48 %, обеспечили линии СН 17-14, СН 54-08 и СН 12-13. Превышение по сравнению со стандартом от 34 до 39 % получено у линий СН 816-09, СН 1735-10, СН 35-13 и СН 77-17. Прибавку от 21 до 26 % получили у сортов Пилигрим и Алый парус, а также 4 линий: СН 18-13, СН 15-13, СН 55-14, СН 138-16.

Важной генетически обусловленной характеристикой сортов, в сильной степени определяющей реализацию их потенциала продуктивности в различных условиях внешней среды, является экологическая пластичность. Она особенно актуальна в регионах со значительным колебанием метеорологических условий по годам.

Одним из показателей, применяемых для количественного выражения экологической пластичности, является коэффициент адаптивности, при этом если он превышает 100 %, то такой сорт считается потенциально высокопродуктивным.

Наибольшими коэффициентами адаптивности в опыте в среднем за 3 года, находящимися в интервале от 120,9 до 126,8 %, отличаются линии СН 35-13, СН 17-14, СН 54-08, СН 12-13, показавшие себя как наиболее урожайные.

Этот показатель находился на уровне 115,2–116,2 % у линий СН 816-09, СН 1735-10

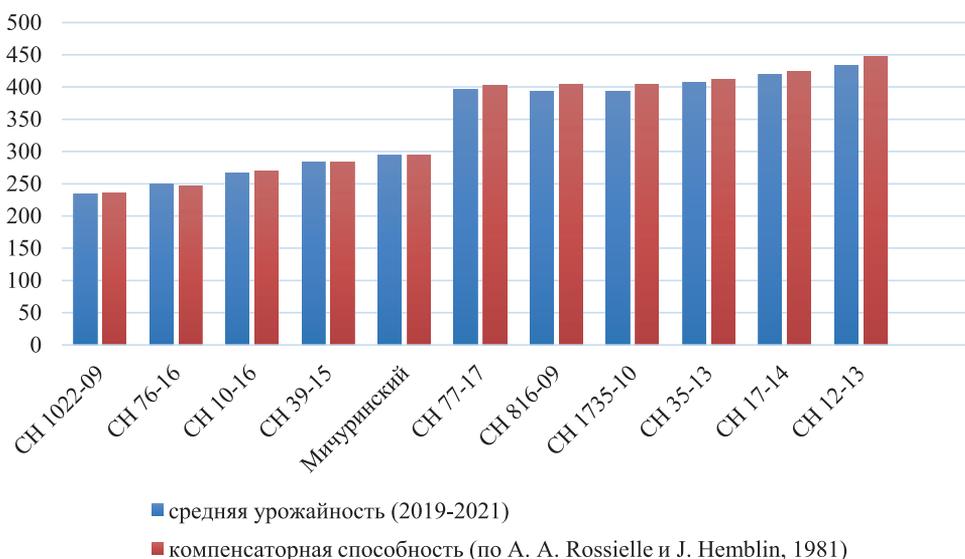
и СН 77-17. Коэффициент адаптивности превысил 100 % у сортов Пилигрим и Алый парус, а также 5 линий: СН 18-13, СН 15-13, СН 55-14, СН 138-16, СН 25-11. Наименьшим этот показатель был у линий СН 1022-09, СН 76-16 и СН 10-16 и варьировал от 68,9 до 78,4 %, что на 17,9 и 8,4 % меньше, чем у стандарта.

Предпочтение следует отдавать сортам с высокой стрессоустойчивостью, особенно в отношении часто повторяющихся в данном регионе засух и суховеев в весенне-летний период, снижающих урожайность культуры. Важным показателем, характеризующим экологическую пластичность сорта, является его стрессоустойчивость, которую определяют по разности между минимальным и максимальным значениями урожайности за исследуемый период.

Установлено, что наиболее высокой стрессоустойчивостью в опыте, а значит, и более широким диапазоном приспособительных возможностей, характеризовались три сорта: Дега, Тимирязевский, Пилигрим и две линии – СН 71-16 и СН 76-16.

Одной из адаптивных характеристик сорта, показывающей, насколько генотип соответствует условиям среды, является его компенсаторная способность, которая отражает среднее значение урожайности в контрастных (стрессовых и нестрессовых) условиях и характеризует его генетическую гибкость (А. А. Rossielle и J. Hemblin, 1981).

Этот показатель тесно коррелирует со средним значением урожайности сортов и линий за исследуемый период, а следовательно, с увеличением урожайности повышалась и компенсаторная способность. Подавляющее большинство сортов и линий превысили стандарт по этому показателю, и только 4 линии – СН 76-16, СН 1022-09, СН 39-15 и СН 10-16 – уступали стандарту (рисунок).



Компенсаторная способность сортов и линий (2019–2021)  
Compensatory ability of varieties and lines (2019–2021)

Основными показателями качества семян люпина белого, определяющими его кормовую и пищевую ценность, являются содержание в них протеина и жира, которые обусловлены сортовыми особенностями, агротехникой возделывания и складывающимися погодными условиями.

Содержание протеина в семенах сортов и линий люпина белого в среднем за 3 года колебалось в довольно широких пределах – от 29,55 до 36,45 % при 32,27 % у стандарта.

Наиболее высокобелковыми, у которых его содержание превысило 35,00 %, явились 7 линий: СН 1397-10, СН 40-15, СН 18-13, СН 15-15, СН 1022-09, СН 39-15, СН 2-17 и сорт Пилигрим, при этом 3 линии из перечисленных характеризовались как низкоурожайные.

Наибольший сбор протеина с 1 м<sup>2</sup> – от 140,54 до 155,87 г – обеспечили линии СН 18-13, СН 77-17, СН 17-14 и СН 12-13, которые отличались высокой урожайностью. Сбор протеина в интервале от 121,18 до 139,15 г получили у 8 линий и сорта Пилигрим.

Содержание жира в семенах люпина белого – более стабильный показатель, который варьировал в среднем за 3 года от 10,00 до 11,54 % в зависимости от сортов и линий и погодных условий. С увеличением урожайности увеличился сбор жира с 1 м<sup>2</sup>, и максимальное его значение – 52,81 г получено у наиболее урожайной линии СН 12-13. Сбор жира свыше 40 г с 1 м<sup>2</sup> получили у 10 линий и сорта Алый парус при 29,57 г у стандарта.

Основным критерием, определяющим пригодность зерна люпина для скармливания животным, является содержание в нем алкалоидов, которое изменяется не только в зависимости от сорта, но и от погодных условий, и не должно превышать установленных нормативов, поэтому его необходимо контролировать. В зерне районированных сортов люпина белого их содержание обычно находится в пределах 0,05–0,10 % (Косолапов В. М. и др., 2020).

Содержание алкалоидов в семенах люпина белого в опыте в среднем за 3 года колебалось в довольно широких пределах – от 0,048 у стандарта до 0,348 % у линии СН 2-17. При этом линии с высоким содержанием алкалоидов (свыше 0,3 %) по классификации относятся к сидеральным горьким. Большинство сортов и линий относятся к группе малоалкалоидных (до 0,099 %) и кормовых среднеалкалоидных (до 0,299 %).

**Выводы.** Во все годы исследований большинство сортов и линий превысили по урожайности стандарт, в среднем за 3 года наибольшая прибавка урожайности – от 43 до 48 % – относительно стандарта получена у линий СН 17-14, СН 54-08 и СН 12-13. Прибавку в интервале от 34 до 39 % получили у линий СН 816-09, СН 1735-10, СН 35-13 и СН 77-17. Сорта Пилигрим и Алый парус, а также 4 линии: СН 18-13, СН 15-13, СН 55-14, СН 138-16 превысили стандарт на 21–26 %. Сорта и линии, обеспечившие высокую и стабильную по годам урожайность семян, являются и высокоадаптивными к засушливым условиям региона, так как коэффициент адаптивности превысил у них 100 %. Наибольшей стрессоустойчивостью в опыте, а значит, и более широким диапазоном приспособительных возможностей, отличались 3 сорта: Дега, Тимирязевский, Пилигрим и 2 линии – СН 71-16 и СН 76-16.

По компенсаторной способности большинство сортов и линий превысили стандарт.

Содержание протеина в семенах сортов и линий люпина белого в среднем за 3 года колебалось от 29,55 до 36,45 % при 32,27 % у стандарта. Его содержание превысило 35,00 % у 7 линий и сорта Пилигрим. Содержание жира в семенах сортов и линий люпина белого в среднем за 3 года варьировало от 10,00 до 11,54 %.

Большинство сортов и линий в опыте по содержанию алкалоидов в семенах относятся к группе малоалкалоидных (до 0,099 %) и кормовых среднеалкалоидных (до 0,299 %).

#### Библиографические ссылки

1. Блинник А. С., Демидова А. Г., Наумкина Л. А., Куренская О. Ю., Лукашевич М. И. Результаты испытания новых сортов и образцов люпина белого в условиях лесостепи Центрально-Черноземного региона // Зерновое хозяйство России. 2021. № 3(75). С. 51–56. DOI: 10.31367/2079-8725-2021-75-3-51-56.
2. Гатаулина Г. Г., Шитикова А. В., Медведева Н. В. Влияние стрессовых погодных условий на разных этапах вегетации на формирование элементов продуктивности у сортов люпина белого (*Lupinus albus* L.) селекции РГАУ-МСХА имени К. А. Тимирязева // Известия Тимирязевской сельскохозяйственной академии. 2021. № 5. С. 65–76. DOI: 10.26897/0021-342X-2021-5-65-76.
3. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). М.: Альянс, 2014, 352 с.
4. Косолапов В. М. Люпин: селекция, возделывание, использование / В. М. Косолапов, Г. Л. Ягвенко, М. И. Лукашевич [и др.]. Брянск: ФНЦ ВИК им. В. Р. Вильямса, 2020, 304 с.
5. Методические указания по проведению полевых опытов с кормовыми культурами ВНИИ кормов. М.: РПО ВНИИ кормов, 1997, 156 с.
6. Методика Государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур. М., 1989. 197 с.
7. Наумкин В. Н., Артюхов А. И., Куренская О. Ю., Стебаков В. А. Эффективность макро- и микроудобрений при возделывании люпина белого в юго-западной части Центрально-Черноземного региона // Вестник аграрной науки. 2019. № 5(80). С. 18–25. DOI: 10.15217/issn2587-666X.2019.5.18.
8. Наумкин В. Н., Блинник А. С., Артемова О. Ю., Демидова А. Г., Лукашевич М. И., Ягвенко Т. В. Влияние макро- и микроудобрений, их сочетаний на формирование урожайности и качество семян люпина белого в условиях юго-западной части Центрально-Черноземного региона // Кормопроизводство. 2021. № 3. С. 32–37.

9. Наумкин В. Н., Блинник А. С., Крюков А. Н., Наумкина Л. А., Стебаков В. А., Артемова О. Ю. Формирование продуктивности семян люпина белого в зависимости от минеральных макро- и микроудобрений в условиях Центрально-Черноземного региона // Инновации в АПК: проблемы и перспективы. 2021. № 2(30). С. 167–177.
10. Annicchiarico P., Manunza P., Arnoldi A., Boschin G. Quality of *lupines albus* L. (white lupin) seed: extent of genotypic and environmental effects // Journal of «Agricultural and Food Chemistry». 2014. Т. 62, № 28. С. 6539–6545. DOI: 10.1021/jf405615k.
11. Athar M., Vasileva V., Kosev V. Evaluation of white lupin (*lupines albus* L.) for production characteristics and symbiotic nitrogen-fixation potential // Pakistan Journal of Botany. 2021. Т. 53, № 1. С. 253–259. DOI: 10.30848/pjb2021-1(16).

### References

1. Blinnik A. S., Demidova A. G., Naumkina L. A., Kurenskaya O. Yu., Lukashevich M. I. Rezul'taty ispytaniya novykh sortov i obraztsov lyupina belogo v usloviyakh lesostepi Tsentral'no-Chernozemnogo regiona [The testing results of new white lupine varieties and samples in the forest-steppe of the Central Black Earth region] // Zernovoe khozyaistvo Rossii. 2021. № 3(75). С. 51–56. DOI: 10.31367/2079-8725-2021-75-3-51-56.
2. Gataulina G. G., Shitikova A. V., Medvedeva N. V. Vliyaniye stressovykh pogodnykh usloviy na raznykh etapakh vegetatsii na formirovaniye elementov produktivnosti u sortov lyupina belogo (*lupines albus* L.) selektsii RGAU-MSKhA imeni K. A. Timiryazeva [The effect of stressful weather conditions at different stages of vegetation on the formation of productivity elements among the white lupine varieties (*lupines albus* L.) bred by RSAU-MAA named after K. A. Timiryazev] // Izvestiya Timiryazevskoi sel'skokhozyaistvennoi akademii. 2021. № 5. С. 65–76. DOI: 10.26897/0021-342X-2021-5-65-76.
3. Dospikhov, B. A. Metodika polevogo opyta (s osnovami statisticheskoi obrabotki rezul'tatov issledovaniy) [Methodology of a field trial (with the basics of statistical processing of the study results)]. М.: Al'yans, 2014, 352 s.
4. Kosolapov, V. M. Lyupin: selektsiya, vozdeleyvaniye, ispol'zovaniye [Lupine: breeding, cultivation, use] / V. M. Kosolapov, G. L. Yagovenko, M. I. Lukashevich [i dr.]. Izd-vo Bryansk: FNTs VIK im. V. R. Vil'yamsa, 2020, 304 s.
5. Metodicheskie ukazaniya po provedeniyu polevykh opytov s kormovymi kul'tura-mi VNII kormov [Methodical recommendations on conducting field trials with fodder crops of ARRI of feeds]. М.: RPO VNII kormov, 1997. 156 s.
6. Metodika Gosudarstvennogo sortoispytaniya sel'skokhozyaistvennykh kul'tur [Methodology of the State Variety Testing of agricultural crops]. М., 1989. 197 s.
7. Naumkin V. N., Artyukhov A. I., Kurenskaya O. Yu., Stebakov V. A. Effektivnost' makro- i mikroudobrenii pri vozdeleyvanii lyupina belogo v yugo-zapadnoi chasti Tsen-tral'no-Chernozemnogo regiona [Efficiency of macro- and microfertilizers while cultivating white lupine in the southwestern part of the Central Black Earth region] // Vestnik agrarnoi nauki. 2019. № 5(80). С. 18–25. DOI: 10.15217/issn2587-666X.2019.5.18.
8. Naumkin V. N., Blinnik A. S., Artemova O. Yu., Demidova A. G., Lukashevich M. I., Yagovenko T. V. Vliyaniye makro- i mikroudobrenii, ikh sochetanii na formirovaniye uro-zhainosti i kachestvo semyan lyupina belogo v usloviyakh yugo-zapadnoi chasti Tsentral'no-Chernozemnogo regiona [The effect of macro- and microfertilizers, their combinations on the formation of white lupine productivity and seed quality in the southwestern part of the Central Black Earth region] // Kormoproizvodstvo. 2021. № 3. С. 32–37.
9. Naumkin V. N., Blinnik A. S., Kryukov A. N., Naumkina L. A., Stebakov V. A., Ar-temova O. Yu. Formirovaniye produktivnosti semyan lyupina belogo v zavisimosti ot mi-neral'nykh makro- i mikroudobrenii v usloviyakh Tsentral'no-Chernozemnogo regiona [Formation of the productivity of white lupine seeds depending on mineral macro- and microfertilizers in the Central Black Earth region] // Innovatsii v APK: problemy i perspektivy. 2021. № 2(30). С. 167–177.
10. Annicchiarico P., Manunza P., Arnoldi A., Boschin G. Quality of *lupines albus* L. (white lupin) seed: extent of genotypic and environmental effects // Journal of Agricultural and Food Chemistry. 2014. Т. 62, № 28. С. 6539–6545. DOI: 10.1021/jf405615k.
11. Athar M., Vasileva V., Kosev V. Evaluation of white lupin (*lupines albus* L.) for pro-duction characteristics and symbiotic nitrogen-fixation potential // Pakistan Journal of Botany. 2021. Т. 53, № 1. С. 253–259. DOI: 10.30848/pjb2021-1(16).

Поступила: 29.07.22; доработана после рецензирования: 16.08.22; принята к публикации: 17.08.22.

**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.** Блинник А. С., Наумкина Л. А., Лукашевич М. И. – концептуализация исследования, подготовка опыта, выполнение полевых опытов и сбор данных, анализ данных и их интерпретация; Блинник А. С., Наумкина Л. А., Демидова А. Г., Артемова О. Ю. – подготовка опыта, анализ данных и их интерпретация; Блинник А. С., Демидова А. Г. – анализ данных и их интерпретация, подготовка рукописи.

**Все авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.**

## ОЦЕНКА СТАБИЛЬНОСТИ ЛИНИЙ РЕГЕНЕРАНТОВ ЯЧМЕНЯ В РАМКАХ ТЕКУЩЕГО СЕЛЕКЦИОННОГО ПРОЦЕССА

**С. Ю. Луговцова**, старший научный сотрудник лаборатории физиологии и биотехнологии, svlug@bk.ru, ORCID ID: 0000-0003-4185-9455;

**В. Ю. Ступко**, кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник лаборатории физиологии и биотехнологии, stupko@list.ru, ORCID ID: 0000-0002-4430-2719  
ФГБНУ «Красноярский научно-исследовательский институт сельского хозяйства»,  
Федеральный исследовательский центр «Красноярский научный центр СО РАН»,  
660041, г. Красноярск, пр-кт Свободный, 66; e-mail: secretary@sh.krasn.ru

Параметрические методы оценки фенотипической стабильности сельскохозяйственных культур требуют соблюдения нормальности распределения данных и сбалансированного дизайна эксперимента, что редко достижимо в условиях текущей селекционной работы. Актуально это и для технологии создания *in vitro* регенерантов с устойчивостью к эдафическим стрессовым факторам, когда объем семенного материала ограничен. Целью исследования являлась сравнительная оценка стабильности регенерантов ярового ячменя и их донорных генотипов (сорта Ача, Красноярский 80, линии Н-42-1060, Р-71-2431, Р-7-1854, С-7-2623) на основании данных полевых испытаний 2011–2014 гг. при неполном совпадении наборов исследуемых генотипов от года к году. В работе задействованы индексы, позволяющие проводить оценку в условиях неполного массива данных «генотип × среда» (индекс превосходства  $P_p$ , непараметрические индексы  $S^{(1)}$ ,  $S^{(3)}$ ,  $NP^{(2)}$ ). Ранжирование образцов на основании индексов стабильности показало, что половина регенерантов превзошли свои донорные генотипы по фенотипической стабильности ( $S^{(1)}$ ) (НР.1-Ача, НР.Р-71, КР.1-Р-71, СР.1-Р-71, КР.2-Р-7, НР.1-С-7, НР.2-С-7), четыре из них – по индексу превосходства  $P_p$ ; два (КР.1-Р-71, КР.1-Р-7) – по сбалансированности продуктивности / стабильности ( $NP^{(2)}$ ,  $S^{(3)}$ ). При этом большинство регенерантов имело массу 1000 зерен на уровне донорных генотипов. Условия культивирования каллусных тканей *in vitro* (низкий pH, NaCl 0,42 %, отсутствие стрессора) не влияли на стабильность формирующихся линий регенерантов. Таким образом, технология отбора соматоклональных вариантов в каллусной культуре позволяет получать линии, зачастую не отличающиеся по массе 1000 зерен от донорного генотипа и превосходящие его по параметрам стабильности.

**Ключевые слова:** *Hordeum sativum* L., непараметрические индексы стабильности, линии регенерантов, каллусная культура, несбалансированный дизайн эксперимента.

**Для цитирования:** Луговцова С. Ю., Ступко В. Ю. Оценка стабильности линий регенерантов ячменя в рамках текущего селекционного процесса // Зерновое хозяйство. 2022. Т. 14, № 5. С. 26–32. DOI: 10.31367/2079-8725-2022-82-5-26-32.



## ESTIMATION OF THE STABILITY OF BARLEY REGENERATED LINES WITHIN THE CURRENT BREEDING PROCESS

**S. Yu. Lugovtsova**, senior researcher of the laboratory for physiology and biotechnology, svlug@bk.ru, ORCID ID: 0000-0003-4185-9455;

**V. Yu. Stupko**, Candidate of Agricultural Sciences, leading researcher of the laboratory for physiology and biotechnology, stupko@list.ru, ORCID ID: 0000-0002-4430-2719  
Krasnoyarsk Research Institute of Agriculture, Federal Research Center 'Krasnoyarsk Science Center' SB RAS,  
660041, Krasnoyarsk, Svobodny Ave., 66; e-mail: secretary@sh.krasn.ru

Parametric methods for estimating the phenotypic stability of «Agricultural crops require compliance with the normal distribution of data and a balanced design of the experiment, which is rarely achievable under the conditions of current breeding work. This is also relevant for the technology of developing *in vitro* regenerants with resistance to edaphic stress factors, when the volume of seed material is limited. The purpose of the current study was a comparative estimation of the stability of spring barley regenerants and their donor genotypes (the varieties 'Acha', 'Krasnoyarsky 80', lines 'H-42-1060', 'R-71-2431', 'R-7-1854', 'S-7-2623') based on field trials of 2011–2014 with incomplete matching of sets of studied genotypes from year to year. The work involved indices that allow estimating under the conditions of an incomplete data "genotype × environment" (the index of superiority  $P_p$ , nonparametric indices  $S^{(1)}$ ,  $S^{(3)}$ ,  $NP^{(2)}$ ). Ranking of samples based on stability indices has shown that half of the regenerants surpassed their donor genotypes in terms of phenotypic stability ( $S^{(1)}$ ) (HP.1-Acha, HP-P-71, KP.1-P-71, CP.1-P-71, KP.2-P-7, HP.1-C-7, HP.2-C-7), four of them according to the  $P_p$  superiority index; two of them (KP.1-P-71, KP.1-P-7) according to the balance of productivity / stability ( $NP^{(2)}$ ,  $S^{(3)}$ ). At the same time, most of the regenerants had 1000-grain weight at the level of donor genotypes. Conditions for cultivating callus tissues *in vitro* (low pH, NaCl 0.42 %, no stressor) did not affect the stability of the emerging lines of regenerants. Thus, the technology of selection of somaclonal variants in callus culture makes it possible to obtain lines that often do not differ in 1000-grain weight from the donor genotype and surpass it in stability parameters.

**Keywords:** *Hordeum sativum* L., nonparametric stability indices, lines of regenerants, callus culture, unbalanced experimental design.

**Введение.** Использование в селекционной работе оценки стабильности генотипов способствует успешному встраиванию сорта в «экологическую нишу» (Кильчевский, 2005). На фоне

увеличения технических возможностей обработки данных методы, ассоциированные с построением регрессионных моделей реакции генотипа на условия среды, получили свое развитие (Pour-Aboughadareh et al., 2022). Данный подход в основе своей имеет требование к сбалансированности эксперимента – наличия данных по всем генотипам во всех средах, в то время как в практической селекции такой дизайн эксперимента встречается нечасто. Это актуально и для получаемых *in vitro* регенерантов зерновых культур из-за малого количества семенного материала. Невозможность отбора в условиях культуры тканей по параметру высокой продуктивности (Кильчевский, 2005) не исключает, однако, появления образцов, сочетающих в себе урожайность, стрессоустойчивость и большую стабильность в сравнении с донорным генотипом.

Для оценки стабильности генотипов на базе неполных массивов данных чаще применяют непараметрические методы оценки:  $S^{(1, 2, 3, 6)}$ ; непараметрическую статистику К. Теннарасу ( $NP^{(1-4)}$ ); а также индекс превосходства  $P_r$ , который разрабатывался авторами именно для таких случаев. Неоспоримыми достоинствами непараметрических индексов являются: отсутствие требования о нормальности распределения и гомоскедастичности; нечувствительность к добавлению или изъятию одного либо нескольких генотипов из тестируемой группы. Расчет большого числа показателей значительно облегчился в последние годы, в особенности с началом

активного использования среды разработки R в работе с данными полевых экспериментов, для которой и создано большинство пакетов, включающих в себя индексы стабильности (Чешкова и др., 2020; Pour-Aboughadareh et al., 2022). Новейшим в этом ряду является «Metan», включающий в себя почти все известные на сегодня параметрические и непараметрические методики оценки стабильности (Olivoto and Lúcio, 2020). Все это позволяет по-новому оценить данные предшествующих лет.

Целью работы являлась сравнительная оценка стабильности линий регенерантов ярового ячменя и их донорных генотипов на основании данных полевых испытаний 2011–2014 гг. при неполном совпадении наборов исследуемых генотипов от года к году.

#### Материалы и методы исследований.

Объектами исследования служили донорные сорта, перспективные селекционные линии ярового ячменя и линии регенерантов, полученные из каллусной культуры этих образцов (табл. 1). Эксплантами служили незрелые зародыши. Индукцию каллусогенеза проводили на среде Мурасиге–Скуга (МС) с добавлением 3 мг/л 2,4-Д и 2 мг/л ИУК. Со среды индукции каллусы пассировали для пролиферации на среде, содержащие 1,5 мг/л 2,4-Д: оптимальную (нет стресса) и имитирующие стрессовые условия: закисление (рН 4,0) или засоление (NaCl – 0,42 %) почвы (табл. 1). Образцы без признаков некроза пересаживали на среду регенерации МС с добавлением 0,5 мг/л ИУК и 1 мг/л кинетина (Ступко и др., 2014).

**Таблица 1. Происхождение и направление отбора линий-регенерантов ярового ячменя**  
**Table 1. Origin and direction of selection of spring barley regenerated lines**

Регенерант	Донорный генотип	Вид стрессора при отборе клеточной линии	Период полевых испытаний, гг.
НР.1-Красноярский 80	Красноярский 80	нет стрессора	2012–2014
НР.1-Ача	Ача	нет стрессора	2011–2013
КР.1-Ача		закисление	2011–2014
СР.Ача		засоление	2011–2014
СР.Н-42-1060		Н-42-1060	засоление
НР-Р-71	Р-71-2491	нет стрессора	2012–2014
КР.1-Р-71		закисление	2011–2014
СР.1-Р-71		засоление	2011–2014
НР.1-Р-7	Р-7-1854	нет стрессора	2011–2013
КР.1-Р-7		закисление	2011–2014
КР.2-Р-7			2011–2014
КР.3-Р-7			2011–2014
НР.1-С-7	С-7-2623	нет стрессора	2012–2014
НР.2-С-7			2011–2013

Примечание. Донорные генотипы высевались в 2011–2014 годах.

образцы культивировали на опытных полях, расположенных в центральной части Красноярской лесостепи (ОПХ «Минино»), согласно методике ГСИ (1989) в различающихся по увлажнению условиях (табл. 2). За июньской засухой 2011 г., ускорившей закладку колоса, последовал период обильных осадков, что также способствовало формированию и наливу

зерна. Условия 2012 г. отличало малое количество осадков и высокие температуры. На фоне высокого ГТК 2013 г. отмечались достаточно сухой сентябрь и температуры периода вегетации, близкие к среднемесячным. 2014 г. отмечен максимальным за исследуемые годы превышением количества осадков к среднемесячному.

Сроки высева 20–25 мая. Площадь опытных делянок 1 м<sup>2</sup> ( $n = 3$ ). Норма высева – 500 всхожих зерен/м<sup>2</sup>. Предшественник – чистый пар. Набор генотипов не совпадал от года к году (табл. 1).

**Таблица 2. Метеоусловия периода вегетации в 2011–2014 гг.**  
**Table 2. Weather conditions of the vegetation period in 2011–2014**

Месяц	Среднесуточная температура, °С							
	Среднемесячная				% к среднемноголетней			
	2011	2012	2013	2014	2011	2012	2013	2014
Май	10,7	10,3	8,1	7,3	107	103	81	73
Июнь	19,6	20,2	16,0	16,5	130	135	107	110
Июль	16,9	20,1	18,2	19,7	89	106	96	104
Август	15,5	14,8	16,6	16,5	97	93	104	103
Сентябрь	8,5	11,2		8,0	106	140		100
	Количество осадков, мм							
	За месяц				% к среднемноголетнему			
	2011	2012	2013	2014	2011	2012	2013	2014
Май	44,2	19,6	55,9	56,0	153	68	193	193
Июнь	36,4	17,7	57,8	73,0	84	41	134	170
Июль	123,9	61,4	112,3	103,0	188	93	170	156
Август	95,6	58,2	133,1	100,0	157	95	218	164
Сентябрь	23,1	27,7	31,1	18,0	68	81	91	53
ГТК	1,64	0,83	2,26	2,11				

Для расчета индексов стабильности использовали пакет программ «Metan» (Olivoto and Lúcio, 2020). Параметрический индекс превосходства  $P_i$  определяет наиболее стабильный генотип как образец, наименее отклоняющийся от максимальной урожайности в каждой из сред (лет) (1):

$$P_i = \sum_{j=1}^N (x_{ij} - \text{Max}_j)^2 / (2N), \quad (1)$$

где  $N$  – количество сред,  $x_{ij}$  – значение параметра для  $i$ -го генотипа в  $j$ -й среде,  $\text{Max}_j$  – максимальное значение параметра в  $j$ -й среде.

Индекс  $S^{(1)}$ , предложенный М. Хьюэном и Р. Нассаром (Pour-Aboughadareh et al., 2022), по данным ряда исследователей коррелирует с квадратичным отклонением от линии регрессии С. Эберхарта и У. Расселла (Чешкова и др., 2020a) и характеризует, соответственно, предсказуемость реакции генотипа на условия (2):

$$S^{(1)} = \frac{2 \sum_{j=1}^{N-1} \sum_{j+1}^N |r_{ij} - r_{ij'}|}{N(N-1)}, \quad (2)$$

где  $r_{ij}$  – ранг  $i$ -го генотипа в  $j$ -й среде.

Параметр  $S^{(2)}$  направлен на выявление генотипа с оптимальным соотношением этих двух параметров и рассчитывается из соотношения отклонения ранга  $i$ -го генотипа ( $r_{ij}$ ) от потенциального максимального ранга ( $\bar{r}_i$ ) (3,4):

$$S^{(3)} = \sum_{j=1}^N \frac{|r_{ij} - \bar{r}_i|}{\bar{r}_i}, \quad (3)$$

$$\bar{r}_i = \sum_{j=1}^N \frac{r_{ij}}{N}. \quad (4)$$

Коррекция данных может быть проведена по формуле (5):

$$x_{ij}^* = x_{ij} - (\bar{x}_i - \bar{x}.), \quad (5)$$

где  $\bar{x}_i$  – среднее значение параметра для  $i$ -го генотипа,  $\bar{x}.$  – среднее значение параметра в эксперименте.

В свою очередь индекс  $NP^{(2)}$ , который К. Теннарасу позиционировал так же, как критерий, позволяющий отбирать генотипы с высокой урожайностью и стабильностью, имеет в своей основе разницу между рангом ( $r_{ij}$ ) и медианным значением ранга ( $M_{d_i}$ ) (6). При этом учитывается и медианное значение ( $M_{d_i}^*$ ) скорректированных данных исследуемого параметра продуктивности (7):

$$N^{(2)} = \frac{1}{N} \left[ \sum_{j=1}^N \frac{|r_{ij} - M_{d_i}|}{M_{d_i}^*} \right], \quad (6)$$

$$x_{ij}^* = (x_{ij} - \bar{x}_i). \quad (7)$$

Совмещение в одном индексе скорректированных и исходных данных снижает зависимость от значений урожайности, по мнению автора методики (Pour-Aboughadareh et al., 2022). Использование обоих индексов применимо для отбора линий, сбалансированных по стабильности и урожайности, соотношению этих двух характеристик.

Все образцы были ранжированы от наиболее стабильного к наименее стабильному исходя из расчетных значений индексов. Ранг 1, соответственно, присвоен наиболее стабильному образцу, ранг 20 – наименее. На рисунке 1 и 2 представлены данные ранжирования.

Статистический анализ данных по урожайности исследуемых генотипов проводили с использованием статистического пакета R4.0.4 в среде разработки RStudio 1.4.1103 (2009–2021 RStudio, PBC). Соответствие распределения данных нормального определяли тестом Шапиро–Вилкса. Достоверность различий между генотипами в отдельные годы

оценивали в рамках однофакторного дисперсионного анализа (one-way ANOVA). Проверляли достоверность различий между донорным генотипом и регенерантом. Равенство дисперсий определяли тестом Левина.

**Результаты и их обсуждение.** Использование технологии культивирования каллусных культур на селективных средах предполагает создание новых форм, устойчивых к стрессовым эдафическим факторам за счет высокой частоты соматональных вариаций, которая в три раза превышает таковую спонтанных мутаций *in vivo* (Егорова и Старцева, 2013). В силу особенностей технологии регенеранты испыты-

ваются в разные годы по мере накопления семенного материала. В настоящей работе в качестве нормирующих генотипов задействованы донорные сорта и линии, которые высевались во все годы экспериментов. Параметры стабильности рассчитывали на базе данных «масса 1000 зерен» в связи с малой площадью опытных делянок.

Расчет индекса превосходства для условий культивирования дал следующие результаты. Для 2011 и 2013 гг. индексы составили соответственно 0,93 и 2,87. Максимальная масса зерна зафиксирована в 2013 г. ( $M_{1000} = 44,53 \pm 0,36$  г) (табл. 3).

**Таблица 3. Масса 1000 зерен регенерантов ячменя и их донорных генотипов в условиях ОПХ «Минино» в 2011–2014 гг (г, среднее  $\pm$  ст.ош.)**  
**Table 3. 1000-grain weight of barley regenerants and their donor genotypes under the conditions of the farm 'Minino' in 2011–2014 (g, mean  $\pm$  stan.m.)**

Генотип	2011	2012	2013	2014	Среднее
Красноярский 80	45,40 $\pm$ 0,63	40,92 $\pm$ 0,61	46,77 $\pm$ 0,19	41,93 $\pm$ 0,77	43,76 $\pm$ 0,77
НР.1-Красноярский 80	–	39,06 $\pm$ 0,94	43,48 $\pm$ 0,46*	40,35 $\pm$ 1,36	40,96 $\pm$ 0,82
Ача	42,92 $\pm$ 0,16	41,36 $\pm$ 0,14	46,69 $\pm$ 0,53	40,54 $\pm$ 0,31	42,88 $\pm$ 0,73
НР.1-Ача	43,96 $\pm$ 0,80	40,37 $\pm$ 0,39	48,28 $\pm$ 0,09*	–	44,20 $\pm$ 1,17
КР.1-Ача	42,94 $\pm$ 0,22	41,13 $\pm$ 2,13	45,60 $\pm$ 0,33	37,78 $\pm$ 1,12	41,86 $\pm$ 1,00
СР.Ача	42,57 $\pm$ 1,24	40,28 $\pm$ 0,25	48,36 $\pm$ 0,57*	41,34 $\pm$ 0,89	43,14 $\pm$ 1,00
Н-42-1060	46,86 $\pm$ 0,65	45,59 $\pm$ 0,84	50,64 $\pm$ 3,22	–	47,70 $\pm$ 1,24
СР.Н-42-1060	42,93 $\pm$ 0,93*	42,13 $\pm$ 1,15	43,33 $\pm$ 0,51*	–	42,80 $\pm$ 0,48
Р-71-2491	43,58 $\pm$ 1,48	38,83 $\pm$ 0,96	41,87 $\pm$ 0,55	39,25 $\pm$ 0,84	40,88 $\pm$ 0,73
НР-Р-71	–	41,93 $\pm$ 0,87	42,15 $\pm$ 0,49	39,23 $\pm$ 0,37	41,10 $\pm$ 0,56
КР.1-Р-71	40,85 $\pm$ 0,57	38,71 $\pm$ 1,79	40,85 $\pm$ 0,17	37,11 $\pm$ 0,50	39,38 $\pm$ 0,63
СР.1-Р-71	42,31 $\pm$ 0,52	40,35 $\pm$ 0,53	41,75 $\pm$ 0,33	38,32 $\pm$ 0,74	40,68 $\pm$ 0,52
Р-7-1854	42,30 $\pm$ 0,75	38,69 $\pm$ 0,55	44,07 $\pm$ 0,73	38,19 $\pm$ 0,19	40,81 $\pm$ 0,78
НР.1-Р-7	41,89 $\pm$ 1,11	42,37 $\pm$ 0,72*	44,31 $\pm$ 0,26	–	42,86 $\pm$ 0,54
КР.1-Р-7	41,90 $\pm$ 0,34	40,31 $\pm$ 0,23	43,36 $\pm$ 0,69	37,29 $\pm$ 1,80	40,72 $\pm$ 0,80
КР.2-Р-7	41,57 $\pm$ 0,18	41,27 $\pm$ 1,91	43,11 $\pm$ 0,40	37,44 $\pm$ 0,55	40,85 $\pm$ 0,76
КР.3-Р-7	40,12 $\pm$ 0,72	41,27 $\pm$ 1,03	44,52 $\pm$ 0,66	36,64 $\pm$ 1,10	40,64 $\pm$ 0,93
С-7-2623	40,79 $\pm$ 0,04	40,47 $\pm$ 1,08	43,23 $\pm$ 0,28	35,49 $\pm$ 1,96	39,99 $\pm$ 0,97
НР.1-С-7	–	42,44 $\pm$ 2,54	43,91 $\pm$ 0,44	37,75 $\pm$ 0,67	41,36 $\pm$ 1,21
НР.2-С-7	40,99 $\pm$ 0,34	41,39 $\pm$ 0,43	44,23 $\pm$ 0,46	–	42,20 $\pm$ 0,55
Среднее	42,58 $\pm$ 0,28	40,94 $\pm$ 0,30	44,53 $\pm$ 0,36	38,58 $\pm$ 0,34	–

Примечание. \* – статистически значимое отличие регенеранта от донорного генотипа при  $p < 0,05$ .

В свою очередь 2012 и 2014 гг. отличались неблагоприятными условиями: индексы  $-0,71$  и  $-3,08$  соответственно. Условия 2012 г. (малое количество осадков и высокие температуры) (табл. 2) негативно сказались на итоговой урожайности (табл. 3). В 2014 г., отмеченном максимальным за исследуемые годы превышением количества осадков к среднемуголетнему (табл. 2), сформировалось зерно с минимальной массой ( $M_{1000} = 38,58 \pm 0,34$  г). В работе (Cheshkova et al., 2020) показано, что  $P_i$  сильно коррелирует с продуктивностью и, по мнению авторов, может применяться в программах селекции на урожайность.

В 2013 г. два регенеранта от сорта Ача превысили свой донорный генотип по массе зерна (табл. 3). Образец, полученный на среде с высоким содержанием соли в каллусной культуре селекционной линии Н-42-1060, уступил донорному генотипу в благоприятных условиях 2011 и 2013 гг., так же как и регенерант НР.1-

(Красноярский 80) в 2013 году. При этом в неблагоприятных условиях 2012 г. регенеранты от линии Р-7-1854 сформировали более крупное зерно, чем донорный генотип. Аналогичные результаты получены нами при испытаниях регенерантов пшеницы на оптимальных почвенных фонах, где в условиях засухи они показывали результаты выше, чем донорные генотипы (Ступко и др., 2014). В этой же работе в ходе исследований на стрессовых почвенных фонах нами была показана высокая эффективность технологии отбора солеустойчивых форм *in vitro*.

Анализ стабильности исследуемого параметра структуры урожая, выраженной в индексах  $P_i$  и  $S^{(i)}$ , показывает, что упомянутые выше регенеранты НР.1-Ача и СР-Ача имели большую генотипическую стабильность, чем донорный генотип, и близкое к нему значение  $P_i$  (табл. 4). Их ранг выше и, соответственно, на графике (рис. 1) отмечающие их круги располагаются ближе к точке пересечения осей.

Таблица 4. Коэффициенты стабильности и ранги регенерантов ячменя и их донорных генотипов  
Table 4. Stability coefficients and ranks of barley regenerants and their donor genotypes

Генотип	$P_i$	Ранг	$S^{(1)}$	Ранг	$S^{(3)}$	Ранг	$NP^{(2)}$	Ранг
Красноярский 80	4,86	2	0,17	1	2,00	5	0,40	13
НР.1-Красноярский 80	16,06	15	1,00	8	10,73	18	0,56	16
Ача	6,37	3	1,33	12	0,96	2	0,17	4
НР.1.Ача	6,86	5	0,33	2,5	4,21	7	0,28	9
КР.1.Ача	9,73	6	2,33	18	3,04	6	0,26	7
СР.Ача	6,51	4	1,17	10	8,83	13	0,29	10
Н-42-1060	0,00	1	0,67	5	0,70	1	0,00	1
СР.Н-42-1060	13,47	9	3,17	20	7,00	10	0,33	11
Р-71-2491	17,58	18	2,00	14,5	12,23	19	1,01	19
НР.Р-71	15,47	11	1,33	12	10,00	16	1,13	20
КР.1-Р-71	25,32	20	0,67	5	1,22	3	0,43	14
СР.1-Р-71	17,54	17	0,67	5	4,85	8	0,70	18
Р-7-1854	15,70	13	1,33	12	7,71	12	0,23	5
НР.1-Р-7	12,53	8	2,17	16,5	7,04	11	0,27	8
КР.1-Р-7	15,88	14	1,00	8	1,40	4	0,16	3
КР.2-Р-7	15,46	10	0,33	2,5	6,14	9	0,24	6
КР.3-Р-7	16,20	16	2,50	19	18,94	20	0,60	17
С-7-2623	19,95	19	2,17	16,5	9,11	14	0,05	2
НР.1-С-7	12,13	7	1,00	8	10,24	17	0,39	12
НР.2-С-7	15,55	12	2,00	14,5	9,68	15	0,49	15

Регенерант НР.1-Р-7 был чувствителен к изменению условий (ранг по  $S^{(1)}$  ниже, чем у линии Р-7-1854 (табл. 4), которая расположена на графике (рис. 1) дальше, ближе к пересечению осей, левее), но поддерживал массу 1000 зерен на достаточно высоком уровне (ранг  $P_i$  выше, чем у донора). Более стабильными ока-

зались оба регенеранта от линии С-7-2623, так же как и нейтральный регенерант от линии Р-71-2491 (НР.Р-71). Два регенеранта, полученные на селективных средах (КР.1-Р-71, СР.1-Р-71), при близком к донору  $P_i$  отличались от него большей фенотипической стабильностью.

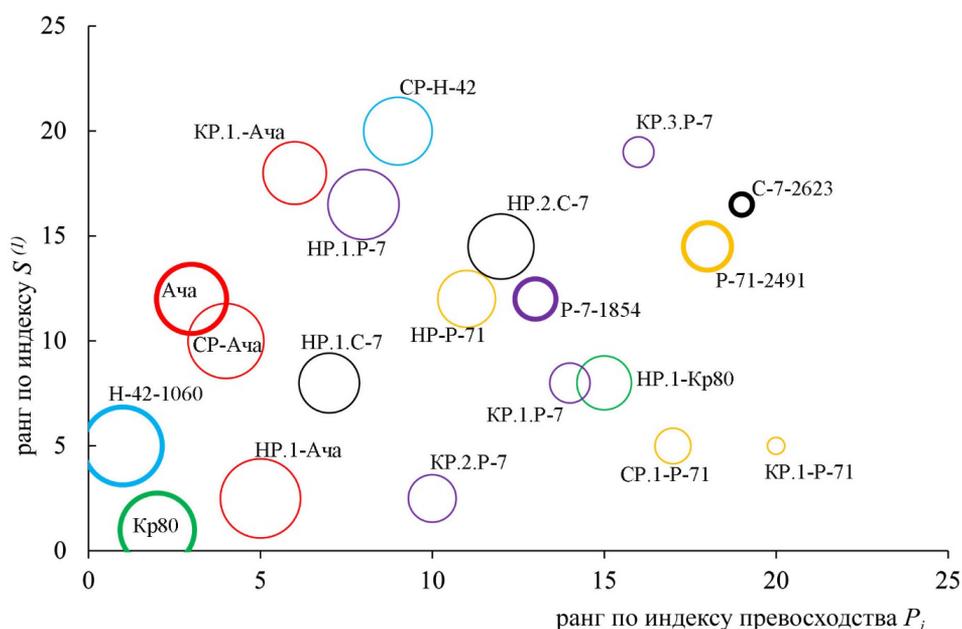


Рис. 1. Ранжирование регенерантов ячменя по значениям индексов превосходства  $P_i$  и стабильности  $S^{(1)}$  массы 1000 зерен. Чем больше диаметр, тем больше масса 1000 зерен  
Fig. 1. Ranking of barley regenerants according to the values of the indexes of superiority  $P_i$  and stability  $S^{(1)}$  of 1000-grain weight. The larger the diameter, the greater 1000-grain weight

В практической селекции получение образцов, сочетающих в себе высокую урожайность и фенотипическую стабильность, является предпочтительным. Параметр  $S^{(3)}$  разработан

для этих целей. Данный параметр сильно зависит от урожайности в случае, если рассчитывается на базе нескорректированных данных, и коррелирует с индексом  $S^{(1)}$ , если рассчи-



## Библиографические ссылки

1. Егорова Н. А., Ставцева И. В. Биотехнологические приемы получения форм шалфея, устойчивых к осмотическому стрессу *in vitro* // Экосистемы, их оптимизация и охрана. 2013. № 8(27). С. 93–100.
2. Кильчевский А. В. Генетико-экологические основы селекции растений // Информационный вестник ВОГиС. 2005. № 4(9). С. 518–526.
3. Методика государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур. М.: Колос, 1989. 195 с.
4. Рожанская О. А., Горшкова Е. М. Культура *in vitro* как источник биоразнообразия для селекции сои // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 2019. № 4(49). С. 24–31. DOI: 10.26898/0370-8799-2019-4-3.
5. Ступко В. Ю., Луговцова С. Ю., Зобова Н. В. Полевая оценка результативности создания *in vitro* стрессоустойчивых форм ячменя и пшеницы // Достижения науки и техники АПК. 2014. № 6. С. 11–14.
6. Чешкова А. Ф., Гребенникова И. Г., Алейников А. Ф., Чанышев Д. И. Реализация методов оценки стабильности сортов сельскохозяйственных культур в пакете функций *agrostab* программной среды R // Достижения науки и техники АПК. 2020. Т. 34, № 7. С. 91–96. DOI: 10.24411/0235-2451-2020-10716.
7. Cheshkova A. F., Stepochkin P. I., Aleynikov A. F., Grebennikova I. G., Ponomarenko V. I. A comparison of statistical methods for assessing winter wheat grain yield stability // Vavilov Journal of Genetics and Breeding. 2020. Vol. 24, № 3. P. 267–275. DOI: 10.18699/VJ20.619.
8. Olivoto T., Lúcio A. D. Metan: An R package for multi-environment trial analysis // Methods in Ecology and Evolution. 2020. Vol. 11(6). P. 783–789. DOI: 10.1111/2041-210X.13384.
9. Pour-Aboughadareh A., Khalili M., Poczai P., Olivoto T. Stability Indices to Deciphering the Genotype-by-Environment Interaction (GEI) Effect: An Applicable Review for Use in Plant Breeding Programs // Plants. 2022. Vol. 11(3). P. 414–437. DOI: 10.3390/plants11030414.

## References

1. Egorova N. A., Stavtseva I. V. Biotekhnologicheskie priemy polucheniya form shalfeya, ustoichivyykh k osmoticheskomu stressu *in vitro* [Biotechnological methods for obtaining salvia forms resistant to osmotic stress *in vitro*] // Ekosistemy, ikh optimizatsiya i okhrana. 2013. № 8(27). S. 93–100.
2. Kil'chevskii A.V. Genetiko-ekologicheskie osnovy selektsii rastenii [Genetic and ecological basis of plant breeding] // Informatsionnyi vestnik VOGiS. 2005. № 4(9). S. 518–526.
3. Metodika gosudarstvennogo sortoispytaniya sel'skokhozyaistvennykh kul'tur [Methodology of the State Variety Testing of Agricultural crops]. M.: Kolos, 1989. 195 s.
4. Rozhanskaya O. A., Gorshkova E. M. Kul'tyra *in vitro* kak istochnik bioraznoobraziya dlya selektsii soi [Culture *in vitro* as a source of biodiversity for soybean breeding] // Sibirskii vestnik sel'skokhozyaistvennoi nauki. 2019. № 4(49). S. 24–31. DOI: 10.26898/0370-8799-2019-4-3.
5. Stupko V. Yu., Lugovtsova S. Yu., Zobova N. V. Polevaya otsenka rezul'tativnosti sozdaniya *in vitro* stressoustoichivyykh form yachmenya i pshenitsy [Field evaluation of the effectiveness of developing *in vitro* stress-resistant forms of barley and wheat] // Dostizheniya nauki i tekhniki APK. 2014. № 6. S. 11–14.
6. Cheshkova A. F., Grebennikova I. G., Aleynikov A. F., Chanyshchev D. I. Realizatsiya metodov otsenki stabil'nosti sortov sel'skokhozyaistvennykh kul'tur v pakete funktsii *agrostab* programmnoi sredy R [Implementation of methods for estimating stability of crop varieties in the *agrostab* function package of the R software environment] // Dostizheniya nauki i tekhniki APK. 2020. T. 34, № 7. S. 91–96. DOI: 10.24411/0235-2451-2020-10716.
7. Cheshkova A. F., Stepochkin P. I., Aleynikov A. F., Grebennikova I. G., Ponomarenko V. I. A comparison of statistical methods for assessing winter wheat grain yield stability // Vavilov Journal of Genetics and Breeding. 2020. Vol. 24, № 3. P. 267–275. DOI: 10.18699/VJ20.619.
8. Olivoto T., Lúcio A. D. Metan: An R package for multi-environment trial analysis // Methods in Ecology and Evolution. 2020. Vol. 11(6). P. 783–789. DOI: 10.1111/2041-210X.13384.
9. Pour-Aboughadareh A., Khalili M., Poczai P., Olivoto T. Stability Indices to Deciphering the Genotype-by-Environment Interaction (GEI) Effect: An Applicable Review for Use in Plant Breeding Programs // Plants. 2022. Vol. 11(3). P. 414–437. DOI: 10.3390/plants11030414.

Поступила: 22.08.22; доработана после рецензирования: 10.10.22; принята к публикации: 10.10.22.

**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.** Ступко В. Ю. – концептуализация исследования; Луговцова С. Ю. – подготовка опыта; Луговцова С. Ю. – выполнение полевых опытов сбор данных; Ступко В. Ю. – анализ данных и их интерпретация; Ступко В. Ю. – подготовка рукописи.

**Все авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.**

## РЕЗУЛЬТАТЫ ОЦЕНКИ СВОЙСТВ АДАПТИВНОСТИ СОРТОВ ЭСПАРЦЕТА В УСЛОВИЯХ ЮГА РОСТОВСКОЙ ОБЛАСТИ

**С. А. Игнатъев**, кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник лаборатории многолетних трав, mnogoletnie.travy@mail.ru, ORCID ID: 0000-0003-0715-2982;

**А. А. Регидин**, младший научный сотрудник лаборатории многолетних трав, mnogoletnie.travy@mail.ru, ORCID ID: 0000-0002-3246-1501;

**Н. С. Кравченко**, кандидат биологических наук, старший научный сотрудник лаборатории биохимической оценки селекционного материала и качества зерна, mnogoletnie.travy@mail.ru, ORCID ID: 0000-0003-3388-1548;

**К. Н. Горюнов**, младший научный сотрудник лаборатории многолетних трав, mnogoletnie.travy@mail.ru, ORCID ID: 0000-0002-5685-6508

ФГБНУ «Аграрный научный центр «Донской»,

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

Целью исследований являлась оценка некоторых параметров адаптивности – коэффициента линейной регрессии, стрессоустойчивости, генетической гибкости и коэффициента стабильности по признакам «продуктивность зеленой массы» и «продуктивность сухого вещества». Объектом исследований служили 6 сортов эспарцета селекции «АНЦ «Донской». За стандарт принят сорт Зерноградский 2. Посев выполняли весной сеялкой ССФК-7 в чистом виде, без покровной культуры. Норма высева – 5 млн всхожих семян на 1 га. Площадь делянки 20 м<sup>2</sup>, повторность четырехкратная. Оценку по показателям экологической адаптивности выполняли по методу S. A. Eberchart и W. A. Russel (1966) в изложении В. А. Зыкина и др. (2011), расчет стрессоустойчивости и генетической гибкости – по А. А. Гончаренко (2005). Результаты дисперсионного анализа показывают значительное влияние фактора В (условия) как на изменчивость урожайности зеленой массы (79,12 %), так и сухого вещества (75,38 %). Все изучаемые сорта эспарцета по годам и по закладкам посева существенно превосходили стандарт. Наиболее продуктивный из них новый сорт Атаманский 20 в среднем формировал 30,9 т/га зеленой массы и 8,3 т/га сухой массы, с колебаниями по годам 24,8–44,9 и 6,4–12,1 т/га соответственно. Сорта эспарцета различаются реакцией урожайности зеленой и сухой массы на изменение условий среды. Сорта Зерноградский 2, Атаманский и Атаманский 20 требовательны к улучшению условий при возделывании на зеленый корм и сено ( $bi > 1$ ), а сорта Велес, Сударь и Шурави слабее реагируют на улучшение условий среды и являются более пластичными ( $bi < 1$ ). Высокой устойчивостью к стрессу обладают сорта Велес, Сударь и Шурави, а у сортов Зерноградский 2, Атаманский и Атаманский 20 диапазон приспособительных возможностей устойчивости к стрессу уже. Более высокое соответствие между генотипом и факторами среды и высокая генетическая гибкость установлены у сорта Атаманский 20.

**Ключевые слова:** эспарцет, сорт, продуктивность, зеленая масса, сухое вещество, адаптивность.

**Для цитирования:** Игнатъев С. А., Регидин А. А., Кравченко Н. С., Горюнов К. Н. Результаты оценки свойств адаптивности сортов эспарцета в условиях юга Ростовской области // Зерновое хозяйство России. 2022. Т. 14, № 5. С. 33–38. DOI: 10.31367/2079-8725-2022-82-5-33-38.



## RESULTS OF ESTIMATING ADAPTABILITY OF SAINFOIN VARIETIES IN THE SOUTH OF THE ROSTOV REGION

**S. A. Ignatiev**, Candidate of Agricultural Sciences, leading researcher of the laboratory for breeding and seed production of perennial grasses, mnogoletnie.travy@mail.ru, ORCID: 0000-0003-0715-2982;

**A. A. Regidin**, junior researcher of the laboratory for breeding and seed production of perennial grasses, mnogoletnie.travy@mail.ru, ORCID: 0000-0002-3246-1501;

**N. S. Kravchenko**, Candidate of Biological Sciences, senior researcher of the laboratory for biochemical estimation of breeding material and seed quality, mnogoletnie.travy@mail.ru, ORCID: 0000-0003-3388-1548;

**K. N. Goryunov**, junior researcher of the laboratory for breeding and seed production of perennial grasses, mnogoletnie.travy@mail.ru, ORCID: 0000-0002-5685-6508

FSBSI "Agricultural Research Center "Donskoy",

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

The purpose of the study was to estimate such adaptability parameters, as a linear regression coefficient, stress resistance, genetic flexibility and stability coefficient, according to the traits "green mass productivity" and "dry matter productivity". The objects of the study were 6 sainfoin varieties developed by the ARC "Donskoy". The variety 'Zernogradsky 2' was taken as the standard one. Sowing was carried out in the spring with the SSFC-7 seeder in its pure form, without a cover crop. A seeding rate was 5 million germinated seeds per 1 ha. The area of the plot was 20 m<sup>2</sup>, with fourfold repetition. The estimation according to the indicators of ecological adaptability was performed according to the S. A. Eberchart and W. A. Russel (1966) as presented by V. A. Zykina et al. (2011), calculation of stress resistance and genetic flexibility was established according to A.A. Goncharenko (2005). The results of the analysis of variance have shown a significant influence of factor B (conditions) both on the variability of productivity of green mass (79.12 %) and dry matter (75.38 %). All the studied sainfoin varieties according to the years and sowing signifi-

cantly exceeded the indicators of the standard variety. The most productive of them, the new variety 'Atamansky 20', formed on average 30.9 t/ha of green mass and 8.3 t/ha of dry mass, with fluctuations over the years, respectively, 24.8–44.9 t/ha and 6.4–12.1 t/ha. The sainfoin varieties differ in the response of green and dry mass productivity to changing environmental conditions. The varieties 'Zernogradsky 2', 'Atamansky' and 'Atamansky 20' demand to improve conditions when cultivated for green feed and hay ( $bi > 1$ ), while the varieties 'Veles', 'Sudar' and 'Shuravi' respond less well to improved environmental conditions and are more adaptable ( $bi < 1$ ). The varieties 'Veles', 'Sudar' and 'Shuravi' are highly resistant to stress, while the varieties Zernogradsky 2', 'Atamansky' and 'Atamansky 20' have a narrower range of adaptive capabilities of stress resistance. A higher correspondence between a genotype and environmental factors and high genetic flexibility were found in the variety 'Atamansky 20'.

**Keywords:** sainfoin, variety, productivity, green mass, dry matter, adaptability.

**Введение.** В растениеводстве в связи с изменяющимися климатическими условиями, как на региональном уровне, так и на континентальном (Павлова и др. 2020; Антонов, 2019), большее внимание уделяется изучению проблем потенциальной продуктивности культурных растений и экологической их устойчивости (Жученко, 2004; Гончаренко, 2005; Мальчиков и др., 2018). В РФ появляется все больше работ, посвященных изучению адаптивных свойств разных зерновых культур в различных регионах и их связи с продуктивностью (Радченко и др., 2018; Левакова, 2019; Филиппов и др., 2019; Юсова и др., 2020; Мальчиков и Мясникова, 2021).

Кормовая и семенная продуктивность многолетних трав повсеместно в значительной степени зависит от складывающихся погоднo-климатических условий, таких как увлажнение, температура воздуха, длительность вегетационного периода, обеспеченность элементами питания (Благовещенский и др., 2018)

Экономия материальных средств при лимите благоприятных факторов произрастания растений предполагает активизацию использования бобовых многолетних трав, так как они улучшают обеспеченность почв азотом, а кормов – растительным белком, что обеспечивает более высокую продуктивность сельскохозяйственных культур и животных.

Одной из важных многолетних бобовых культур является эспарцет. Культура позволяет получать высокий урожай кормовой массы и семян. Она оптимально подходит для коротких севооборотов и как предшественник зачастую не уступает злаково-бобовой смеси, гороху и нуту. На юге России это одна из лучших сидеральных культур (Кравцова, 2016; Mora-Ortiz et al., 2016).

Невысокая требовательность эспарцета к плодородию почв и наличие вышеприведенных хозяйственно-биологических свойств вполне объясняет повышенный интерес к данной культуре. Чтобы не нарушать принципы адаптивности в размещении сельскохозяйственных культур, в том числе и созданных в последние годы сортов эспарцета, появилась необходимость оценки их параметров адаптивности.

Цель исследований – оценка некоторых параметров адаптивности: коэффициента линейной регрессии ( $bi$ ), стрессоустойчивости ( $(Y_{min} - Y_{max})$ ), генетической гибкости ( $(Y_{min} - Y_{max})/2$ ) и коэффициента стабильности ( $\sigma^2$ ) по признакам «продуктивность зеленой массы» и «сухого вещества».

### Материалы и методы исследований.

Исследования проводили в ФГБНУ «АНЦ «Донской», находящемся в южной зоне Ростовской области. Объектом исследований служили 5 сортов эспарцета местной селекции, допущенных к использованию в разных регионах РФ, и один сорт эспарцета, переданный на Государственное сортоиспытание в 2020 году. За стандарт принят сорт Зерноградский 2.

Посев выполняли весной сеялкой ССФК-7 в чистом виде, без покровной культуры. В первый год жизни на посеве проводили уходные мероприятия по борьбе с сорной растительностью периодическим его подкашиванием. Норма высева – 5 млн всхожих семян на 1 га. Площадь делянки 20 м<sup>2</sup>, повторность четырехкратная. Учет урожая в каждой из закладок опыта проводился во второй и третий годы жизни. Уборку зеленой массы выполняли вручную в фазу начала цветения растений эспарцета, определение сухого вещества – высушиванием навесок зеленой массы в сушильном шкафу при температуре 105 °С (ГОСТ 31640-2012).

Почва участка – чернозем обыкновенный тяжелосуглинистый карбонатный. Содержание гумуса в слое почвы 0–20 см – 3,4 %, низкое содержание подвижного фосфора (18 мг/кг почвы) и среднее – обменного калия (320 мг/кг почвы).

Оценку по показателям экологической адаптивности выполняли по методу S. A. Eberchart и W. A. Russel (1966) в изложении В. А. Зыкина и др. (2011), расчет стрессоустойчивости и генетической гибкости – по А. А. Гончаренко (2005).

Математическая и статистическая обработка результатов опыта проведена с использованием программ Microsoft Office Excel и Statistica 10.0.

В осенне-зимний период 2018–2019 гг. количество выпавших осадков было практически равно среднемноголетним их значениям. За весеннее время количество осадков было на 8,8 % выше, а в летний период оно составило только 55 % от среднемноголетнего их количества. Недостаток летних осадков существенно отразился на начале осенней вегетации многолетних трав в послеуборочный период. Температурный режим в осенне-весеннее время был благоприятен, среднемесячные температуры были близки к среднемноголетним за этот период. Начало цветения эспарцета совпало с резким повышением температуры воз-

духа, что ускорило время цветения и сократило этот период.

В осенне-зимний период 2019 г. количество выпавших осадков составило 51,4 % от среднесуточных, а за январь–февраль 2020 г. их количество превысило на 62,8 % среднесуточную норму. Полное отсутствие осадков в марте и лишь 43 % от среднесуточной нормы в апреле привело к острому недостатку влаги, и только выпавшие в мае осадки в какой-то степени снизили потребность эспарцета во влаге. Во второй половине вегетации (июнь–август) вновь ощущался недостаток влаги на посевах эспарцета, так как их количество составляло только 83 % от среднесуточных. Дефицит влаги отмечался на фоне высоких среднесуточных температур – на 0,5–2,4 °С выше среднесуточных на протяжении всего вегетационного периода.

Для осени и начала зимы 2020 г. был характерен острый недостаток влаги. В сентябре выпало 2,7 мм, в октябре 16,4 мм, в ноябре 9,3 мм, в декабре 17,5 мм осадков, что составляло соответственно 6,4, 42,4, 18,4 и 27,6 % от среднесуточных. Среднесуточные температуры воздуха в осенние месяцы были на 4,2–1,7 °С

выше среднесуточных. После выпадения октябрьских осадков началась осенняя вегетация эспарцета. Зимний период был благоприятным для его перезимовки. В весенний период отмечалось высокое количество осадков, которое превышало среднесуточные показатели – на 32,2 % в марте, 124,1 % в апреле и 26,7 % в мае.

Для всех лет наблюдений характерны недостаток влаги и высокие температуры воздуха в летний и осенний месяцы, что затягивает начало осенней вегетации эспарцета и подготовку к зимнему периоду. Однако осенне-зимне-весенних осадков, даже при неравномерном их выпадении, достаточно для формирования урожая зеленой массы и семян.

**Результаты и их обсуждение.** Установление факта взаимодействия (сорт × условия) для выборки сортов эспарцета выполняются по результатам дисперсионного анализа. Результаты проведенного двухфакторного дисперсионного анализа показывают более высокое влияние фактора В (условия) как на изменчивость урожайности зеленой массы (79,12 %), так и сухого вещества (75,38 %) (табл. 1).

**Таблица 1. Результаты двухфакторного дисперсионного анализа по признакам «урожайность зеленой массы» и «урожайность сухого вещества», 2017–2021 гг.**

**Table 1. Results of a two-way analysis of variance according to the trait “green mass productivity” and “dry matter productivity”, 2017–2021**

Источники вариации	Сумма квадратов	Степени свободы	Дисперсия	Fфакт.	Fтабл.	Влияние фактора, %
зеленая масса						
Фактор А*	131,80	5	26,36	18,42	2,5	5,01
Фактор В*	2082,18	5	416,44	290,97	2,5	79,12
Взаимодействие А × В	91,82	25	3,67	2,57	1,9	3,49
сухое вещество						
Фактор А	14,18	5	2,84	20,09	2,5	8,16
Фактор В	130,91	5	26,18	185,50	2,5	75,38
Взаимодействие А × В	11,5	25	0,44	3,16	1,9	6,42

Примечание. \* Фактор А – сорт, фактор В – условия.

Влияние на изменение урожайности зеленой массы и сухого вещества фактора А составляло соответственно 5,01 и 8,16 %. Влияние это достоверно, так как Fфакт. обоих признаков выше, чем Fтабл.

Взаимодействие между факторами для этих признаков также достоверно. Для зеленой мас-

сы оно составляло 3,49 %, для сухого вещества – 6,42 %.

Под влиянием различных условий выращивания урожайность зеленой и сухой массы сортов эспарцета варьировала в широких пределах (табл. 2).

**Таблица 2. Влияние условий выращивания на урожайность зеленой массы и сухого вещества сортов эспарцета, т/га, 2018–2021 гг.**

**Table 2. Influence of growing conditions on productivity of green mass and dry matter of the sainfoin varieties, t/ha, 2018–2021**

Сорт	Годы закладки						ΣY <sub>i</sub>	Y <sub>i</sub>	CV, %	bi
	2017		2018		2019					
	Годы учета урожая									
2018	2019	2019	2020	2020	2021					
зеленая масса										
Зерноградский 2, ст.	25,2	26,4	37,2	28,1	19,6	21,3	157,8	26,3	23,6	1,04
Атаманский	26,1	27,8	40,4	30,9	22,9	21,9	170,0	28,3	23,8	1,14
Велес	28,1	27,4	36,2	29,3	24,3	22,4	167,7	28,0	17,1	0,80

Продолжение табл. 2

Сорт	Годы закладки						$\Sigma Y_i$	$Y_i$	CV, %	$b_i$
	2017		2018		2019					
	Годы учета урожая									
	2018	2019	2019	2020	2020	2021				
Сударь	29,6	26,7	38,1	30,9	24,6	29,0	178,9	29,8	17,9	0,87
Шурави	28,2	28,4	37,8	29,9	23,4	24,3	172,0	28,7	18,4	0,88
Атаманский 20	28,8	28,7	44,9	32,8	25,1	24,8	185,1	30,9	24,2	1,26
$\Sigma Y_i$	166,0	163,4	234,6	181,9	139,5	139,3				
$Y_j$	27,67	27,23	39,10	30,32	23,25	23,22				
$I_j$	-0,80	-1,23	10,64	1,85	-5,21	-5,25				
$HCP_{05}$	1,42	1,21	1,62	1,33	0,81	0,73				
сухое вещество										
Зерноградский 2, ст.	6,6	6,9	9,7	7,0	5,1	5,6	40,9	6,8	23,5	1,03
Атаманский	6,9	7,1	9,9	8,3	6,0	5,7	43,9	7,3	21,4	1,02
Велес	7,3	7,1	9,4	8,0	6,5	6,0	44,3	7,4	16,3	0,78
Сударь	7,7	6,9	9,8	8,4	6,2	6,0	45,0	7,5	19,3	0,93
Шурави	8,0	7,8	9,7	8,4	6,2	6,1	46,2	7,7	17,8	0,88
Атаманский 20	7,9	7,8	12,1	8,8	6,5	6,4	49,5	8,3	25,4	1,36
$\Sigma Y_i$	44,4	43,6	60,6	48,9	36,5	35,8				
$Y_j$	7,40	7,27	10,10	8,15	6,08	5,97				
$I_j$	-0,09	-0,23	2,61	0,66	-1,41	-1,53				
$HCP_{05}$	0,41	0,34	0,43	0,52	0,37	0,24				

Стандарт Зерноградский 2 в среднем сформировал урожайность зеленой массы 26,3 т/га, сухой массы – 6,8 т/га, с изменениями по годам от 19,6 до 37,2 т/га и от 5,1 до 9,7 т/га соответственно.

Все изучаемые сорта эспарцета по годам и по закладкам посева были на уровне или превосходили стандарт. Наиболее продуктивный из них новый сорт Атаманский 20 в среднем формировал 30,9 т/га зеленой массы и 8,3 т/га сухой массы, с колебаниями по годам 24,8–44,9 и 6,4–12,1 т/га соответственно.

Значительными были коэффициенты вариации урожайности зеленой и сухой массы стандарта (23,6 и 23,5 %) и у сорта Атаманский 20 (24,2 и 25,4 %). У сортов эспарцета Велес, Сударь и Шурави коэффициенты вариации были средними и для зеленой, и для сухой массы.

Наиболее благоприятные условия для формирования зеленой и сухой массы складывались для посева закладки 2018 года. Индекс условий среды ( $I_j$ ) в 2019 г. составил +10,64 и в 2020 г. +1,85 для зеленой и 2,61 и 0,66 для сухой массы соответственно. Менее благоприятные условия складывались для посева 2019 г. – индексы условий были отрицательны: -5,21 и -5,25 для зеленой и -1,43 и -1,53 для сухой массы при учете урожая в 2020 и 2021 годах.

Реакцию на изменение условий выращивания отражает коэффициент линейной ре-

грессии ( $b_i$ ) урожайности изучаемых сортов эспарцета. По величине коэффициента регрессии в данной выборке сортов эспарцета выделяются две их группы. Одна группа – сорта Зерноградский 2 (стандарт), Атаманский и Атаманский 20, у которых коэффициент линейной регрессии урожайности зеленой и сухой массы больше единицы. Эта группа сортов эспарцета требовательна к улучшению условий выращивания. Новый сорт эспарцета Атаманский 20 будет давать максимальную отдачу при выращивании на зеленый корм и сено при высоком уровне агротехники и благоприятных климатических условиях, так как у него коэффициенты линейной регрессии составляли  $b_i = 1,26$  для урожайности зеленой массы и  $b_i = 1,36$  для урожайности сухой массы.

Сорта Велес, Сударь и Шурави при выращивании на зеленый корм и сено имеют коэффициент линейной регрессии урожайности этих признаков меньше единицы, они будут слабее реагировать изменением урожайности на изменение условий среды.

Изучение сортов эспарцета показало, что способностью формировать стабильную продуктивность зеленой и сухой массы в различных условиях и устойчивостью к стрессу выделяются сорта Велес, Сударь и Шурави (табл. 3).

Таблица 3. Параметры адаптивности сортов эспарцета (2017–2021 гг.)  
Table 3. Parameters of adaptability of the sainfoin varieties (2017–2021)

Сорт	Варьирование урожайности, т/га	Стрессоустойчивость, $Y_{\min} - Y_{\max}$	Генетическая гибкость, $(Y_{\min} - Y_{\max})/2$	Коэффициент дисперсии (стабильности), $\sigma^2$
зеленая масса				
Зерноградский 2, ст.	19,6–37,2	-17,6	28,4	0,96
Атаманский	21,9–40,4	-18,5	31,2	0,80
Велес	22,4–36,2	-13,8	29,3	0,75

Продолжение табл. 3

Сорт	Варьирование урожайности, т/га	Стрессоустойчивость, $Y_{\min} - Y_{\max}$	Генетическая гибкость, $(Y_{\min} - Y_{\max})/2$	Коэффициент дисперсии (стабильности), $\sigma^2$
зеленая масса				
Сударь	24,2–38,1	-13,9	31,2	0,85
Шурави	23,4–37,8	-14,4	30,6	0,38
Атаманский 20	24,8–44,9	-20,1	34,9	0,75
сухое вещество				
Зерноградский 2, ст.	5,1–9,7	-4,6	7,4	0,15
Атаманский	5,7–9,9	-4,2	7,8	0,06
Велес	6,0–9,4	-3,4	7,7	0,03
Сударь	6,0–9,8	-3,8	7,9	0,08
Шурави	6,1–9,7	-3,6	7,9	0,12
Атаманский 20	6,4–12,1	-5,7	9,2	0,09

Устойчивость к стрессу у них имеет отрицательные значения. По признаку урожайность зеленой массы соответственно -13,8, -13,9 и -14,1, сухой массы -3,4, -3,8 и -3,6. Показатель стрессоустойчивости отражает уровень устойчивости сортов эспарцета к стрессовым условиям произрастания, а методика ее расчета определяет, что чем меньше разница между минимальными и максимальными урожайностями, тем выше стрессоустойчивость и шире приспособительные возможности изучаемых сортов. Меньшей устойчивостью и более ограниченными приспособительными способностями в этом отношении обладают стандарт Зерноградский 2 и сорта Атаманский и Атаманский 20.

В то же время по генетической гибкости и большему соответствию между генотипом и факторами среды обладает новый сорт Атаманский 20. У него более высокие значения этого показателя для признака урожайности зеленой (34,9) и сухой (9,2) массы. Остальные сорта эспарцета имеют близкие величины генетической гибкости в условиях возделывания их на зеленый корм и сено.

Коэффициент дисперсии ( $\sigma^2$ ), характеризующий стабильность сортов в различных условиях и рассчитанный на основе теоретической урожайности сортов эспарцета за годы испытаний и отклонения фактических значений урожайности от теоретических, для признака «урожайность зеленой массы» варьировал от 0,38 до 0,96, а для «сухой массы» – от 0,03 до 0,15. Наиболее высоким коэффициентом

дисперсии выделялся стандарт Зерноградский 2 – 0,96 для признака «урожайность зеленой» и 0,15 для «сухой массы», следовательно, стандарт является из изучаемых сортов наименее стабильным. Большей стабильностью по признаку «урожайность зеленой массы» отмечился сорт Шурави ( $\sigma^2 = 0,38$ ), а по признаку «урожайность сухой массы» более стабильным был сорт Велес ( $\sigma^2 = 0,03$ ).

**Выводы.** Таким образом, изучение сортов эспарцета местной селекции в течение нескольких лет (2017–2021 гг.) по некоторым признакам адаптивности показало, что эти сорта различаются реакцией урожайности зеленой и сухой массы на изменение условий среды. Коэффициент, отражающий эту реакцию, у сортов Зерноградский 2, Атаманский и Атаманский 20 больше единицы, и они требовательны к улучшению условий при возделывании на зеленый корм и сено, а сорта Велес, Сударь и Шурави, в которых меньше единицы, слабее реагируют изменением урожайности зеленой и сухой массы на улучшение условий среды и являются более пластичными. Поэтому более высокой устойчивостью к стрессу обладают сорта Велес, Сударь и Шурави, а у сортов Зерноградский 2, Атаманский и Атаманский 20 диапазон приспособительных возможностей устойчивости к стрессу уже. Более высокое соответствие между генотипом и факторами среды по признакам «урожайность зеленой и сухой массы» и «высокая генетическая гибкость» установлены для сорта Атаманский 20.

#### Библиографические ссылки

1. Антонов С. А. Изменение засушливости территории Ставропольского края за последние 50 лет (1969–2018 гг.) // Сельскохозяйственный журнал. 2019. № 12(2). С. 6–12. DOI: 10.25930/001.2.12.2019.
2. Гончаренко А. А. Об адаптивности и экологической устойчивости сортов зерновых культур // Вестник Россельхозакадемии. 2005. № 6. С. 49–53.
3. Жученко А. А. Ресурсный потенциал производства зерна в России. М.: Агрорус, 2004. 1109 с.
4. Кравцова Е. В. Влияние сидератов на продуктивность зерновых культур в условиях южной зоны Ростовской области // Зерновое хозяйство России. 2016. № 4(46). С. 57–60.
5. Левакова О. В. Результаты изучения адаптивно-экологических показателей новых сортов и перспективных линий озимой мягкой пшеницы в условиях Рязанской области // Зерновое хозяйство России. 2019. № 2(62). С. 13–16. DOI: 10.31367/2079-8725-2019-62-2-13-16.
6. Мальчиков П. Н., Мясникова М. Г. Адаптивность селекционных линий твердой пшеницы из Италии в условиях Среднего Поволжья // Достижения науки и техники в АПК. 2021. Т. 35, № 3. С. 28–32. DOI: 10.24411/0235-2451-2021-10305.
7. Мальчиков П. Н., Розова М. А., Моргунов А. И., Мясникова М. Г., Зеленский Ю. И. Величина и стабильность урожайности современного селекционного материала яровой твердой пшеницы (*Triticum durum* desf.) из России и Казахстана // Вавиловский журнал генетики и селекции. 2018. Т. 22, № 8. С. 939–950. DOI: 10.18699/VJ18.436.

8. Павлова В. Н., Каланка П., Караченкова А. А. Продуктивность зерновых культур на территории Европейской России при изменении климата за последние десятилетия // *Метеорология и гидрология*. 2020. (1). С. 78–94.

9. Радченко Л. Н., Ганоцкая Т. Л., Радченко А. Ф. Оценка адаптивных свойств озимой ржи при возделывании в условиях Крыма // *Таврический вестник аграрной науки*. 2018. № 1(13). С. 74–79. DOI: 10.25637/TVAN2018.01.06.

10. Филиппов Е. Г., Донцова А. А., Брагин Р. Н. Оценка показателей адаптивности сортов озимого ячменя в условиях юга России // *Зерновое хозяйство России*. 2019. № 4(64). С. 14–18. DOI: 10.31367/2079-8725-2019-64-4-14-18.

11. Юсова О. А., Николаев П. Н., Бендина Я. Б., Сафонова И. В., Аниськов Н. И. Стрессоустойчивость сортов ячменя различного экологического происхождения для условий резко континентального климата // *Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции*. 2020. № 18(4). С. 44–55. <https://doi.org/10.30901/2227-8834-2020-4-44-55>.

12. Mora-Ortiz M., Swain M. T., Vickers M. J., Hegarty M. J., Kelly R., Smith L. M. J., Skøt L. De novo transcriptome assembly for gene identification, analysis, annotation, and molecular marker discovery in *Onobrychis viciifolia* // *BMC Genomics* 17. 2016. Vol. 756. DOI: 10/1186/s12864-016-3083-6.

### References

1. Antonov S. A. Izmenenie zasushlivosti territorii Stavropol'skogo kraja za poslednie 50 let (1969–2018 gg.) [Changes in aridity in the Stavropol Territory over the past 50 years (1969–2018)] // *Sel'skokhozyaistvennyi zhurnal*. 2019. № 12(2). S. 6–12. DOI: 10.25930/001.2.12.2019.

2. Goncharenko A. A. Ob adaptivnosti i ekologicheskoi ustoichivosti sortov zernovykh kul'tur [On the adaptability and environmental sustainability of grain crop varieties] // *Vestnik Rossel'khozakademii*. 2005. № 6. S. 49–53.

3. Zhuchenko A. A. Resursnyi potentsial proizvodstva zerna v Rossii [Resource potential of grain production in Russia]. M.: Agorus, 2004. 1109 s.

4. Kravtsova E. V. Vliyaniye sideratov na produktivnost' zernovykh kul'tur v usloviyakh yuzhnoi zony Rostovskoi oblasti [The influence of green manure on grain crop productivity in the conditions of the southern part of the Rostov region] // *Zernovoe khozyaistvo Rossii*. 2016. № 4(46). S. 57–60.

5. Levakova O. V. Rezul'taty izucheniya adaptivno-ekologicheskikh pokazatelei novykh sortov i perspektivnykh linii ozimoi myagkoi pshenitsy v usloviyakh Ryazanskoi oblasti [Study results of the adaptive-ecological indicators of new winter bread wheat varieties and promising lines in the Ryazan region] // *Zernovoe khozyaistvo Rossii*. 2019. № 2(62). S. 13–16. DOI: 10.31367/2079-8725-2019-62-2-13-16.

6. Mal'chikov P. N., Myasnikova M. G. Adaptivnost' selektsionnykh linii tverdoi pshenitsy iz Italii v usloviyakh Srednego Povolzh'ya [Adaptability of durum wheat breeding lines from Italy in the conditions of the Middle Volga region] // *Dostizheniya nauki i tekhniki v APK*. 2021. T. 35, № 3. S. 28–32. DOI: 10.24411/0235-2451-2021-10305.

7. Mal'chikov P. N., Rozova M. A., Morgunov A. I., Myasnikova M. G., Zelenskii Yu. I. Velichina i stabil'nost' urozhainosti sovremennogo selektsionnogo materiala yarovoi tverdoi pshenitsy (*Triticum durum* desf.) iz Rossii i Kazakhstana [Productivity value and stability of the current spring durum wheat breeding material (*Triticum durum* desf.) from Russia and Kazakhstan] // *Vavilovskii zhurnal genetiki i selektsii*. 2018. T. 22, № 8. S. 939–950. DOI: 10.18699/VJ18.436.

8. Pavlova V. N., Kalanka P., Karachenkova A. A. Produktivnost' zernovykh kul'tur na territorii Evropeiskoi Rossii pri izmenenii klimata za poslednie desyatiletiya [Productivity of grain crops on the territory of European Russia under climate change over the past decades] // *Meteorologiya i gidrologiya*. 2020. (1). S. 78–94.

9. Radchenko L. N., Ganotskaya T. L., Radchenko A. F. Otsenka adaptivnykh svoystv ozimoi rzhii pri vozdeleyvanii v usloviyakh Kryma [Estimation of the adaptive properties of winter rye when cultivated in the Crimea] // *Tavricheskii vestnik agrarnoi nauki*. 2018. № 1(13). S. 74–79. DOI: 10.25637/TVAN2018.01.06.

10. Filippov E. G., Dontsova A. A., Bragin R. N. Otsenka pokazatelei adaptivnosti sortov ozimogo yachmenya v usloviyakh yuga Rossii [Estimation of adaptability indicators of the winter barley varieties in the south of Russia] // *Zernovoe khozyaistvo Rossii*. 2019. № 4(64). S. 14–18. DOI: 10.31367/2079-8725-2019-64-4-14-18.

11. Yusova O. A., Nikolaev P. N., Bendina Ya. B., Safonova I. V., Anis'kov N. I. Stressoustoichivost' sortov yachmenya razlichnogo ekologicheskogo proiskhozhdeniya dlya uslovii rezko kontinental'nogo klimata [Stress resistance of barley varieties of different ecological origin for the conditions of a sharply continental climate] // *Trudy po prikladnoi botanike, genetike i selektsii*. 2020. № 18(4). S. 44–55. <https://doi.org/10.30901/2227-8834-2020-4-44-55>.

12. Mora-Ortiz M., Swain M. T., Vickers M. J., Hegarty M. J., Kelly R., Smith L. M. J., Skøt L. De novo transcriptome assembly for gene identification, analysis, annotation, and molecular marker discovery in *Onobrychis viciifolia* // *BMC Genomics* 17. 2016. Vol. 756. DOI: 10/1186/s12864-016-3083-6.

Поступила: 31.08.22; доработана после рецензирования: 28.09.22; принята к публикации: 06.10.22.

**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.** Игнатъев С. А. – концептуализация исследования, подготовка рукописи; Регидин А. А. – анализ данных и их интерпретация, подготовка рукописи; Кравченко Н. С. – биохимический анализ; Горюнов К. Н. – проведение полевого опыта.

**Все авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.**

## СИЛЬНЫЕ СОРТА – ОСНОВА ПРОИЗВОДСТВА ВЫСОКОКАЧЕСТВЕННЫХ ПРОДУКТОВ ПЕРЕРАБОТКИ ЗЕРНА МЯГКОЙ ПШЕНИЦЫ

**И. В. Пахотина**, кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник, заведующий лабораторией качества зерна, pakhotina@anc55.ru, ORCID ID: 000-0002-9709-1951;

**Е. Ю. Игнатьева**, кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник, ignateva@anc55.ru, ORCID ID: 0000-0001-6291-9678;

**И. А. Белан**, кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник, заведующий лабораторией селекции мягкой яровой пшеницы, belan@anc55.ru, ORCID ID: 000-0002-8911-4199;

**Л. П. Россеева**, кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник, rosseeva@anc55.ru, ORCID ID: 000-0002-5885-4020;

**Л. Т. Солдатова**, младший научный сотрудник, аспирант, soldatova@anc55.ru, ORCID ID 000-0003-0793-8416

ФГБНУ «Омский аграрный научный центр»,  
644012, Омская область, г. Омск, Россия, пр-кт Королева, 26

Изучены новые сильные сорта мягкой яровой пшеницы разных групп спелости (Тарская 12, Омская 44 и Омская 42) в сравнении со стандартами (Памяти Азиева, Дуэт и Элемент 22) и иностранными сортами в условиях юга Западной Сибири. Цель исследования – выявить преимущество изучаемых сортов пшеницы, рекомендованных для возделывания в Омской области для производства зерна с высокими хлебопекарными свойствами. Исследования проводили на базе селекционного севооборота лаборатории селекции яровой мягкой пшеницы в питомнике конкурсного сортоиспытания, а также отдела семеноводства при посеве по пару (интенсивный фон) в зоне южной лесостепи Омской области ФГБНУ «Омский АНЦ». Проведена оценка хлебопекарного качества и классификация образцов по методикам и классификационным нормам, рекомендованным Государственной комиссией по сортоиспытанию сельскохозяйственных растений. Выявлено преимущество среднераннего сорта Тарская 12 по формированию количества клейковины в зерне (+3,2...4,2 %), разжижению теста (–34...50 е.ф.), упругости теста (+24...43 мм) и силе муки (+113...188 е.а.); среднеспелого сорта Омская 44 по формированию упругости теста, силы муки в сравнении со стандартами. Среднепоздний сорт Омская 42 отличался высокими хлебопекарными показателями в сравнении со стандартом Элемент 22. Сравнительный анализ технологических свойств новых сортов и иностранной селекции выявил преимущество изучаемых отечественных сортов по формированию содержания белка в зерне и силы муки.

**Ключевые слова:** яровая пшеница, сильные сорта, качество зерна, содержание белка, количество и качество клейковины, реологические свойства теста, качество хлеба.

**Для цитирования:** Пахотина И. В., Игнатьева Е. Ю., Белан И. А., Россеева Л. П., Солдатова Л. Т. Сильные сорта – основа производства высококачественных продуктов переработки зерна мягкой пшеницы // Зерновое хозяйство России. 2022. Т. 14, № 5. С. 39–46. DOI: 10.31367/2079-8725-2022-82-5-39-46.



## STRONG VARIETIES ARE THE BASIS TO PRODUCE HIGH-QUALITY PROCESSING PRODUCTS OF BREAD WHEAT GRAIN

**I. V. Pakhotina**, Candidate of Agricultural Sciences, leading researcher, head of the laboratory for grain quality, pakhotina@anc55.ru, ORCID ID: 000-0002-9709-1951;

**E. Yu. Ignatieva**, Candidate of Agricultural Sciences, leading researcher, ignateva@anc55.ru, ORCID ID: 0000-0001-6291-9678;

**I. A. Belan**, Candidate of Agricultural Sciences, leading researcher, head of the laboratory for spring bread wheat breeding, belan@anc55.ru, ORCID ID: 000-0002-8911-4199;

**L. P. Rosseeva**, Candidate of Agricultural Sciences, leading researcher, rosseeva@anc55.ru, ORCID ID: 000-0002-5885-4020;

**L. T. Soldatova**, junior researcher, post-graduate, soldatova@anc55.ru, ORCID ID: 000-0003-0793-8416

Federal State Budgetary Scientific Institution “Omsk “Agricultural Research Center”,  
644012, RF, Omsk, Korolev Av, 26

There have been studied new strong varieties of spring bread wheat of different maturity groups (‘Tarskaya 12’, ‘Omskaya 44’ and ‘Omskaya 42’) in comparison with the standards (‘Pamyati Azieva’, ‘Duet’ and ‘Element 22’) and foreign varieties in the conditions of the south of Western Siberia. The purpose of the study was to identify the advantage of the studied wheat varieties recommended for cultivation in the Omsk region to produce grain with high baking properties. The study was carried out based on the selection crop rotation of the laboratory for spring bread wheat breeding in the nursery of Competitive Variety Testing, as well as the department of seed production when sown on fallow (intense background) in the zone of the southern forest-steppe of the Omsk region of the FSBSI “Omsk ARC”. There has been conducted a bakery quality estimation and qualification of samples according to the methodologies and classification standards recommended by the State Commission for Variety Testing of Agricultural Plants. There was

identified an advantage of the medium-early variety 'Tarskaya 12' according to the formation of gluten amount in grain (+3.2...4.2 %), dough dilution (-34...50 u.f.), dough resilience (+24...43 mm) and flour strength (+113...188 u); middle maturing variety 'Omskaya 44' on the formation of dough resilience, flour strength in comparison with the standards. The middle-late variety 'Omskaya 42' was distinguished by high baking characteristics in comparison with the standard 'Element 22'. A comparative analysis of the technological properties of new varieties and foreign breeding has revealed the advantage of the studied domestic varieties in formation of protein in grain and flour strength.

**Keywords:** spring wheat, strong varieties, grain quality, protein percentage, quantity and quality of gluten, dough rheological properties, bread quality.

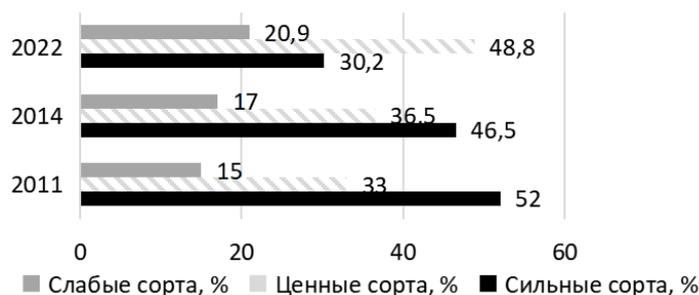
**Введение.** Пшеница – основная хлебная культура, которая обеспечивает около 20 % энергии, потребляемой человеком с пищей. Белок пшеницы, сбалансированный другими продуктами питания, является эффективным источником протеина. В России посевные площади этой культуры составляют 36,9 % от всей площади посевов. Рост валового сбора с 2010 г. вырос на 37,9 % при росте урожайности по озимой пшенице на 0,76 т/га, яровой – на 0,43 т/га (Сельское хозяйство в России: стат. сб. Росстат М., 2021. 100 с. [сайт]. URL: [https://rosstat.gov.ru/storage/mediabank/S-X\\_2021.pdf](https://rosstat.gov.ru/storage/mediabank/S-X_2021.pdf)). В то же время эффективность зернопроизводства зависит не только от урожайности, но и качества ежегодно производимого зерна, которое определяет его пригодность к использованию по целевому назначению (Капис, 2004).

Проблема высококачественного зерна для производства продуктов его переработки остается нерешенной в полной мере. В 2018 г. Российский союз мукомолов и крупяных предприятий оценивал нехватку высококачественной пшеницы для производства хлеба в 12,6 млн т (Мелешкина, 2018). Тенденция недостатка качественного сырья отмечена и в резолюции XIX Производственной конференции «Мельница», проведенной этой организацией в 2021 году. Отсутствие зерна пшеницы необходимого качества привело к росту рынка хлебопекарных смесей и улучшителей муки (Алабушев, 2019, Мелешкина, 2018). Товарное зерно оценивается по показателям качества, регламентированными ГОСТ 9353-2016 г, который не предусматривает целевое использование зернового продукта, и делится на пять классов. Известно, что муку стандартного качества можно получить при наличии в зерне не менее 25 % клейковины, при этом ограничительная норма 3 класса не менее 23 %. В 2021 г., благоприятном для получения высококаче-

ственного зерна, при обследовании 58 % собранного урожая выявлено 46,7 % 3 класса, 40,7 % – 4 класса. Только в пяти областях обнаружены «следы» партий зерна 1 и 2 класса (URL: [fczerna.ru/analytics/analiz-kachestva-zernanovogo-urozhaya](http://fczerna.ru/analytics/analiz-kachestva-zernanovogo-urozhaya)). Вычленив сырье, пригодное для хлебопечения, предстоит ГОСТ 34702-2020 «Пшеница хлебопекарная. Технические условия», принятом 21 марта 2021 года. Новый стандарт вводит понятие хлебопекарной пшеницы как зерно пшеницы одного сорта или смеси сортов, характеризующееся такими качественными показателями, которые обеспечивают при хлебопекарном помоле получение стандартной по качеству муки. Главное хлебопекарное качество муки – сила. Пшеница по силе муки подразделяется на сильную (улучшитель), среднюю по силе (ценная), филлер и слабую. Преимущество сильной пшеницы состоит в способности улучшать хлебопекарные свойства слабой. Из зерна сильной пшеницы можно получить более высокий выход муки и хлеба, что снижает расход зерна (Мелешкина, 2020).

Сильные сорта при равных условиях выращивания способны формировать зерно с более высоким классом качества. Кроме того, при формировании помольных партий к такому зерну можно добавлять больше менее качественной пшеницы (Колмаков и др., 2015). Исследования, проведенные в Тюменской области, показали, что сильные сорта имели преимущество по формированию количества клейковины и силы муки по сравнению с ценными и слабыми сортами (Белкина и др., 2021).

Следует отметить, что доля сильных сортов, включаемых в Государственный реестр и рекомендованных для возделывания в том или ином регионе, продолжает снижаться и в Омской области за десять лет уменьшилась на 21,8 % (рис. 1).



**Рис. 1.** Соотношение сортов, рекомендованных для возделывания для Омской области по качеству зерна (по данным Филиала Госкомиссии по Омской области)

**Fig. 1.** The ratio of varieties recommended for cultivation in the Omsk region according to grain quality (according to the data of the Branch of the State Commission in the Omsk Region)

Улучшение качества клейковины является приоритетным направлением в селекции на качество зерна. В зависимости от спроса рынка к сортам предъявляются разные требования. Так, в Аргентине выделяют 3 группы качества (QG): QG1 – сорта с особо сильной клейковиной, с высокой смесительной ценностью, QG2 – сорта, адаптированные для местной выпечки (ферментация 8 ч) и QG3 – сорта, пригодные для прямых методов выпечки (время ферментации менее 8 ч). Более 70 % посевных площадей заняты высококачественными урожайными сортами. Немецкая система классификации пшеницы классифицирует сорта в соответствии с их хлебопекарным качеством по категориям: Е (элитная) – имеет самое высокое качество, А (улучшитель), В (выпечка хлеба) и С (выпечка печенья) – более низкакачественная. В этих условиях задача селекционеров – создавать сорта с высокими технологическими свойствами зерна, адаптированными к определенной зоне выращивания, остается актуальной (Giberto Igrejas et al., 2020).

Цель исследования – выявить преимущество новых сильных сортов мягкой яровой пшеницы разных групп спелости, рекомендованных для возделывания в Омской области для производства зерна с высокими хлебопекарными свойствами. Задачи исследования: оценка технологических свойств зерна сортов, выращенных в питомнике конкурсного сортоиспытания (КСИ) в сравнении со стандартами в 2018–2021 гг.; в питомнике отдела семеноводства в 2021 г. при выращивании по пару и зерновым культурам, по экстенсивному и интенсивному фону, анализ данных Государственной комиссии по сортоиспытанию сельскохозяйственных растений по формированию качества зерна в разных зонах выращивания, определение преимуществ новых сортов в увеличении производства высококачественного зерна, пригодного для хлебопечения и улучшения низкокачественного сырья.

Погодные условия в течение весенне-летнего периода (май–август) 2018–2021 гг. были контрастными. По метеорологическим условиям 2018 г. был влажным (ГТК = 1,4), кроме того, ливневые осадки и сильный ветер привели к полеганию посевов, 2019 г. определялся как среднезасушливый (ГТК = 0,99), а вегетационные периоды 2020 и 2021 гг. характеризовались низкой влагообеспеченностью (ГТК = 0,58 и 0,55). Наличие росы и время ее экспозиции более 8 ч в 2018–2021 гг., что способствовало массовому развитию листостеблевых патогенов (Белан и др., 2020).

Почва опытного участка лугово-черноземная среднесуглинистая с тяжелосуглинистым гранулометрическим составом, содержание гумуса около 6 % (по Тюрину), рНсол –6,5. Содержание в слое 0–40 см: нитратного азота – среднее, подвижного фосфора – повышенное, обменного калия (по Чирикову) – высокое.

### Материалы и методы исследований.

Объекты исследования – сорта мягкой яровой пшеницы: Тарская 12, Омская 44, Омская 42. Сорта-стандарты, наиболее востребованные в производстве: Памяти Азиева (среднеранняя группа); Дуэт (среднеспелая группа), Элемент 22 (среднепоздняя группа). Исследования проводили на базе селекционного севооборота лаборатории селекции яровой мягкой пшеницы ФГБНУ «Омский АНЦ» (питомник конкурсного сортоиспытания).

Срок посева – 12–15 мая по чистому пару. Посев проводили сеялкой ССФК-7 М с нормой высева 5,5 млн всхожих семян на гектар. При уборке урожая использовали малогабаритный комбайн «ХЕГЕ–125».

Оценку качества зерна образцов, отобранных в полевых условиях, проводили в лаборатории качества зерна ФГБНУ «Омский АНЦ». Изучались показатели качества зерна: натура (ГОСТ 10840-2017), масса 1000 зерен (по 500 зерен в двух повторениях), стекловидность (ГОСТ 10987-76, визуально), количество клейковины в зерне и индекс деформации клейковины (ГОСТ Р 54478-2011), содержание белка в зерне по методике М. Базавлука.

В рамках Государственного контракта с минсельхозом Омской области проводилась сравнительная оценка эффективности возделывания отечественных и иностранных сортов зерновых культур в условиях южной лесостепи. В наших исследованиях объектами послужили сорта Омского АНЦ (отдел семеноводства) – Тарская 12, Омская 42, Омская 44 и сорта иностранной селекции – Ликамеро (Франция), КВС Аквилон и Буран (KWS Lochow GmbH, Германия), Торридон (KWS UK LTD). Сорта высевали по пару и второй культурой после пара; по экстенсивному фону без использования комплекса химизации за исключением гербицидов (Примадонна + Гранат + Овсюген Супер); интенсивному фону – протравливание семян за 3–5 дней до посева (Скарлет), допосевное внесение удобрений (Аммофос), обработка баковой смесью (гербициды + стимулятор роста), регулятор роста, баковая смесь (фунгициды + инсектициды + стимулятор роста).

Реологические свойства теста изучались по показателям приборов альвеограф и фаринограф, лабораторная выпечка хлеба с определением объема хлеба (смЗ), оценкой внешнего вида, цвета, пористости и эластичности мякиша, общей хлебопекарной оценке по методикам, рекомендованным Государственной комиссией по сортоиспытанию сельскохозяйственных растений. Интерпретацию данных проводили по классификационным нормам ГОСТ 9353-2016 (товарное качество) и используемым лабораторией Госкомиссии по хлебопекарным показателям.

Статистическую обработку данных проводили по методике Б. А. Доспехова с применением пакета статистических программ (MS Excel).

**Результаты и их обсуждение.** За последние 4 года в Госреестр РФ включено пять сортов

мягкой яровой пшеницы разных групп спелости (Омская 42, Уралосибирская 2, Тарская 12, Омская 44 и Тарская юбилейная). Три сорта с комплексом хлебопекарных показателей на уровне сильной пшеницы: среднеранний сорт Тарская 12 (Патент № 10852, 2020 г.) отличается комплексом хозяйственно ценных свойств и признаков; пригоден для возделывания в северных районах (тайга, подтайга, северная лесостепь), имеет отличные хлебопекарные свойства и устойчивость к пыльной головне (Григорьев и др., 2020); среднеспелый сорт Омская 44 (Патент № 11524, 2021 г.) рекомендован для возделывания в лесостепной и степной

зонах Урала, Западной и Восточной Сибири, характеризуется высокой потенциальной урожайностью (4,01–5,43 т/га по пару; 2,37–4,38 т/га по зерновым) и устойчивостью к листовостебельным патогенам (Белан и др., 2022); среднепоздний Омская 42 (Патент № 9658, 2018 г.), высоко конкурентный в своей группе спелости сорт при средней урожайности 3,37 т/га и с высокой устойчивостью к заболеваниям. Все сорта в итоге испытания Государственной комиссии по сортоиспытанию сельскохозяйственных растений были отнесены к группе сильных пшениц (табл. 1).

**Таблица 1. Хлебопекарное качество сортов пшеницы при Государственном сортоиспытании**  
**Table 1. Baking quality of wheat varieties at the State Variety Testing**

Сорт	Год испытания	Сортоучасток (ГСУ)	Натура, г/л	Хлебопекарные показатели					
				клейковина, %	валориметр, е.вал.	разжижение, е.ф.	упругость, мм	сила муки, е.а.	объем хлеба, см <sup>3</sup>
Памяти Азиева St	2018	Черлакский	762	28,4	53	90	85	195	1200
		Горьковский	692	29,6	54	110	93	212	1020
Тарская 12		Черлакский	725	31,6	63	50	128	328	1000
		Горьковский	685	33,8	67	60	117	325	1100
Дуэт St	2019	Щербакульский	745	25,2	62	70	91	330	1200
		Павлоградский	746	31,4	72	30	100	548	1050
Омская 44		Щербакульский	745	24,6	80	60	123	394	1200
		Павлоградский	711	31,2	80	40	97	410	900
Элемент 22 St	среднее 2016–2017 гг.	Павлоградский	807	27,2	37	190	63	106	850
		Черлакский	762	33,0	46	140	70	94	850
Омская 42		Павлоградский	756	29,5	85	60	91	314	1240
		Черлакский	723	30,4	77	35	98	309	980

Исследуемые сорта выгодно отличались от стандартов высокими реологическими свойствами теста и объемом хлеба на их уровне или выше. Преимущество сильного сорта Омская 42 в сравнении с Элементом 22 составило по разжижению теста 25–130 е.ф., силе муки более 200 е.а. и объему хлеба 130–390 см<sup>3</sup>. Недостатком новых сортов может быть невы-

сокий потенциал формирования природы зерна, что при неблагоприятных условиях выращивания ведет к снижению уровня показателя.

Исследования, проведенные в 2018–2021 гг., показали, что исследуемые сорта из питомника конкурсного сортоиспытания отличались стабильно высоким хлебопекарным качеством (табл. 2).

**Таблица 2. Технологическое качество зерна новых сортов мягкой яровой пшеницы в сравнении со стандартами, среднее за 2018–2021 гг.**  
**Table 2. Technological grain quality of the new spring bread wheat varieties in comparison with the standards, mean in 2018–2021**

Сорт	Натура, г/л	Масса 1000 зерен, г	Хлебопекарные показатели						
			белок, %	клейковина, %	валориметр, е.вал.	разжижение, е.ф.	упругость, мм	сила муки, е.а.	объем хлеба, см <sup>3</sup>
среднеранние									
П. Азиева, St	703	30,3	15,19	31,3	58	65	58	248	1034
Тарская 12	746	34,3	16,96	35,3	76	31	93	436	985
± к St	+43	+4,0	+1,77	+4,0	+18	-34	+35	+188	-49
среднеспелые									
Дуэт, St	660	26,0	13,97	29,2	64	30	82	310	974
Омская 44	723	31,7	15,86	31,1	73	27	145	570	990
± к St	+60	+5,7	+1,89	+1,9	+9	-3	+63	+260	+16
среднепоздние									
Элемент 22, St	761	33,2	16,10	33,9	56	76	64	191	788
Омская 42	669	31,6	17,16	33,0	81	27	96	439	928
± к St	-92	-1,6	+1,06	-0,9	+25	-49	+32	+248	+140

Исследуемые сорта формировали содержание белка и количество клейковины в зерне на уровне и выше стандартов в среднем на 1,77 и 4,0 % (Тарская 12) и 1,89 и 1,9 % (Омская 44). Сорт Омская 42 превысил стандарт на 1,06 % по содержанию белка. В среднем превышение по валориметрической оценке, упругости теста и силе муки составило 17,3 е. вал, 43,0 мм и 232 е.а. соответственно. Преимущество новых сортов – лучшие реологические свойства теста с длительным сохранением консистенции при механическом замесе и брожении, с показателями упругости, эластичности и силы муки на уровне хорошего улучшителя. При равных условиях из такого теста не всегда удается получить хлеб лучшего объема. Для потребителей хлебопекарное качество связано прежде всего с такими показателями, как объем хлеба, вкус, запах, свойства мякиша и корки, для хлебопеков дополнительно – стабильность и способность к разжижению теста (Clemens Schuster et al., 2022). Связь объема хлеба с силой муки разнонаправлена и при разных вариантах методики выпечки варьирует от слабой до сильной (Капис, 2004), с содержанием белка сильная ( $r = 0,823^{***}$ ). Время образования

теста, стабильность и разжижение теста связаны с характеристиками прочности клейковины (Clemens Schuster et al, 2022, Tsogtbayar Baasandorj et al., 2016). Tsogtbayar Baasandorj et al установили, что мелкие зерна могут способствовать повышению качества хлебобулочных изделий, оказывая при этом отрицательное влияние на выход помола (Tsogtbayar Baasandorj et al., 2015). Оценка корреляционной связи объема хлеба с основными показателями реологии теста, определенных на альвеографе и фаринографе на селекционном материале конкурсного сортоиспытания (2018–2021 гг.), выявила устойчивую положительную сопряженность объема хлеба с упругостью и силой муки, а также валориметрической оценкой, и отрицательную с разжижением теста у среднепоздних сортов и линий, отличающихся разным уровнем прочности клейковины. У среднеранних и среднеспелых селекционных линий и сортов, отличающихся сильной клейковиной, изучаемые сопряженности оказались слабыми по годам исследований с тенденцией ухудшения объема хлеба у сортов с очень высокой силой и упругостью теста (табл. 3).

**Таблица 3. Хлебопекарное качество и корреляционная связь объема хлеба с основными показателями реологических свойств теста сортов и селекционных образцов из КСИ мягкой яровой пшеницы, 2018–2021 гг.**  
**Table 3. Baking quality and correlation of bread volume with the main indicators of dough rheological properties of the varieties and breeding samples from CVT of spring bread wheat, 2018–2021**

Показатель качества	Max–min показателя качества по годам				Корреляция показателя с объемом хлеба			
	2018	2019	2020	2021	2018	2019	2020	2021
среднеранние								
Упругость, мм	168–84	140–53	130–78	176–57	–0,26	0,10	–0,30	–0,05
Сила муки, е.а.	683–353	623–286	487–240	673–300	–0,33	0,05	0,10	–0,38
Разжижение, е.ф.	60–20	70–0	90–0	60–10	–0,22	0,29	–0,23	0,22
Валориметр, е.в.*	85–60	92–52	88–43	88–57	0,18	–0,48	0,28	–0,14
Объем хлеба, см <sup>3</sup>	1170–850	1080–896	1200–740	1190–790	–	–	–	–
Sr	–	–	–	–	0,24	0,25	0,24	0,28
среднеспелые								
Упругость, мм	169–101	152–83	150–65	150–53	–0,16	0,11	–0,17	–0,14
Сила муки, е. а.	877–350	637–302	520–218	621–293	–0,05	0,10	0,03	0,07
Разжижение, е. ф.	60–10	40–0	80–0	70–0	0,04	0,06	–0,04	–0,36
Валориметр, е. в.*	92–58	91–60	78–45	88–66	–0,05	0,00	0,00	0,51*
Объем хлеба, см <sup>3</sup>	1080–810	1200–950	1100–600	1200–760	–	–	–	–
Sr	–	–	–	–	0,21	0,21	0,21	0,22
среднепоздние								
Упругость, мм	–	144–55	–	121–59	–	0,50*	–	0,61*
Сила муки, е.а.	–	603–174	–	623–230	–	0,81*	–	0,72*
Разжижение, е.ф.	–	70–0	–	90–0	–	–0,69*	–	–0,48*
Валориметр, е.в.*	–	86–59	–	90–53	–	0,89*	–	0,51*
Объем хлеба, см <sup>3</sup>	–	1090–770	–	1070–730	–	–	–	–
Sr	–	–	–	–	–	0,20	–	0,19

Примечание. \* – валориметрическая оценка.

Недостатком сорта Омская 42 может быть мелкозерность и снижение натуры зерна в неблагоприятные годы.

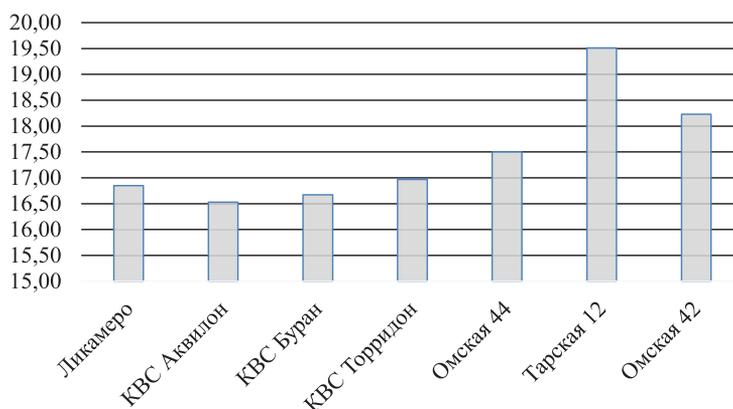
Изучение новых и иностранных сортов было проведено по предшественникам (пар, зерновые) и фонам (интенсивный, экстенсив-

ный) в 2021 г. в стационаре отдела семеноводства. Выявлено, что изучаемые сорта показали лучшее качество зерна, муки и хлеба по паровому предшественнику и являются сортами интенсивного типа. В Государственный реестр селекционных достижений на 2021 г. включе-

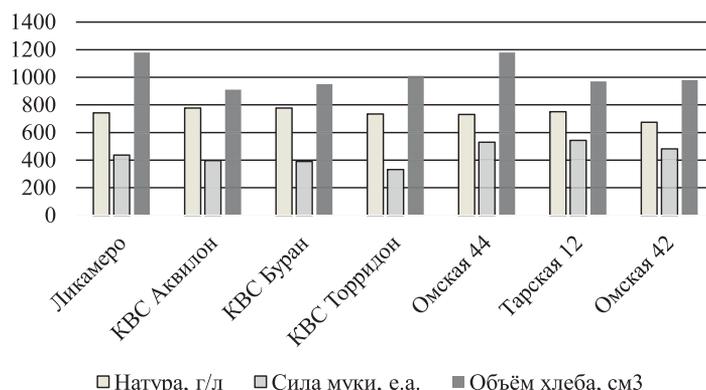
но по 10 региону 7 сортов иностранной селекции, из них три ценных: Ликамеро, Сансет и KBS Аквилон. Из представленных диаграмм видно, что новые сорта селекции Омского АНЦ отличались высоким уровнем содержания белка

в зерне с превышением иностранных сортов в среднем на 0,53–2,97 % (рис. 2, 3).

Изучаемые сорта различались и по другим хлебопекарным показателям, представленными на рисунке 3.



**Рис. 2.** Содержание белка в сортах иностранной селекции и Омского АНЦ, пар, интенсивный фон  
**Fig. 2.** Protein percentage in the varieties of foreign breeding and of the Omsk ARC, fallow, intensive background



**Рис. 3.** Натура, сила муки и объем хлеба сортов иностранной селекции и Омского АНЦ, пар, интенсивный фон  
**Fig. 3.** Nature, flour strength and bread volume of the varieties of foreign breeding and of the Omsk ARC, fallow, intensive background

По силе муки превышение в среднем составило 46–211 е. а. Имея максимальную упругость теста (109–141 мм) по сравнению с иностранными сортами (87–118 мм) и высокую силу муки, сорт Омская 44 по объему и качеству хлеба оказался на уровне сорта Ликамеро (1180 см³). Сорта Тарская 12 (970 см³) и Омская 42 (980 см³) – на уровне или незначительно выше сортов Аквилон (910 см³), Буран (950 см³) и Торридон (1010 см³). Преимуществом сортов Аквилон и Буран стала повышенная натура зерна – 778 г/л. Лучшей натурой из отечественных сортов отличался раннеспелый сорт Тарская 12 (750 г/л), натуру ниже 4 класса формировал сорт Омская 42 – 674 г/л.

**Выводы.** Изучение хлебопекарных показателей новых сортов интенсивного типа выявило следующие закономерности: среднеранний сорт Тарская 12 в сравнении со стандартом сильным сортом Памяти Азиева показал преимущество по формированию количества клейковины в зерне (+3,2–4,2 %), разжижению теста (–34–50 е.ф.), упругости теста (+24–43 мм) и силе муки (+113–188 е.а.); сред-

неспелый сорт Омская 44 превысил сорт Дуэт по упругости теста (+32–63 мм), силе муки (+64–260 е.а.) при выращивании в зоне южной лесостепи при содержании белка и клейковины в зерне на уровне и выше стандарта; среднепоздний сорт Омская 42 отличался высокими хлебопекарными показателями: по содержанию белка на 1,06–2,30 %, валориметрической оценке на 25–48 е.в., упругости теста на 28–32 мм, силе муки на 208–248 е.а., объему хлеба на 130–390 см³ выше, а по разжижению – на 49–130 е.ф. ниже стандарта Элемент 22.

Новые сорта при неблагоприятных условиях выращивания формируют пониженную натуру зерна, могут снижать объемный выход хлеба за счет высокой упругости теста и силы муки до хорошего филлера по классификации, используемой лабораторией Госкомиссии. Сравнительный анализ технологических свойств новых сортов и иностранной селекции выявил преимущество изучаемых отечественных сортов по формированию высоких хлебопекарных свойств.

## Библиографические ссылки

1. Сельское хозяйство в России: стат. сб. Росстат. М., 2021. 100 с. [сайт]. URL: [https://rosstat.gov.ru/storage/mediabank/S-X\\_2021.pdf](https://rosstat.gov.ru/storage/mediabank/S-X_2021.pdf).
2. Капис В. И. Вопросы качества зерна и продуктов его переработки: (практика и поиск в работе Росгосхлебинспекции по Омской области). Омск, 2004. 100 с.
3. Мелешкина Е. П. О необходимости производства зерна пшеницы-улучшителя // Хлебопродукты. 2018. № 12. С. 18–20. DOI: 10.32462/0235-2508-2018-0-12-18-20.
4. Алабушев А. В. Экспортные поставки и современное состояние рынка зерна пшеницы в России и мире // Достижения науки и техники АПК. 2019. Т. 33, № 2. С. 68–74. DOI: 10.24411/0235-2451-2019-10216.
5. Мелешкина, Е. П. Нужно ли стандартизировать классификацию зерна пшеницы по качеству // Хлебопродукты. 2020. № 4. С. 14–15.
6. Увеличение и стабилизация производства высококачественного зерна пшеницы в Омской области: методические рекомендации / Ю. В. Колмаков, И. В. Пахотина, Л. В. Юшкевич, П. В. Поползухин, В. Г. Доронин, В. В. Чибис, А. Г. Шитов, И. А. Корчагина. Омск: Литера, 2015. 60 с.
7. Белкина Р. И., Летьяго Ю. А., Ахтариева М. К. Сорт – основа качества зерна пшеницы // Агропродовольственная политика России. 2021. № 3. С. 6–10.
8. Белан И. А., Россеева Л. П., Григорьев Ю. П., Блохина Н. П., Золкин Д. А., Мухина Я. В. Создание сортов яровой мягкой пшеницы, устойчивых к грибным заболеваниям, для условий Западной Сибири и Северного Казахстана // Аграрная Россия. 2020. № 6. С. 3–8. DOI: <https://doi.org/10.30906/1999-5636-2020-6-3-8>.
9. 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. DOI: 10.30906/1999-5636-2020-3-3-7.
10. Белан И. А., Россеева Л. П., Григорьев Ю. П., Пахотина И. В. Высококачественный сорт пшеницы мягкой яровой Омская 44 для условий Западной Сибири и Омской области // Аграрная наука Евро-Севера-Востока. 2022. Т. 23, № 2. С. 174–183. DOI: 10.30766/2072-9081.2022.23.2.174-183.
11. Schuster C., Huen J., Scherf K. A. Comprehensive study on gluten composition and baking quality of winter wheat // Cereal Chemistry. 2022. DOI: 10.1002/cche.10606.
12. Igrejas G., Ikeda T. M., Guzman C. Wheat Quality for Improving Processing and Human Health // Springer. 2020. 307 p. <https://doi.org/10.1007/978-3-030-34163-3>.
13. Baasandorj T., Ohm J.-B., Simsek S. Effects of Kernel Vitreousness and Protein Level on Protein Molecular Weight Distribution, Milling Quality, and Breadmaking Quality in Hard Red Spring Wheat // Cereal Chemistry. 2016. Vol. 93(4). P. 426–434. DOI: 10.1094/CCHEM-09-15-0181-R.
14. Baasandorj T., Ohm J.-B., Manthey F., Simsek S. Effect of Kernel Size and Mill Type on Protein, Milling Yield, and Baking Quality of Hard Red Spring Wheat. Cereal Chemistry. 2015. Vol. 92(1). P. 81–87. DOI: 10.1094/CCHEM-12-13-0259-R.

## References

1. Sel'skoe khozyaistvo v Rossii: Stat. sb. Rosstat [Agriculture in Russia. 2021: Stat. of Rosstat]. M., 2021. 100 s. [Elektronnyi resurs] Rezhim dostupa: [https://rosstat.gov.ru/storage/mediabank/S-X\\_2021.pdf](https://rosstat.gov.ru/storage/mediabank/S-X_2021.pdf).
2. Kapis, V. I. Voprosy kachestva zerna i produktov ee pererabotki: (praktika i poisk v rabote Rosgoskhlebinspektii po Omskoi oblasti) [Issues of grain quality and products of its processing (Practice and search in the work of the Rosgoskhlebinspektiya in the Omsk region)]. Omsk. 2004. 100 s.
3. Meleshkina, E. P. O neobkhodimosti proizvodstva zerna pshenitsy-uluchshatelya [On the need to produce wheat grain improver] // Khleboprodukty. 2018. № 12. S. 18–20. DOI: 10.32462/0235-2508-2018-0-12-18-20.
4. Alabushev, A.V. Eksportnye postavki i sovremennoe sostoyanie rynka zerna pshenitsy v Rossii i mire [Export deliveries and the current state of the wheat grain market in Russia and the world] // Dostizheniya nauki i tekhniki APK. 2019. T. 33, № 2. S. 68–74. DOI: 10.24411/0235-2451-2019-10216.
5. Meleshkina, E. P. Nuzhno li standartizirovat' klassifikatsiyu zerna pshenitsy po kachestvu [Is it necessary to standardize the wheat grain classification according to its quality?] // Khleboprodukty. 2020. № 4. S. 14–15.
6. Uvelichenie i stabilizatsiya proizvodstva vysokokachestvennogo zerna pshenitsy v Omskoi oblasti: metodicheskie rekomendatsii [Improving and stabilizing the production of high-quality wheat grain in the Omsk region] / Yu. V. Kolmakov, I. V. Pakhotina, L. V. Yushkevich, P. V. Popoluzhkhin, V. G. Doronin, V. V. Chibis, A. G. Shchitov, I. A. Korchagina. Omsk: Litera, 2015. 60 s.
7. Belkina R. I., Letyago Yu. A., Akhtarieva M. K. Sort – osnova kachestva zerna pshenitsy [A variety as the basis of wheat grain quality] // Agroprodovol'stvennaya politika Rossii. 2021. № 3. S. 6–10.
8. Belan I. A., Rosseeva L. P., Grigor'ev Yu. P., Blokhina N. P., Zolkin D. A., Mukhina Ya.V. Sozdanie sortov yarovoii myagkoi pshenitsy ustoychivyykh k gribnym zabolevaniyam dlya uslovii Zapadnoi Sibiri i Severnogo Kazakhstana [Development of spring bread wheat varieties resistant to fungal diseases for the conditions of Western Siberia and Northern Kazakhstan] // Agrarnaya Rossiya. 2020. № 6. S. 3–8. DOI: <https://doi.org/10.30906/1999-5636-2020-6-3-8>.
9. Grigor'ev Yu. P., Belan I. A., Rosseeva L. P., Pakhotina I. V. Skorospelyi sort yarovoii myagkoi pshenitsy Tarskaya 12 dlya severnykh raionov Omskoi Oblasti [Early maturing spring bread wheat variety 'Tarskaya 12' for the northern regions of the Omsk Region] // Agrarnaya Rossiya. 2020. № 3. S. 3–7. DOI: 10.30906/1999-5636-2020-3-3-7.
10. Belan I. A., Rosseeva L. P., Grigor'ev Yu. P., Pakhotina I.V. Vysokokachestvennyi sort pshenitsy myagkoi yarovoii Omskaya 44 dlya uslovii Zapadnoi Sibiri i Omskoi oblasti [The high-quality spring bread wheat variety 'Omskaya 44' for the conditions of Western Siberia and the Omsk region] // Agrarnaya nauka Euro-Severa-Vostoka. 2022. T. 23, № 2. S. 174–183. DOI: 10.30766/2072-9081.2022.23.2.174-183.

11. Schuster C., Huen J., Scherf K. A. Comprehensive study on gluten composition and baking quality of winter wheat // *Cereal Chemistry*. 2022. DOI: 10.1002/cche.10606 .
12. Igrejas G., Ikeda T. M., Guzman C. Wheat Quality for Improving Processing and Human Health // Springer. 2020. 307 p. <https://doi.org/10.1007/978-3-030-34163-3>.
13. Baasandorj T., Ohm J.-B., Simsek S. Effects of Kernel Vitreousness and Protein Level on Protein Molecular Weight Distribution, Milling Quality, and Breadmaking Quality in Hard Red Spring Wheat // *Cereal Chemistry*. 2016. Vol. 93(4). P. 426–434. DOI: 10.1094/CCHEM-09-15-0181-R.
14. Baasandorj T., Ohm J.-B., Manthey F., Simsek S. Effect of Kernel Size and Mill Type on Protein, Milling Yield, and Baking Quality of Hard Red Spring Wheat. *Cereal Chemistry*. 2015. Vol. 92(1). P. 81–87. DOI.10.1094/CCHEM-12-13-0259-R.

Поступила: 01.09.22; доработана после рецензирования: 06.10.22; принята к публикации: 06.10.22.

**Критерии авторства.** Авторы статьи имеют равные права и несут равную ответственность за плагиат.

**Конфликт интересов.** Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

**Авторский вклад.** Пахотина И. В. – концептуализация исследования, анализ данных и их интерпретация, подготовка рукописи; Игнатъева Е. Ю. – подготовка и выполнение лабораторных опытов, сбор данных, подготовка рукописи; Белан И. А. – концептуализация исследования, подготовка и выполнение полевых опытов, Россеева Л. П. – подготовка и выполнение полевых опытов, сбор данных, подготовка рукописи; Солдатова Л. Т. – выполнение лабораторных опытов.

**Все авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.**

## УРОЖАЙНОСТЬ И SDS-СЕДИМЕНТАЦИЯ ПЕРСПЕКТИВНЫХ СОРТОВ ОЗИМОЙ МЯГКОЙ ПШЕНИЦЫ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ПРЕДШЕСТВЕННИКОВ

**М. М. Копусь**, доктор биологических наук, ведущий научный сотрудник лаборатории биохимической оценки селекционного материала и качества зерна, ORCID ID: 0000-0001-8824-1033;

**Н. С. Кравченко**, кандидат биологических наук, старший научный сотрудник лаборатории биохимической оценки селекционного материала и качества зерна;

**Ю. Н. Алты-Садых**, техник-исследователь лаборатории биохимической оценки селекционного материала и качества зерна, ORCID ID: 0000-0003-3388-1548;

**М. М. Иванисов**, кандидат сельскохозяйственных наук, научный сотрудник лаборатории селекции и семеноводства озимой мягкой пшеницы полуинтенсивного типа, ORCID ID: 0000-0001-7395-0910;

**А. П. Самофалов**, кандидат сельскохозяйственных наук, научный сотрудник лаборатории селекции и семеноводства озимой мягкой пшеницы полуинтенсивного типа, ORCID ID: 0000-0002-1709-2808

ФГБНУ «Аграрный научный центр «Донской»,

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

Основная цель селекции и товарного производства – количество зерна и его качество. Занимая в структуре зерновых культур 74 %, а по валовым сборам 80 %, зерно пшеницы является важнейшим источником доходов производителей в Ростовской области. Цель проведенных исследований – выявить влияние предшественников на урожайность и величину SDS-седиментации перспективных сортов озимой мягкой пшеницы. В опыте изучались 12 сортов озимой мягкой пшеницы селекции ФГБНУ «АНЦ «Донской», созданных и переданных в ГСИ в последние годы. Оценивали урожайность и величину SDS-седиментации. В среднем за три года исследований (2019–2021 гг.) по всем изучаемым предшественникам по урожайности среди сортов озимой пшеницы интенсивного типа выделились: Раздолье (7,14 т/га), Разгуляй (7,67 т/га) и Василич (7,51 т/га), что позволяет рекомендовать эти генотипы для посева в производстве по высокому и среднему уровням агрофона. Среди сортов озимой пшеницы полуинтенсивного типа в среднем по изучаемым предшественникам за 2019–2021 гг. по урожайности выделился только один сорт – Донец (7,31 т/га), что позволяет характеризовать его как универсальный сорт и рекомендовать для посева в производстве по высокому, среднему и низкому уровням агрофона. По величине SDS-седиментации по всем изучаемым предшественникам выделились сорта интенсивного типа: Раздолье (62 мл), Приазовье (61 мл), Разгуляй (63 мл) и Василич (63 мл). Сорта полуинтенсивного типа достоверно не превышали по величине SDS-седиментации стандартный сорт или были на его уровне, однако значения были высокие. Такая выраженность значений SDS-седиментации свидетельствует о том, что представленные генотипы способны формировать высокое качество зерна по всем изучаемым предшественникам и вне зависимости от величины урожайности.

**Ключевые слова:** озимая мягкая пшеница, SDS-седиментация, сорт, урожайность зерна.

**Для цитирования:** Копусь М. М., Кравченко Н. С., Алты-Садых Ю. Н., Иванисов М. М., Самофалов А. П. Урожайность и SDS-седиментация перспективных сортов озимой мягкой пшеницы в зависимости от предшественников // Зерновое хозяйство России. 2022. Т. 14, № 5. С. 47–51. DOI: 10.31367/2079-8725-2022-82-5-47-51.



## PRODUCTIVITY AND SDS-SEDIMENTATION OF THE PROMISING WINTER BREAD WHEAT VARIETIES DEPENDING ON FORECROPS

**M. M. Kopus**, Doctor of Biological Sciences, leading researcher of the laboratory for biochemical estimation of breeding material and seed quality, ORCID ID: 0000-0001-8824-1033;

**N. S. Kravchenko**, Candidate of Biological Sciences, senior researcher of the laboratory for biochemical estimation of breeding material and seed quality;

**Yu. N. Alty-Sadykh**, technician-researcher of the laboratory for biochemical estimation of breeding material and seed quality, ORCID ID: 0000-0003-3388-1548;

**M. M. Ivanisov**, Candidate of Agricultural Sciences, researcher of the laboratory for breeding and seed production of winter bread wheat of half-intensive type, ORCID ID: 0000-0001-7395-0910;

**A. P. Samofalov**, Candidate of Agricultural Sciences, researcher of the laboratory for breeding and seed production of winter bread wheat of half-intensive type, ORCID ID: 0000-0002-1709-2808

FSBSI “Agricultural Research Center “Donskoy”,

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

The main purpose of breeding and commercial production is the quantity of grain and its quality. Occupying 74 % in the structure of grain crops, and 80 % in terms of gross yields, wheat grain is the most important source of income for grain producers in the Rostov region. The purpose of the current study was to reveal the effect of forecrops on productivity and SDS-sedimentation of the promising winter bread wheat varieties. In the trial there were studied 12 winter bread wheat varieties developed by the FSBSI "ARC "Donskoy" and sent to the State Variety Testing in recent years. There were estimated productivity and the amount of SDS-sedimentation. On average, over the three years of study (2019–2021), for all the studied forecrops, in terms of productivity there have been identified such winter wheat varieties of the intensive type as 'Razdolie' (7.14 t/ha), 'Razgulay' (7.67 t/ha) and 'Vasilich' (7.51 t/ha), which makes it possible to recommend these genotypes for sowing according to high and medium levels of Agricultural background. Among winter wheat varieties of semi-intensive type there has been identified only one variety 'Donets' (7.31 t/ha), which allows us to characterize it as a universal variety and recommend it for sowing in production according to high, medium and low levels of Agricultural background. According to the value of SDS-sedimentation for all the studied forecrops, there have been identified such varieties of intensive type as 'Razdolie' (62 ml), 'Azov Sea' (61 ml), 'Razgulay' (63 ml) and 'Vasilich' (63 ml). The varieties of semi-intensive type did not significantly exceed the value of SDS-sedimentation of the standard variety or were at its level, however, the values were high. Such SDS-sedimentation values have indicated that the presented genotypes are able to form high grain quality for all the studied forecrops and regardless of the productivity value.

**Keywords:** winter bread wheat, SDS-sedimentation, variety, grain productivity.

**Введение.** Количество зерна и его качество – основная цель селекции и товарного производства. В Ростовской области под зерновыми культурами занято более 56 % пашни, а озимая пшеница в структуре зерновых культур по площади занимает 74 %, по валовым сборам – 80 % (Копусь и др. 2018). Поэтому зерно пшеницы, его урожайность и качество – важнейший источник доходов производителей. Основные посевные площади озимой пшеницы в области заняты современными сортами. Однако их время нахождения в производстве 6–15 лет (Алабушев и Раева, 2016). На смену им идут перспективные сорта местной селекции. Для того чтобы попасть в Госреестр РФ и РО, им нужно превосходить по урожайности зерна сорта-стандарты, а по его качеству – отвечать требованиям ГОСТов.

Озимая пшеница, являясь ценной продовольственной и экспортной культурой, очень требовательная к плодородию почвы, где на первое место выходят предшественники. Под ее производство стараются выделять лучшие из них, а в селекции именно предшественники определяют направления и принадлежность сортов к интенсивной или полуинтенсивной группам. Качество зерна – многогранный показатель. Но есть показатели, которые оптимально интегрируют в себе и количественную, и качественную составляющие, и этот показатель – SDS-седиментация. Этот признак широко используется в селекции, а во многих странах (Европа, США, Канада, Австралия, Украина) внесен в Госстандарты на заготавливаемое зерно (Рибалка и Червоніс, 2009).

Цель проведенных исследований – проследить влияние предшественников на урожайность и величину SDS-седиментации перспективных сортов озимой мягкой пшеницы.

#### **Материалы и методы исследований.**

В опыте по предшественникам (сидеральный пар, подсолнечник, горох и кукуруза на зерно) изучали 12 сортов озимой мягкой пшеницы селекции ФГБНУ «АНЦ «Донской», переданных в ГСИ в 2019–2021 годы. Посев, уходные мероприятия, уборку и другие работы выпол-

няли согласно методике государственного сортоиспытания (1989). Математическую обработку данных проводили по Б. А. Доспехову (2014). Погодно-климатические условия были характерны для зоны неустойчивого увлажнения с преимуществом засушливых периодов. Среднегодовое количество осадков – 588,8 мм, среднегодовая температура – 9,7 °С (Некрасов и др., 2022).

Величину SDS-седиментации зерна сортов озимой мягкой пшеницы определяли по величине осадка, выпавшего в растворе натрий додецилсульфата натрия (SDS) в соответствии с методикой, принятой в АНЦ «Донской» (Самофалова и др., 2014). Исследования проводили в 2019–2021 гг. в лаборатории биохимической оценки селекционного материала и качества зерна ФГБНУ «АНЦ «Донской».

**Результаты и их обсуждение.** В результате проведенных исследований установлено, что урожайность зерна сортов озимой пшеницы интенсивного типа ранжировалась: сидеральный пар – 9,04 т/га, кукуруза на зерно – 7,16 т/га, горох – 6,66 т/га и подсолнечник – 5,23 т/га (табл. 1).

По предшественнику сидеральный пар достоверно превысили стандарт (Ермак) сорта: Раздолье (8,89 т/га), Приазовье (8,66 т/га), Разгуляй (10,27 т/га) и Василич (10,37 т/га),  $HCP_{0,5} = 0,38$  т/га.

По предшественнику подсолнечник стандартный сорт превысил только один сорт – Раздолье (5,74 т/га). По предшественнику горох выделились сорта Разгуляй (7,33 т/га) и Василич (7,11 т/га) при  $HCP_{0,5} = 0,65$  т/га. По предшественнику кукуруза на зерно превышение урожайности над стандартом Ермак (6,64 т/га) установлено у сортов: Раздолье (7,33 т/га), Матрица (7,15 т/га), Приазовье (7,06 т/га), Разгуляй (7,69 т/га) и Василич (7,44 т/га) при  $HCP_{0,5} = 0,35$  т/га.

В среднем за три года исследований по всем изучаемым предшественникам выделились сорта: Раздолье (7,14 т/га), Разгуляй (7,67 т/га) и Василич (7,51 т/га), что позволяет рекомендовать эти генотипы для посева в производстве по высокому и среднему уровням агрофона.

**Таблица 1. Урожайность перспективных сортов озимой мягкой пшеницы в зависимости от предшественников, т/га (среднее за 2019–2021 гг.)**  
**Table 1. Productivity of the promising winter bread wheat varieties depending on forecrops, t/ha (average for 2019–2021)**

Сорт	Предшественник				Средняя по предшественникам
	Сидеральный пар	Подсолнечник	Горох	Кукуруза на зерно	
Сорта озимой пшеницы интенсивного типа					
Ермак, стандарт	8,21	4,88	6,22	6,64	6,49
Раздолье	8,89	5,74	6,60	7,33	7,14
Рубин Дона	8,37	5,01	6,25	6,78	6,60
Матрица	8,51	5,12	6,47	7,15	6,81
Приазовье	8,66	5,38	6,63	7,06	6,93
Разгуляй	10,27	5,37	7,33	7,69	7,67
Василич	10,37	5,10	7,11	7,44	7,51
Хср.	9,04	5,23	6,66	7,16	7,02
НСР <sub>0,5</sub>	0,38	0,75	0,65	0,35	0,53
Сорта озимой пшеницы полуинтенсивного типа					
Дон 107, стандарт	8,22	4,82	6,55	6,33	6,48
Подарок Крыму	7,77	4,78	6,19	6,09	6,21
Премьера	7,98	4,72	5,82	6,25	6,19
Золотой колос	8,61	5,03	6,83	6,56	6,76
Аюта	8,67	5,07	7,23	6,85	6,96
Регион 161	9,30	4,88	7,04	6,93	7,04
Донец	9,65	5,63	7,06	6,91	7,31
Хср.	8,60	4,99	6,67	6,56	6,71
НСР <sub>0,5</sub>	0,49	0,80	0,76	0,36	0,60

По сортам полуинтенсивного типа наблюдается аналогичная зависимость: сидеральный пар – 8,81 т/га, кукуруза на зерно – 7,08 т/га, горох – 6,46 т/га и подсолнечник – 5,59 т/га. Установлено, что по худшему предшественнику (подсолнечник) урожайность зерна у сортов озимой пшеницы интенсивного и полуинтенсивного типов была практически одинаковой – 5,23 и 4,99 т/га соответственно.

За годы исследований по предшественнику сидеральный пар превышение над стандартным сортом Дон 107 (8,22 т/га) установлено у сортов Регион 161 (9,30 т/га) и Донец (9,65 т/га) при НСР<sub>0,5</sub> = 0,49 т/га. По предшественнику подсолнечник по урожайности выделился только один сорт – Донец (5,63 т/га). По предшественнику горох среди сортов полуинтенсивного типа достоверного превышения над стандартом не отмечено. Установлено, что по предшественнику кукуруза на зерна сорта Аюта (6,85 т/га), Регион 161 (6,93 т/га) и Донец (6,91 т/га) достоверно превысили по урожайности Дон 107 (НСР<sub>0,5</sub> = 0,36 т/га).

По изучаемым предшественникам выделился только один сорт – Донец, урожайность которого в среднем за 2019–2021 гг. составила 7,31 т/га, что позволяет характеризовать его как универсальный сорт и рекомендовать для посева в производстве по высокому, среднему и низкому уровням агрофона.

Показатель SDS-седиментации относится к одному из наиболее информативных селекционных признаков и является косвенным показателем количества белка и клейковины в зерне. Эффективность этого метода научно обоснована отечественными и иностранными учеными и широко используется для оценки различий по количеству и качеству белка и клейковины (Фадеева и др., 2022; Кауа and Аккура, 2014; Kibkalo, 2022; Кравченко и др., 2022).

Среди сортов интенсивного типа величина SDS-седиментации характеризовалась высокими значениями по всем предшественникам и соответствовала классу сильных по качеству – 59,4–61,1 мл (табл. 2).

**Таблица 2. SDS-седиментация перспективных сортов озимой мягкой пшеницы в зависимости от предшественников, мл (среднее за 2019–2021 гг.)**  
**Table 2. SDS-sedimentation of the promising winter bread wheat varieties depending on forecrops, ml (average for 2019–2021)**

Сорт	Предшественник				Средняя по предшественникам
	Сидеральный пар	Подсолнечник	Горох	Кукуруза на зерно	
Сорта озимой пшеницы интенсивного типа					
Ермак, стандарт	56	51	57	55	55
Раздолье	62	61	62	63	62
Рубин Дона	57	56	57	56	57
Матрица	59	57	62	56	59

Продолжение табл. 2

Сорт	Предшественник				
	Сидеральный пар	Подсолнечник	Горох	Кукуруза на зерно	Средняя по предшественникам
Сорта озимой пшеницы интенсивного типа					
Приазовье	62	58	62	60	61
Разгуляй	60	66	65	61	63
Василич	62	67	63	61	63
Хср.	59,7	59,4	61,1	58,9	60,0
НСР <sub>0,5</sub>	4,50	5,00	4,90	4,85	4,92
Сорта озимой пшеницы полуинтенсивного типа					
Дон 107, стандарт	63	59	58	57	60
Подарок Крыму	55	62	61	60	59
Премьера	55	52	59	57	55
Золотой колос	62	57	57	58	60
Аюта	53	56	58	57	56
Регион 161	63	62	56	55	59
Донец	56	52	58	55	55
Хср.	58,1	57,1	58,1	57,0	57,6
НСР <sub>0,5</sub>	3,50	3,80	4,10	4,09	3,70

По предшественнику сидеральный пар выделились сорта, которые превысили стандарт (Ермак) по величине SDS-седиментации: Раздолье (62 мл), Приазовье (62 мл) и Василич (62 мл), НСР<sub>0,5</sub> = 4,50. По предшественнику подсолнечник все изучаемые сорта, кроме Рубин Дона, превысили стандарт (Ермак) по величине SDS-седиментации. Сорт озимой пшеницы Рубин Дона сформировал значения изучаемого признака на уровне сорта Ермак. По предшественнику горох такая же тенденция значений SDS-седиментации, как и по подсолнечнику. По предшественнику кукуруза на зерно стандарт (Ермак) превысили сорта: Раздолье (63 мл), Приазовье (60 мл), Разгуляй (61 мл) и Василич (61 мл) при НСР<sub>0,5</sub> = 4,85.

В среднем по всем изучаемым предшественникам по величине SDS-седиментации выделились сорта: Раздолье (62 мл), Приазовье (61 мл), Разгуляй (63 мл) и Василич (63 мл). Высокая выраженность значений седиментации свидетельствует о том, что эти генотипы способны формировать высокое качество зерна по всем изучаемым предшественникам и вне зависимости от величины урожайности.

У сортов полуинтенсивного типа по предшественнику сидеральный пар по уровню седиментационного осадка превышения над сортом Дон 107 не наблюдалось. Сорта Регион 161 и Золотой колос сформировали значения SDS-седиментации (63 мл) на уровне стандартного сорта Дон 107.

По предшественнику подсолнечник также не выявлено превышение над стандартом по SDS-седиментации. Сорта Подарок Крыму, Золотой колос и Регион 161 характеризовались

выраженностью седиментации на уровне стандарта. По предшественникам горох и кукуруза на зерно у всех изучаемых сортов полуинтенсивного типа отмечена величина седиментационного осадка на уровне стандартного сорта Дон 107 (57–58 мл), который характеризуется высоким качеством зерна – на уровне требований, предъявляемых к сильным пшеницам.

В среднем по всем предшественникам изучаемые сорта полуинтенсивного типа не превышали стандарт (Дон 107) по SDS-седиментации или находились на его уровне, но несмотря на это, значения были высокие и изменялись от 55 мл (сорт Донец) до 60 мл (сорт Золотой колос) – 4 балла, что соответствует сильной пшенице.

**Выводы.** В результате проведенных исследований было выявлено, что урожайность зерна перспективных сортов озимой мягкой пшеницы существенно зависела от предшественников.

По всем предшественникам среди сортов интенсивного типа по урожайности выделились следующие сорта: Разгуляй – 7,67 т/га, Василич – 7,51 т/га, Раздолье – 7,14 т/га, а среди сортов полуинтенсивного типа – Донец (7,31 т/га). Выраженность значений SDS-седиментации у этих сортов была высокой: от 55 до 63 мл (4 балла), что соответствует классу сильных пшениц.

Высокая выраженность значений седиментации свидетельствует о том, что представленные генотипы способны формировать высокое качество зерна по всем изучаемым предшественникам и вне зависимости от величины урожайности.

#### Библиографические ссылки

1. Алабушев А. В., Раева С. А. Параметры сортосмены озимой пшеницы (региональный аспект) // Зерновое хозяйство России. 2016. № 6(48). С. 32–35.
2. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). М.: Альянс, 2014. 351 с.
3. Копусь М. М., Ионова Е. В., Дорохова Д. П., Мирошников К. А. Пшеница Дона: Урожай и качество зерна – конкуренция и сортовое разнообразие // Зерновое хозяйство России. 2018. № 2(56). С. 43–46.

4. Кравченко Н. С., Игнатъева Н. Г., Олдырева И. М., Подгорный С. В. Изучение селекционного материала озимой мягкой пшеницы по основным критериям качества // Зерновое хозяйство России. 2022. Т. 14, № 4. С. 39–45. DOI: 10.31367/2079-8725-2022-82-4-39-45.
5. Некрасов Е. И., Марченко Д. М., Иванисов М. М. Экологическая пластичность сортов озимой мягкой пшеницы // Зерновое хозяйство России. 2022. № 2. С. 54–58. DOI: 10.31367/2079-8725-2022-80-2-54-58.
6. Самофалова Н. Е., Копусь М. М., Скрипка О. В., Марченко Д. М., Самофалов А. П., Иличкина Н. П., Гричаникова Т. А. SDS-седиментация в поэтапной оценке селекционного материала озимой пшеницы по качеству зерна (научно-практические рекомендации). Ростов н/Д., 2014. 32 с.
7. Фадеева И. Д., Игнатъева И. Ю., Хакимова А. Г., Митрофанова О. П. Исходный материал для селекции озимой мягкой пшеницы на качество зерна в условиях севера Среднего Поволжья // Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции. 2022. Т. 183, № 1. С. 118–126. DOI: 10.30901/2227-8834-2022-1-118-126.
8. Kaya Y., Akcura M. Effects of genotypes and environment on grain yield and quality traits in bread wheat (*T. aestivum* L.). Food Science and Technology (Campinas). 2014. Vol. 34(2). P. 386–393. DOI: 10.1590/fst.2014.0041.
9. Kibkalo I. Effectiveness of and Perspectives for the Sedimentation Analysis Method in Grain Quality Evaluation in Various Cereal Crops for Breeding Purposes. Plants. 2022. Vol. 11(13) P. 1640. <https://doi.org/10.3390/plants11131640>.
10. Рибалка О. І., Червоніс М. В. Чи можливо створити сорта пшениці толерантні до ушкодження зерна клопом-черепашкою // Хранение и переработка зерна. 2009. № 2. С. 38–46.

### References

1. Alabushev A. V., Raeva S. A. Parametry sortosmeny ozimoi pshenitsy (regional'nyi aspekt) [Parameters of a winter wheat variety change of (regional aspect)] // Zernovoe khozyaistvo Rossii. 2016. № 6(48). S. 32–35.
2. Dospikhov, B. A. Metodika polevogo opyta (s osnovami statisticheskoi obrabotki rezul'tatov issledovaniy) [Methodology of a field trial (with the basics of statistical processing of the study results)]. M.: Al'yans, 2014. 351 s.
3. Kopus' M. M., Ionova E. V., Dorokhova D. P., Miroshnikov K. A. Pshenitsa Dona: Urozhai i kachestvo zerna – konkurentsiya i sortovoe raznoobrazie [Don wheat: productivity and grain quality, competition and varietal diversity] // Zernovoe khozyaistvo Rossii. 2018. № 2(56). S. 43–46.
4. Kravchenko N. S., Ignat'eva N. G., Oldyreva I. M., Podgorniy S. V. Izuchenie selektsionnogo materiala ozimoi myagkoi pshenitsy po osnovnym kriteriyam kachestva [Study of winter bread wheat breeding material according to the main quality criteria] // Zernovoe khozyaistvo Rossii. 2022. Т. 14, № 4. С. 39–45. DOI: 10.31367/2079-8725-2022-82-4-39-45.
5. Nekrasov E. I., Marchenko D. M., Ivanisov M. M. Ekologicheskaya plastichnost' sortov ozimoi myagkoi pshenitsy [Ecological adaptability of the winter bread wheat varieties] // Zernovoe khozyaistvo Rossii. 2022. № 2. С. 54–58. DOI: 10.31367/2079-8725-2022-80-2-54-58.
6. Samofalova N. E., Kopus' M. M., Skripka O. V., Marchenko D. M., Samofalov A. P., Ilichkina N. P., Grichanikova T. A. SDS-sedimentatsiya v poetapnoi otsenke selektsionnogo materiala ozimoi pshenitsy po kachestvu zerna, (nauchno-prakticheskie rekomendatsii) [SDS-sedimentation in the stage-by-stage estimation of winter wheat breeding material according to grain quality (scientific and practical recommendations)]. Rostov n/D., 2014. 32 s.
7. Fadeeva I. D., Ignat'eva I. Yu., Khakimova A. G., Mitrofanova O. P. Iskhodnyi material dlya selektsii ozimoi myagkoi pshenitsy na kachestvo zerna v usloviyakh severa Srednego Povolzh'ya [Initial material for winter bread wheat breeding for grain quality in the north of the Middle Volga region] // Trudy po prikladnoi botanike, genetike i selektsii. 2022. Т. 183, № 1. С. 118–126. DOI: 10.30901/2227-8834-2022-1-118-126.
8. Kaya Y., Akcura M. Effects of genotypes and environment on grain yield and quality traits in bread wheat (*T. aestivum* L.). Food Science and Technology (Campinas). 2014. Vol. 34(2). P. 386–393. DOI: 10.1590/fst.2014.0041.
9. Kibkalo I. Effectiveness of and Perspectives for the Sedimentation Analysis Method in Grain Quality Evaluation in Various Cereal Crops for Breeding Purposes. Plants. 2022. Vol. 11(13) P. 1640. <https://doi.org/10.3390/plants11131640>.
10. Рибалка О. І., Червоніс М. В. Чи можливо створити сорта пшениці толерантні до ушкодження зерна клопом-черепашкою? [Is it possible to develop wheat varieties tolerant to corn bug?] // Хранение и переработка зерна. 2009. № 2. С. 38–46.

Поступила: 01.07.22; доработана после рецензирования: 23.09.22; принята к публикации: 26.09.22.

**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.** Копусь М. М. – концептуализация исследований; Иванисов М. М., Самофалов А. П. – выполнение опытов, анализ данных; Копусь М. М., Алты-Садых Ю. Н., Кравченко Н. С. – подготовка рукописи и финальная доработка текста к печати.

**Все авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.**

## НОВЫЙ СОРТ ГОЛОЗЕРНОГО ОВСА АЗИЛЬ

**А. Д. Кабашов**<sup>1</sup>, кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник, и. о. заведующего лабораторией селекции и первичного семеноводства овса, ovesmoskov@yandex.ru, ORCID ID: 0000-0002-7450-3845;

**А. С. Колупаева**<sup>1</sup>, научный сотрудник лаборатории селекции и первичного семеноводства овса, ovesmoskov@yandex.ru, ORCID ID: 0000-0002-2528-1422;

**В. Г. Захаров**<sup>2</sup>, доктор сельскохозяйственных наук, заведующий отделом селекции, ulniish@mail.ru, ORCID ID: 0000-0003-2603-8325;

**Н. М. Власенко**<sup>1</sup>, кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник лаборатории селекции и первичного семеноводства овса, ovesmoskov@yandex.ru, ORCID ID: 0000-0002-5832-7562;

**О. Г. Мишенькина**<sup>2</sup>, заведующий лабораторией селекции овса, mishenolga@yandex.ru, ORCID ID: 0000-0003-1132-0117;

**О. Д. Яковлева**<sup>2</sup>, кандидат сельскохозяйственных наук, заведующий лабораторией селекции яровой пшеницы, jakovleva\_niish@mail.ru, ORCID ID: 0000-0002-8425-9831;

**Я. Г. Лейбович**<sup>1</sup>, старший научный сотрудник лаборатории селекции и первичного семеноводства овса, ovesmoskov@yandex.ru, ORCID ID: 0000-0001-8461-5202;

**З. В. Филоненко**<sup>1</sup>, старший научный сотрудник лаборатории селекции и первичного семеноводства овса, ovesmoskov@yandex.ru, ORCID ID: 0000-0002-6777-7055;

**Л. Г. Разумовская**<sup>1</sup>, старший научный сотрудник лаборатории селекции и первичного семеноводства овса, ovesmoskov@yandex.ru, ORCID ID: 0000-0001-6060-9633;

**П. М. Политыко**<sup>1</sup>, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, главный научный сотрудник лаборатории технологии озимых зерновых культур

<sup>1</sup>Федеральный исследовательский центр «Немчиновка», 143026, Московская область, Одинцовский район, р. п. Новоивановское, ул. Калинина, д. 1.

<sup>2</sup>Самарский федеральный исследовательский центр РАН, Ульяновский научно-исследовательский институт сельского хозяйства имени Н. С. Немцева, 433315, Ульяновская область, Ульяновский район, п. Тимирязевский, ул. Институтская, 19

В статье приведены результаты изучения нового голозерного сорта овса Азиль, который был создан методом индивидуально-семейственного отбора из гибридной популяции Крестьянский местный × ЗАЛП. Цель исследований – выявление хозяйственно ценных признаков, физико-биохимических показателей зерна нового голозерного сорта овса Азиль. По продолжительности вегетационного периода Азиль отнесен к среднеспелым сортам. В государственном сортоиспытании реализованная урожайность сорта Азиль составила 5,36 т/га. В ходе исследований выяснено, что при интенсивном и высокоинтенсивном возделывании с соблюдением технологических приемов защиты от болезней, сорняков и вредителей продуктивность Азиль увеличивалась в отношении базовой технологии от 0,75 до 1,42 т/га (или на 12 и 23 % соответственно). Оценка крупных свойств выявила более высокое содержание белка и жира в зерне нового сорта, чем у пленчатого и голозерного стандартов Яков и Вятский (в среднем на 2,2 и 0,2 % белка и 1,3 и 0,5 % жира соответственно). Выявлена высокая устойчивость сорта Азиль (до 6,4% поражения) к пыльной головне на искусственном и естественном фонах. Определены видовой состав грибов и содержание микотоксинов в зерне стандартных сортов овса Яков и Вятский, а также 13 голозерных селекционных линий ФИЦ «Немчиновка». Сорт Азиль проявил повышенную резистентность к накоплению токсина Т-2. С использованием биохимических методов обнаружена гетерогенность нового сорта, состоящая из двух биотипов. При ведении первичного семеноводства рекомендовано использовать метод индивидуально-семейственного отбора с двукратной оценкой по потомству и выдерживанием пространственной изоляции с другими голозерными овсами.

**Ключевые слова:** голозерный овес, сорт, продуктивность, качество зерна, устойчивость, микотоксины.

**Для цитирования:** Кабашов А. Д., Колупаева А. С., Захаров В. Г., Власенко Н. М., Мишенькина О. Г., Яковлева О. Д., Лейбович Я. Г., Филоненко З. В., Разумовская Л. Г., Политыко П. М. Новый сорт голозерного овса Азиль // Зерновое хозяйство России. 2022. Т. 14, № 5. С. 52–58. DOI: 10.31367/2079-8725-2022-82-5-52-58.



## NEW HULLESS OAT VARIETY 'AZIL'

**A. D. Kabashov**<sup>1</sup>, Candidate of Agricultural Sciences, leading researcher, acting head of the laboratory for oat breeding and primary seed production, ovesmoskov@yandex.ru, ORCID ID: 0000-0002-7450-3845;

**A. S. Kolupaeva**<sup>1</sup>, researcher of the laboratory for oat breeding and primary seed production, ovesmoskov@yandex.ru, ORCID ID: 0000-0002-2528-1422;

**V. G. Zakharov**<sup>2</sup>, Doctor of Agricultural Sciences, head of the breeding department, ulniish@mail.ru, ORCID ID: 0000-0003-2603-8325;

**N. M. Vlasenko**<sup>1</sup>, Candidate of Agricultural Sciences, leading researcher of the laboratory for oat breeding and primary seed production, [ovesmoskov@yandex.ru](mailto:ovesmoskov@yandex.ru), ORCID ID: 0000-0002-5832-7562;

**O. G. Mishenkina**<sup>2</sup>, head of the laboratory for oat breeding, [mishenolga@yandex.ru](mailto:mishenolga@yandex.ru), ORCID ID: 0000-0003-1132-0117;

**O. D. Yakovleva**<sup>2</sup>, Candidate of Agricultural Sciences, head of the laboratory for spring wheat breeding, [jakovleva\\_niish@mail.ru](mailto:jakovleva_niish@mail.ru), ORCID ID: 0000-0002-8425-9831;

**Ya. G. Leybovich**<sup>1</sup>, senior researcher of the laboratory for oats breeding and primary seed production, [ovesmoskov@yandex.ru](mailto:ovesmoskov@yandex.ru), ORCID ID: 0000-0001-8461-5202;

**Z. V. Filonenko**<sup>1</sup>, senior researcher of the laboratory for oat breeding and primary seed production, [ovesmoskov@yandex.ru](mailto:ovesmoskov@yandex.ru), ORCID ID: 0000-0002-6777-7055;

**L. G. Razumovskaya**<sup>1</sup>, senior researcher of the laboratory for oat breeding and primary seed production, [ovesmoskov@yandex.ru](mailto:ovesmoskov@yandex.ru), ORCID ID: 0000-0001-6060-9633;

**P. M. Polityko**<sup>1</sup>, Doctor of Agricultural Sciences, professor, main researcher of the laboratory for winter grain crops technologies

<sup>1</sup>Federal research Center "Nemchinovka",

143026, Moscow region, Odintsovsky region, Odintsovsky district, v. of Novoivanovskoe, Kalinin Str., 1.

<sup>2</sup>Samarsky Federal Research Center RAS, Uliyanovsky Research Institute of Agriculture, 433315, Uliyanovsky region, Uliyanovsky district, v. of Timiryazevsky, Institutskaya Str., 19

The current paper has presented the study results of the new hulless oat variety 'Azil', which was developed by the method of individual-family selection from the hybrid population 'Krestyansky local × ZALP'. The purpose of the current study was to identify economically valuable traits, physico-biochemical indicators of the grain of the new hulless oat variety 'Azil'. According to the length of the vegetation period, 'Azil' is classified as a middle maturing variety. In the State Variety Testing, the realized productivity of the variety 'Azil' was 5.36 t/ha. During the study, there has been found that with intensive and high-intensity cultivation in compliance with the technological methods of protection against diseases, weeds and pests, the productivity of the variety 'Azil' improved in relation to the basic technology from 0.75 to 1.42 t/ha (or on 12 and 23 %, respectively). The estimation of groat properties has revealed a larger protein and oil percentage in grain of the new variety than that of the hulled and hulless standard varieties 'Yakov' and 'Vyatsky' (2.2 and 0.2 % of protein; 1.3 and 0.5 % of oil). There has been identified high loose smut resistance of the variety 'Azil' (up to 6.4 % damage) on artificial and natural backgrounds. There has been established a fungi composition and mycotoxins' content in grain of the standard oat varieties 'Yakov' and 'Vyatsky', as well as 13 hulless breeding lines of the Federal Research Center "Nemchinovka". The variety 'Azil' has demonstrated an increased resistance to the accumulation of T-2 toxin. Using biochemical methods there has been found heterogeneity of the new variety, consisting of two biotypes. When conducting primary seed production, there has been recommended to use the method of individual-family selection with a double estimation of the progeny and maintaining spatial isolation with other hulless oats.

**Keywords:** hulless oats, variety, productivity, grain quality, resistance, mycotoxins.

**Введение.** Овес издавна считается в России традиционной культурой. Несмотря на существенное сокращение посевных площадей, он продолжает широко возделываться на территории Российской Федерации. Это связано с пониженной требовательностью к почве, способностью адаптироваться к условиям произрастания, разнообразием направлений его использования (Зобнина, 2019).

В настоящее время большее распространение имеют пленчатые сорта. Вместе с тем возрастает потребность сельскохозяйственного производства и пищевой промышленности в голозерном овсе (Баталова и др., 2019). Отсутствие пленки позволяет использовать его на кормовые и пищевые цели без предварительной обработки, что значительно снижает трудовые затраты и стоимость продукции. При этом голозерный овес в сравнении с пленчатым обеспечивает более высокий выход крупы (99,2 и 71,5 % соответственно) (Баталова, 2015).

Оптимальная сбалансированность белка ядра овса по аминокислотному составу в отличие от белка пшеницы и ячменя позволяет легче усваивать его организмом. Высокой перевариваемостью и хорошей усвояемостью отличается жир, содержание которого в овсяном ядре в 2–3 раза больше, чем у других хлебных злаков. Голозерные сорта овса характеризуются

более высоким содержанием белка, масла, крахмала в зерне и превосходят пленчатые по питательной ценности (Gorash, 2017).

Сдерживающим фактором использования голозерных сортов в производстве является меньшая, чем у пленчатых форм, урожайность зерна, а также слабая изученность вопросов агротехники возделывания голозерного овса (Trifuntova, 2020). Одним из наиболее значимых элементов в технологии возделывания сельскохозяйственных культур является установление оптимальных доз и периодов внесения азотных удобрений (Reginatto et al., 2021). Известно, что внесение азота положительно влияет на величину урожайности зерна овса, прежде всего за счет повышения количества зерен в метелке и крупности зерна (McCabe and Burke, 2021). Возделывание овса на разных фонах питания дает возможность определить реакцию культуры на дозы удобрений как по урожайности, так и по показателям качества зерна.

К числу основных критериев при создании сортов овса голозерных и пленчатых форм является устойчивость к наиболее распространенным болезням. Пыльная головня овса (*Ustilago avenae* (Pers.)) способна нанести значительный ущерб посевам за счет снижения количества и качества зерна (Мишенькина, 2021). Поражение фузариозом значительно снижает продуктивность метелки, приводит к накопле-

нию в зерне опасных для человека и животных микотоксинов. Токсины грибов рода *Fusarium*, как правило, стойкие соединения, которые длительное время сохраняются в продуктах питания и кормах на основе зернового сырья (Гаврилова и др., 2020).

Целью настоящей работы являлось выявление хозяйственно ценных признаков (продуктивность, отзывчивость на элементы интенсивной технологии, крупяные свойства, устойчивость к болезням), физико-биохимических показателей (содержание белка, жира, крахмала в зерне) голозерного сорта овса Азиль, созданного в результате творческого сотрудничества ученых ФИЦ «Немчиновка» и Ульяновского НИИСХ – филиала СамНЦ РАН.

**Материалы и методы исследований.** Исследования проведены в ФИЦ «Немчиновка» и Ульяновском НИИСХ – филиале СамНЦ РАН в 2018–2021 годах. Изучение селекционного материала осуществляли в соответствии с Методикой государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур (1985 г).

В результате совместной работы селекционеров двух учреждений выведен новый сорт голозерного овса Азиль. С 2022 г. он включен в Государственный реестр селекционных достижений и рекомендован для возделывания в Северо-Западном (2), Центральном (3), Волго-Вятском (4), Средневолжском (7) и Уральском (9) регионах.

Исходная гибридная популяция получена в результате скрещивания в 2007 г. голозерного сорта Крестьянский местный и пленчатого сорта ЗАЛП, который использовали в качестве источника устойчивости к абиотическим и биотическим стрессорам, прежде всего к пыльной головне. Это позволило придать новому сорту высокую степень невосприимчивости к этой вредоносной болезни.

Сорт Крестьянский местный был выбран как источник устойчивости к полеганию и хорошей вымолачиваемости зерновки из пленки. В результате его использования в качестве материнской формы Азиль превосходит обоих родителей по устойчивости к полеганию.

Почва опытного участка в ФИЦ «Немчиновка» дерново-подзолистая, среднесуглинистая на моренном суглинке с содержанием гумуса 1,78–2,15 %. В Ульяновском НИИСХ – филиале СамНЦ РАН почва опытного участка представлена слабовыщелоченным тяжело-суглинистым черноземом с мощностью гумусового горизонта 0,79 м и содержанием гумуса 5,3–5,9 %. Различия в плодородии почв, контрастные погодно-климатические условия по влагообеспеченности и температурному режиму в годы проведения исследований позволили объективно оценить выраженность хозяйственно ценных признаков и устойчивость нового сорта Азиль к абиотическим стрессорам.

Оценку на устойчивость растений к почвенной кислотности и алюмоотоксичности про-

водили во Всероссийском институте генетических ресурсов растений имени Н. И. Вавилова (ВИР). Способность противостоять к накоплению микотоксинов (Т-2) в зерне определяли под руководством Т. Ю. Гагкаевой в лаборатории им. А. А. Ячевского Всероссийского научно-исследовательского института защиты растений (ВИЗР).

В лаборатории сортовой агротехники ФИЦ «Немчиновка» под руководством П. М. Политыко изучали реакцию новых сортов на условия при возделывании по базовой, интенсивной и высокоинтенсивной технологиям. В зависимости от технологии доза удобрений дифференцировалась. При базовой расчетную дозу  $N_{30}P_{40}K_{90}$  вносили под весеннюю культивацию, в интенсивной технологии –  $N_{30}P_{60}K_{120}$  под культивацию и  $N_{30}$  в фазу кушения в качестве подкормки, высокоинтенсивной – перед посевом  $N_{30}P_{90}K_{150}$ , затем проводили две подкормки по  $N_{30}$ .

Система защитных мероприятий растений во всех вариантах опыта включала протравливание семян препаратом Винцит Форте – 1,25 л/т в смеси с инсектицидом Пикус с нормой 1 л/т. При базовой технологии по всходам применяли гербицид Линтур в дозе 150 г/га, в фазу выхода в трубку посевы обрабатывали фунгицидом Альто супер – 0,5 л/га. В варианте интенсивной технологии применяли гербицид Аккурат Экстра – 25 г/га. Для предотвращения возможного полегания посевов в рекомендованную производителем фазу проводили обработку ингибитором роста Сапресс с нормой 0,3 л/га в баковой смеси с фунгицидом Импакт Супер – 0,75 л/га и инсектицидом Вантекс – 0,06 л/га. При высокоинтенсивной технологии проводили опрыскивание по всходам гербицидом Аккурат Экстра – 35 г/га, фунгицидом Альто супер – 0,5 л/га, инсектицидом Вантекс 60 с нормой 0,06 л/га. В фазу выхода в трубку посевы обрабатывали регулятором роста Сапресс 0,3 л/га + фунгицид Импакт Супер – 0,75 л/га. В фазу выметывания для защиты от болезней использовали фунгицид Консул 0,8 л/га, а против вредителей – инсектицид Данадим Пауер в дозе 0,6 л/га.

Обработка экспериментальных данных проведена с использованием статистических компьютерных программ.

**Результаты и их обсуждение.** В годы проведения конкурсного сортоиспытания сорта Азиль в качестве стандарта использовали голозерный сорт Вятский.

Продолжительность вегетационного периода у сорта Азиль в среднем за 2018–2021 гг. составила 90 дней, у стандарта Вятский – 91 день, а у сорта Яков, принятого в качестве стандарта для пленчатых овсов, – 93 дня.

В таблице 1 представлена урожайность сортов в двух точках испытания за четыре года. Из данных следует, что новый сорт превышает по урожаю стандарт Вятский.

**Таблица 1. Урожайность сорта Азиль в конкурсном сортоиспытании, т/га**  
**Table 1. Productivity of the variety 'Azil' in the Competitive Variety Testing, t/ha**

Сорт	2018 г.		2019 г.		2020 г.		2021 г.		Урожайность в % к St	
	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
Вятский st	1,58	1,22	2,86	1,73	2,64	2,02	1,18	0,85	–	–
Азиль	1,77	1,50	3,76	1,73	2,81	2,81	2,85	1,91	135	136

Примечание. 1 – ФИЦ «Немчиновка», 2 – Ульяновский НИИСХ – филиал СамНЦ РАН.

В конкурсном сортоиспытании в ФИЦ «Немчиновка» урожайность сорта Азиль варьировала от 1,77 до 3,76 т/га, в Ульяновской области – от 1,50 до 2,81 т/га. В Государственном сортоиспытании максимальная урожайность была получена в 2020 г. на Калининградском ГСУ – 5,36 т/га.

Генетический потенциал продуктивности сорта Азиль возможно реализовать при возделывании по технологии, максимально учитывающей биологические особенности сорта.

Представленные в таблице 2 результаты испытания сортов овса при разных техно-

логиях говорят о том, что голозерные формы с повышением уровня агрофона отзывались большей прибавкой урожайности в сравнении с пленчатым стандартом. При базовой технологии урожайность сорта Азиль составила в среднем 82 % от уровня урожайности пленчатого стандарта, а при высокоинтенсивной – 88 %. Интенсификация положительно влияла на увеличение массы 1000 зерен, которая варьировала в пределах от 34,2 до 35,0 г, при базовой технологии в среднем она составляла 31,2 г.

**Таблица 2. Урожайность сортов овса при разных технологиях возделывания**  
**Table 2. Productivity of oat varieties under different cultivation technologies**

Сорт	Технология	Урожайность, т/га			Среднее	Прибавка	
		2018	2019	2020		т/га	%
Яков	1	7,07	6,50	9,45	7,67	–	–
	2	7,32	7,50	10,12	8,31	0,64	8
	3	7,64	8,41	10,17	8,74	1,07	14
Немчиновский 61	1	4,52	6,23	7,55	6,10	–	–
	2	5,57	6,95	8,33	6,95	0,85	14
	3	6,74	7,60	8,77	7,70	1,60	26
Азиль	1	4,78	6,41	7,39	6,29	–	–
	2	5,66	7,26	8,21	7,04	0,75	12
	3	6,65	7,87	8,60	7,71	1,42	23
НСР <sub>05</sub>	±0,26	±0,22	±0,19	–	–	–	–

Примечание. 1 – базовая, 2 – интенсивная, 3 – высокоинтенсивная

В ФИЦ «Немчиновка» проведена оценка качества зерна и крупяных свойства сортов Азиль, Вятский и Яков (табл. 3, 4). У сорта Азиль выше в зерне содержание белка (13,6 %) и жира

(5,7 %), причем не только в сравнении с пленчатым стандартом, но и голозерным. В условиях Ульяновской области у сорта Азиль содержание белка в зерне достигало 14–15 %.

**Таблица 3. Качество зерна у сорта Азиль в сравнении со стандартами**  
**Table 3. Grain quality of the variety 'Azil' in comparison with the standards**

Год	Белок, %			Жир, %			Крахмал, %		
	Яков	Вятский	Азиль	Яков	Вятский	Азиль	Яков	Вятский	Азиль
2018	13,1	13,8	14,7	4,5	4,5	5,0	36,4	60,5	54,1
2019	13,5	13,4	14,3	4,0	4,0	4,6	49,6	65,6	65,3
2020	8,5	11,6	10,9	3,8	3,9	4,2	63,0	68,1	70,0
2021	10,7	13,9	14,5	5,4	8,5	8,9	37,8	45,9	41,7
Среднее	11,4	13,2	13,6	4,4	5,2	5,7	46,7	60,0	57,8

По содержанию крахмала в зерне Азиль превосходит пленчатый стандарт Яков (+11,1 %), но немного уступает Вятскому (–2,2 %).

Оценка крупяных свойств заключалась в приготовлении каши. Для этого к 20 г овсяной крупы добавляли 50 мл воды и варили на водяной бане в течение 70 мин в соответствии с методикой. Разваримость и вкус каши сорта Азиль были на уровне пленчатого стандарта Яков.

Зерно голозерного овса из-за отсутствия пленок и лучшего баланса питательных веществ привлекательно в качестве сырья, используемого для переработки в продукты, предназначенные для детского, диетического и набирающего популярность функционального питания. При этом большое значение имеет устойчивость к наиболее вредоносным болезням, обеспечивающая сокращение химических средств защиты, применяемых в технологии возделывания.

Таблица 4. Оценка крупяных свойств зерна (2019–2021 гг.)  
Table 4. Estimation of groat properties of grain (2019–2021)

Сорт	Консистенция каши	Цвет каши	Коэффициент разваримости	Вкус, балл
Яков	полувязкая	кремовая с коричневым	4,5	3,5
Вятский	вязкая	кремовая	4,5	4,5
Немчиновский 61	вязкая	кремовая	4,7	3,5
Азиль	вязкая	кремовая	4,5	3,5

Оценку устойчивости сорта Азиль к поражению местными расами пыльной головни на искусственном и естественном фоне проводили параллельно в ФИЦ «Немчиновка» и Ульяновском НИИСХ – филиале СамНЦ РАН.

В условиях Московской области поражение нового сорта не превышало 2,4 %, в Ульяновской области – 6,4 %, при этом восприимчивый сорт голозерного овса Вятский поражен соответственно на 56,3 и 94,6 %. Полученные данные позволяют отнести Азиль к сортам с высокой устойчивостью к поражению пыльной головней, что, несомненно, является достижением в селекции сортов голозерного овса.

При использовании овса на продовольственные и кормовые цели большое значение имеет резистентность к накоплению микотоксинов в зерне. В 2019–2020 гг. под руководством Т. Ю. Гагкаевой в ВИЗРе изучали видовой состав грибов и содержание токсинов в зерне сортов пленчатого овса Яков, голозерного Вятский и 13 голозерных селекционных линий селекции ФИЦ «Немчиновка». В результате проведенных исследований установлено, что микобиоту на зерне овса представляют преимущественно грибы родов *Alternaria* (15–90 %), *Cochliobolus* (1–33 %), *Clodosporium* (1–19 %), *Ericocum* (0–11 %), *Fusarium* (3–17 %). Основным представителем фузариевых грибов был *F. poae*, продуцирующий ниваленол, и *F. Langsethiae*, продуцирующий Т-2/НТ-2 токсины. В данном опыте сорт Азиль проявил относительно высокую устойчивость к накоплению токсина Т-2.

В зерне сорта Азиль в 2019 г. при трехнедельном перестое на корню содержание токсина Т-2 составило 225 мкг/кг, а у стандарта – Яков – 1230 мкг/кг. В 2020 г. при уборке в оптимальные сроки в зерне сорта Азиль сохранилось токсина Т-2 20 мкг/кг, а у сорта Яков – 790 мкг/кг.

Запасные белки зерна овса – проламины у сорта Азиль изучали И. Н. Перчук в отделе биохимии молекулярных исследований ВИРА и А. В. Любимова в лаборатории сортовой идентификации Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Государственный аграрный университет Северного Зауралья» (ФГБОУ ВО ГАУ Северного Зауралья). Независимо друг от друга они пришли к выводу, что сорт Азиль по комплексному составу авенина гетерогенный и состоит из двух биотипов. Частота встречаемости биотипов № 25 и 77 по базе ВИРА составила 57 и 35 %.

По данным А. В. Любимовой, частота встречаемости близка к соотношению 55:45. При этом тип спектра имел следующую генетическую формулу авенина А0 и А2: B<sub>h</sub>cdC3+7.

Судя по электрофореграммам, представленным И. Н. Перчук, у одного из биотипов № 25 сорта Азиль более половины белков идентичны по биотипу № 11 его материнской формы Крестьянскому местному, а у биотипа № 77 семь белков идентичны по биотипу № 121 его отцовской форме сорту ЗАЛП.

Гетерогенность по биотипному составу следует учитывать при ведении первичного семеноводства сорта. Для сохранения уровня адаптивности сорта в питомнике размножения первого года должно соблюдаться соотношение биотипов. С этой целью единственным способом сохранения заданного соотношения и сорта в чистоте является метод индивидуально-семейного отбора с двукратной оценкой по потомству. Во избежание биологического засорения ввиду склонности морфотипа к перепылению, необходимо выдерживать пространственную изоляцию, особенно с другими сортами и линиями голозерного овса.

При анализе элит, попадающих в выборку для закладки питомника испытания потомств, следует учитывать показатель полноты вышелушивания. Отбирать при закладке питомника испытания потомств первого года только те элиты, у которых при обмолаоте остаются не вышелушенными 1–2 физиологически незрелых зерна, которые можно легко отделить от цветковой пленки путем надавливания двумя пальцами.

По нашим наблюдениям, при комбайнировании некоторая часть зерновок, в среднем 5–7 %, не вышелушиваются. Уборку необходимо привязывать к влажности зерна. Оптимальная влажность 16–18 %, обеспечивающая полноту вышелушивания 92–95 %.

**Выводы.** В результате многолетнего сотрудничества селекционеров ФИЦ «Немчиновка» и Ульяновского НИИСХ – филиала СамНЦ РАН создан сорт голозерного овса Азиль (патент №12078 от 11.04.2022 г.). С 2022 г. сорт рекомендован к возделыванию по Северо-Западному (2), Центральному (3), Волго-Вятскому (4), Средневолжскому (7) и Уральскому (9) регионам РФ. Результаты изучения комплекса элементов технологии возделывания сорта Азиль показали, что при интенсивной технологии урожайность зерна достигала 8,6 т/га, при этом прибавка к уровню урожайности при базовой технологии достигала 1,2 т/га. Сорт способен форми-

ровать зерно с повышенным содержанием белка, жира и крахмала (до 14,7, 8,9 и 70,0 % соответственно). Исследования на искусственном инфекционном фоне показали, что сорт обладает устойчивостью к поражению московской (2,4 %) и ульяновской (6,4 %) популяциями рас пыльной головни. Изучение реакции сорта на стрессовые факторы показало высокую устойчивость к почвенной кислотности и алюмоотоксичности. Кроме того, Азиль проя-

вил относительно высокую устойчивость к поражению фузариевыми грибами, что обеспечило низкое накопление в зерне токсина Т-2. Так, в 2019 г. он накапливал в 5,5 раза, а в 2020 г. – в 40 раз меньше токсина по сравнению с пленчатый сортом Яков. Новый сорт относится к овсам зернового направления использования, обладает хорошими вкусовыми качествами, хорошо разваривается, его зерно можно применять как сырье в пищевой промышленности.

#### Библиографические ссылки

1. Баталова Г. А. Мировое разнообразие как основа адаптивной селекции овса // Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции. 2015. Т. 176, № 1. С. 37–46. DOI: 10.30901/2227-8834-2015-1-37-46.
2. Баталова Г. А., Лоскутов И. Г., Шевченко С. Н., Жуйкова О. А., Кротова Н. В., Тулякова М. В. Селекция овса голозерного сорта Вировец // Российская сельскохозяйственная наука. 2019. № 4. С. 8–11. DOI: <https://doi.org/10.31857/S2500-2627201948-11>.
3. Гаврилова О. П., Гагкаева Т. Ю., Орина А. С., Маркова А. С., Кабашов А. Д., Лоскутов И. Г. Микобиота зерна селекционных линий овса ФИЦ «Немчиновка» конкурсного сортоиспытания на полях в Московской области в 2019 году // Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции. 2020. Т. 181, № 2. С. 134–144. DOI: 10.30901/2227-8834-2020-2-134-144.
4. Зобнина И. В. Перспективные образцы овса ярового (*avena sativa*), адаптированные к природно-климатическим условиям северного региона РФ // Аграрный вестник Урала. 2019. № 3(182). С. 4–11. DOI: 10.32417/article\_5ce3ce28b79b25.36191158.
5. Мишенькина О. Г. Скрининг коллекционных образцов овса по устойчивости к поражению пыльной головней в условиях Среднего Поволжья // Вестник Казанского государственного аграрного университета. 2021. Т. 16, № 2(62). С. 29–33. DOI: 10.12737/2073-0462-2021-29-33.
6. Gorash A., Armoniene R., Mitchell Fetch J., Liatukas Z., Danyte V. Aspects in oat breeding: nutrition quality, nakedness and disease resistance, challenges and perspectives // *Annals of Applied Biology*. 2017. Vol. 171(3). P. 281–302. DOI: 10.1111/aab.12375.
7. McCabe C. P., Burke J. I. Oat (*Avena sativa*) yield and grain fill responses to varying agronomic and weather factors. // *The Journal of Agricultural Science*. 2021. № 159. P. 90–105. DOI: 10.1017/S0021859621000320.
8. Reginatto D. C., Silva J. A. G., Carbonera R., Menegassi C. A. B., Libardoni F., Kraisig A. R., Carvalho I. R., da Rosa J. A., Peter C. L., Basso N. C. F., Berlezi J. D., Porazzi F. U. Sustainable optimization of nitrogen uses in oat at sowing and top-dressing stages // *Australian Journal of Crop Science*. 2021. Vol. 15(1). P. 23–31. DOI: 10.21475/ajcs.21.15.01.2333.
9. Trifuntova I. B. Ecological variability of the quality of oats varieties depending on vegetation conditions // *IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science*. 2020. Т. 547. P. 012041. DOI: 10.1088/1755-1315/547/1/012041.

#### References

1. Batalova G. A. Mirovye raznoobrazie kak osnova adaptivnoi selektsii ovsa [World diversity as a basis for adaptive oat breeding] // *Trudy po prikladnoi botanike, genetike i selektsii*. 2015. Т. 176, № 1. С. 37–46. DOI: 10.30901/2227-8834-2015-1-37-46.
2. Batalova G. A., Loskutov I. G., Shevchenko S. N., Zhuikova O. A., Krotova N. V., Tulyakova M. V. Seleksiya ovsa golozernogo sorta Virovets [Breeding of the hullless oat variety 'Virovets'] // *Rossiiskaya sel'skokhozyaistvennaya nauka*. 2019. № 4. С. 8–11. DOI: <https://doi.org/10.31857/S2500-2627201948-11>.
3. Gavrilova O. P., Gagkaeva T. Yu., Orina A. S., Markova A. S., Kabashov A. D., Loskutov I. G. Mikrobiota zerna selektsionnykh linii ovsa FITs «Nemchinovka» konkursnogo sortoispytaniya na polyakh v Moskovskoi oblasti v 2019 godu [Grain mycobiota of breeding oat lines of the Federal Research Center «Nemchinovka» of the Competitive Variety Testing in the fields in the Moscow region in 2019] // *Trudy po prikladnoi botanike, genetike i selektsii*. 2020. Т. 181, № 2. С. 134–144. DOI: 10.30901/2227-8834-2020-2-134-144.
4. Zobnina, I. V. Perspektivnye obraztsy ovsa yarovogo (*avena sativa*), adaptirovannye k prirodno-klimaticheskim usloviyam severnogo regiona RF [Promising spring oat samples (*avena sativa*) adapted to natural and climatic conditions of the northern region of the Russian Federation] // *Agrarnyi vestnik Urala*. 2019. № 3(182). С. 4–11. DOI: 10.32417/article\_5ce3ce28b79b25.36191158.
5. Mishen'kina O. G. Skrininng kolektsionnykh obraztsov ovsa po ustoychivosti k porazheniyu pyl'noi golovnei v usloviyakh Srednego Povolzh'ya [Screening of the collection oat samples according to loose smut resistance in the conditions of the Middle Volga region] // *Vestnik Kazanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*. 2021. Т. 16, № 2(62). С. 29–33. DOI: 10.12737/2073-0462-2021-29-33.
6. Gorash A., Armoniene R., Mitchell Fetch J., Liatukas Z., Danyte V. Aspects in oat breeding: nutrition quality, nakedness and disease resistance, challenges and perspectives // *Annals of Applied Biology*. 2017. Vol. 171(3). P. 281–302. DOI: 10.1111/aab.12375.
7. McCabe C. P., Burke J. I. Oat (*Avena sativa*) yield and grain fill responses to varying agronomic and weather factors // *The Journal of Agricultural Science*. 2021. № 159. P. 90–105. DOI: 10.1017/S0021859621000320.

8. Reginatto D. C., Silva J. A. G., Carbonera R., Menegassi C. A. B., Libardoni F., Kraisig A. R., Carvalho I. R., da Rosa J. A., Peter C. L., Basso N. C. F., Berlezi J. D., Porazzi F. U. Sustainable optimization of nitrogen uses in oat at sowing and top-dressing stages // Australian Journal of Crop Science. 2021. Vol. 15(1). P. 23–31. DOI: 10.21475/ajcs.21.15.01.2333.

9. Trifuntova I. B. Ecological variability of the quality of oats varieties depending on vegetation conditions // IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science. 2020. T. 547. P. 012041. DOI: 10.1088/1755-1315/547/1/012041.

Поступила: 08.09.22; доработана после рецензирования: 13.10.22; принята к публикации: 17.10.22.

**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.** Кабашов А. Д. – постановка целей и задач, формирование методологии исследования и концепции статьи, анализ данных и их интерпретация; Колупаева А. С. – сбор данных, выполнение полевых опытов; Захаров В. Г. – сбор литературных данных, анализ данных и их интерпретация, подготовка рукописи; Власенко Н. М. – выполнение полевых опытов; Мишенькина О. Г. – анализ литературных данных, выполнение полевых опытов, сбор данных, подготовка рукописи; Яковлева О. Д. – подготовка рукописи; Лейбович Я. Г. – выполнение полевых / лабораторных опытов и сбор данных; Филоненко З. В. – выполнение лабораторных опытов; Разумовская Л. Г. – выполнение лабораторных опытов; Политыко П. М. – подготовка опыта, обработка полученных результатов опыта, анализ данных.

**Все авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.**

## СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ СОРТОВ ОЗИМОГО ЯЧМЕНЯ ПО УРОЖАЙНОСТИ, ЕЕ КОМПОНЕНТОВ И КАЧЕСТВА ЗЕРНА В УСЛОВИЯХ РОСТОВСКОЙ ОБЛАСТИ

**И. М. Засыпкина**, аспирант, irinka\_kolosok92@mail.ru, ORCID ID: 0000-0002-1281-5317;

**Е. Г. Филиппов**, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, заведующий отделом селекции и семеноводства ячменя, filippov.vniizk@mail.ru, ORCID ID: 0000-0002-5916-3926;

**О. А. Попова**, техник-исследователь, olya8.belanova@yandex.ru, ORCID ID: 0000-0001-5292-2224  
ФГБНУ «Аграрный научный центр «Донской»,  
347740, Ростовская область, в. Зерноград, Научный городок, 3; e-mail: vniizk30@yandex.ru

Среди зернофуражных культур в РФ по многообразию использования и валовым сборам ячмень занимает первое место. Однако нынешний уровень производства зерна этой культуры не в полной мере удовлетворяет потребностям отраслей животноводства и пищевой промышленности. Сорта озимого ячменя в настоящее время допущены к использованию в Северо-Кавказском, Средневолжском и Нижневолжском регионах РФ, где урожайность его в 1,5–2 раза выше, чем ярового. Сорта ячменя различных селекционных учреждений по показателю «урожайность» имеют колебания, и довольно значительные, по регионам их выращивания, поэтому для определения их реакции и проводятся межстанционные испытания. Лучшие из них в дальнейшем используются в различных селекционных проектах. Цель исследований – провести анализ по показателю урожайности и ее компонентам и качеству зерна у современных местных и зарубежных сортов озимого ячменя для применения выделенных из них в скрещиваниях в качестве родительских форм. Мониторинг сортов проводили на экспериментальном участке ФГБНУ «АНЦ «Донской» (2017–2019 гг.). Предметом научных изысканий были сорта озимого ячменя (29 образцов) местных и зарубежных оригинаторов. По результатам системного анализа выделены сорта, обладающие необходимыми сочетаниями важных для селекции признаков, таких как:

– высокая урожайность – многорядные сорта: Маруся, Виват, Фокс 1, Ерема, Артель, Достойный (РФ), KWS-Scala (Германия), Capten (Франция);

– крупнозерность – многорядные: KWS-117, KWS-234, KWS-History (Германия) и двурядные: Explorer 3, 4, 5, 7, 3/2, 4/2 Бронскайли (Франция) – более 50 г);

– по плотности колосостоя к уборке на 1 м<sup>2</sup> – двурядные сорта: KWS-History – 704 шт./м<sup>2</sup>, KWS-117 – 710 шт./м<sup>2</sup> (Германия), Explorer 8 – 739 шт./м<sup>2</sup>, Explorer 3/2 – 759 шт./м<sup>2</sup>, Wintwalt – 847 шт./м<sup>2</sup> (Франция);

– количество зерен в колосе – многорядные сорта: Маруся (57,9 шт.), Андрюша (55,8 шт.) (Россия), Capten (55,6 шт.) (Франция) и двурядные сорта Explorer 3 (26,0 шт.), Explorer 5 (25,9 шт.), Бронскайли (25,8 шт.) (Франция);

– стабильное содержание белка в зерне менее 11 % – двурядные сорта: KWS-History (10,3 %), KWS-234 (10,7 %) (Германия) и Explorer 3/2 (10,3 %) (Франция).

**Ключевые слова:** озимый ячмень, сорт, урожайность, масса 1000 зерен, число зерен в колосе, плотность колосостоя к уборке на 1 м<sup>2</sup>.

**Для цитирования:** Засыпкина И. М., Филиппов Е. Г., Попова О. А. Сравнительный анализ сортов озимого ячменя по урожайности и ее компонентов в условиях Ростовской области // Зерновое хозяйство России. 2022. Т. 14, № 5. С. 59–65. DOI: 10.31367/2079-8725-2022-82-5-59-65.



## COMPARATIVE ANALYSIS OF WINTER BARLEY VARIETIES ACCORDING TO PRODUCTIVITY, ITS COMPONENTS AND GRAIN QUALITY IN THE ROSTOV REGION

**I. M. Zasypkina**, post-graduate, irinka\_kolosok92@mail.ru, ORCID ID: 0000-0002-1281-5317;

**E. G. Filippov**, Candidate of Agricultural Sciences, docent, head of the department of barley breeding and seed production, filippov.vniizk@mail.ru, ORCID ID: 0000-0002-5916-3926;

**O. A. Popova**, research technician, olya8.belanova@yandex.ru, ORCID ID: 0000-0001-5292-2224  
FSBSI "Agricultural Research Center "Donskoy",  
347740, Rostov region, Zernograd, Nauchny Gorodok, 3; e-mail: vniizk30@yandex.ru

Among the grain forage crops in the Russian Federation, barley ranks first in terms of multi-use and gross yields. However, the current level of grain production of this crop does not fully meet the needs of the livestock and food industries. Winter barley varieties are currently approved for use in the North Caucasus, Middle Volga and Nizhnevolsk regions of the Russian Federation, where its yield is 1.5–2 times higher than that of spring barley. According to the trait 'productivity' barley varieties of various breeding institutions have quite significant fluctuations in the regions of their cultivation, and therefore inter-station tests are carried out to determine their response. The best ones are further used in various breeding projects. The purpose of the current paper was to analyze the trait 'productivity' and its components and grain quality among present local and foreign winter barley varieties, in order to use the identified ones in crossings parental forms. The monitoring of varieties was carried out on the experimental plot of the Federal State Budgetary Scientific Institution "ARC «Donskoy» (2017–2019). The subjects of the study were winter barley varieties

(29 samples) of local and foreign origin. Based on the results of a system analysis, there has been identified a number of varieties that have the necessary combinations of traits important for breeding, such as:

- high productivity (the multi-row varieties 'Marusya', 'Vivat', 'Foks 1', 'Erema', 'Artel', 'Dostoinny' (Russia), 'KWS-Scala' (Germany), 'Capten' (France));
- coarse-grained (the multi-row lines 'KWS-117', 'KWS-234', 'KWS-History' (Germany) and the two-row varieties 'Explorer 3', 'Explorer 4', 'Explorer 5', 'Explorer 7', 'Explorer 3/2', 'Explorer 4/2', 'Bronskylil' (France) with more than 50 g);
- head density per 1 m<sup>2</sup> when harvesting (the two-row varieties 'KWS-History' with 704 pcs/m<sup>2</sup>, 'KWS-117' with 710 pcs/m<sup>2</sup> (Germany), 'Explorer 8' with 739 pcs/m<sup>2</sup>, 'Explorer 3/2' with 759 pieces/m<sup>2</sup>, 'Wintwalt' with 847 pieces/m<sup>2</sup> (France));
- number of grains per head (the multi-row varieties 'Marusya' with 57.9 pcs, 'Andryusha' with 55.8 pcs (Russia), 'Capten' with 55.6 pcs (France) and two-row varieties 'Explorer 3' with 26.0 pcs., 'Explorer 5' with 25.9 pcs., 'Bronskylil' with 25.8 pcs (France);
- stable protein percentage in grain less than 11 % (the two-row varieties 'KWS-History' with 10.3 %, 'KWS-234' with 10.7 % (Germany) and 'Explorer 3/2' with 10.3 % (France).

**Keywords:** winter barley, variety, productivity, 1000-grain weight, number of grains per head, head density per 1 m<sup>2</sup> when harvesting.

**Введение.** Среди зернофуражных культур в РФ по многообразию использования и валовым сборам ячмень занимает первое место (Темирбекова и др., 2019).

Ячмень – это одна из главных зерновых культур, он является особо ценным в связи с широким диапазоном своего применения (крупка, зеленый корм, сенаж, фураж, пиво и т.д.) и по посевным площадям в течение многих лет занимает 2 место после озимой пшеницы. Созревание зерна озимого ячменя, особенно на последних этапах, обычно происходит в более комфортных условиях, чем у ярового ячменя, что подтверждается более высокими урожаями в отдельные годы – в 1,5–2 раза, все это и имеет большое значение в балансе зернофуражных культур, особенно в последние десятилетия (Алабушев, 2012).

Цель исследований: анализ по показателю урожайности, ее компонентов и качества современных местных и зарубежных сортов для использования лучших из них в программах гибридизации. Так как в скрещиваниях необходимо использовать в первую очередь сорта местного происхождения и предпочтительные сорта селекции других учреждений (Поползухин и др., 2019, Филиппов и др. 2022).

**Материалы и методы исследований.** Мониторинг сортов проводили на экспериментальном участке ФГБНУ «Аграрный научный центр «Донской» в 2017–2019 годах.

В качестве материала для данного эксперимента были использованы 29 сортов озимого ячменя местной и иноземной (иностранной) селекции.

Многорядные сорта:

- Тимофей, Виват, Фокс 1, Ерема, Тигр, Маруся, Артель – «АНЦ «Донской», Ростовская область, РФ;
- Гордей – ФГБНУ НЦЗ им. П. П. Лукьяненко, г. Краснодар, РФ;
- Андрияша, Достойный – ФГБНУ Северо-Кавказский Федеральный аграрный центр, г. Ставрополь, РФ;
- KWS-Scala, KWS-Meridian, KWS-Casino – KWS SAAT SE, Германия;
- Explorer 1, Explorer 2, Explorer 6, Capten, Бройнскайли – Secobra Recherches S.A.S., Франция.

Двурядные сорта:

– KWS-117, KWS-234, KWS-History – KWS SAAT SE, Германия;

– Explorer 3, Explorer 4, Explorer 5, Explorer 7, Explorer 8, Explorer 3/2, Explorer 4/2, Wintwalt – Secobra Recherches S.A.S., Франция.

Площадь делянки (учетная) – 10 м<sup>2</sup>, при трехкратной повторности и систематическом размещении делянок, норма высева всхожих зерен на 1 м<sup>2</sup> – 450, сорт Тимофей – стандарт, предшественник – горох.

Погодные условия в период исследований были нестабильны в вегетационный период озимого ячменя, и это позволило достаточно объективно произвести анализ изучаемых сортов по показателям урожайности и ее структурных компонентов.

В 2017 г. в период весенней вегетацией отмечено достаточно большое количество атмосферных осадков на фоне среднемноголетних данных температурного режима, что позволило получить достаточно высокую урожайность.

В 2018 г. весна характеризуется пониженным температурным режимом и недостаточным количеством атмосферных осадков. Однако осадки в последующем положительно повлияли на показатели урожайности.

Для 2019 г. важным оказалось иррегулярное выпадение атмосферных осадков в весенне-летний период, что в значительной мере отразилось на снижении крупности зерна и более низкой, чем в предыдущие годы, урожайности.

Изучаемые объекты были оценены по методике Государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур (2019) и методическим указаниям по изучению коллекции ячменя и овса (2012).

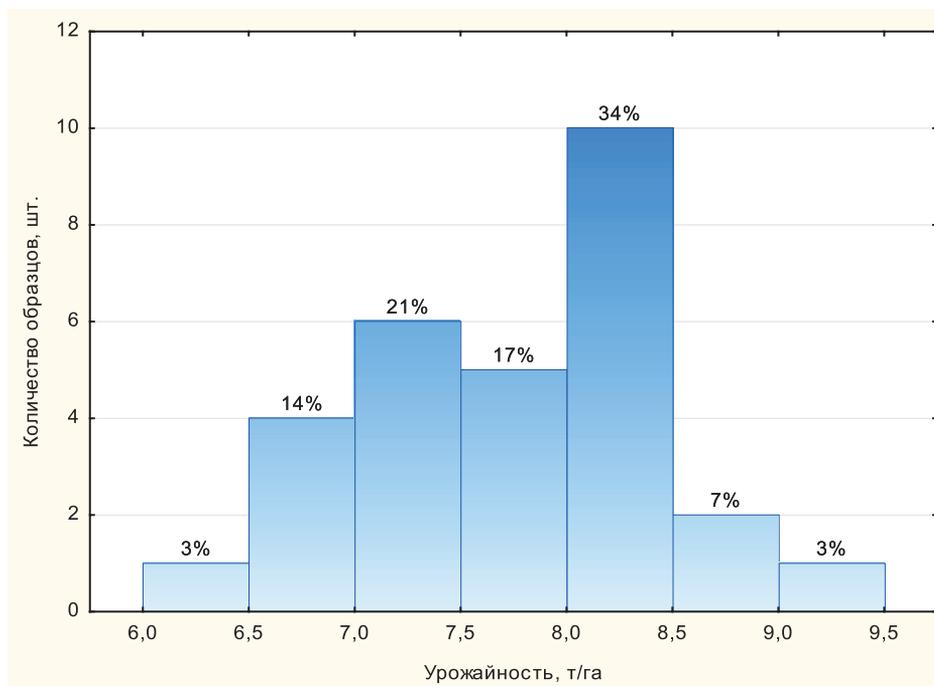
Методику Б. А. Доспехова (2014) использовали для обработки полученных данных.

**Результаты и их обсуждение.** Урожайность является результирующим показателем, который отражает приспособленность сорта к конкретным почвенно-климатическим условиям (Ерошенко и др., 2022). Поэтому изучение роли отдельных составляющих компонентов в урожайности сортов весьма важно.

Выведение новых сортов, которые должны обладать в первую очередь высокими показателями

телями урожайности, не представляется возможным без изучения элементов, составляющих ее структуру (Катюк, 2020; Georgieva, Kosev,

2020). В период исследований урожайность сортов изменялась от 6,0 до 9,1 т/га (рис. 1).



**Рис. 1.** Распределение сортов озимого ячменя по признаку «урожайность», т/га (2017–2019 гг.)  
**Fig. 1.** Distribution of winter barley varieties according to the trait “productivity”, t/ha (2017–2019)

В среднем за годы исследований максимальная урожайность отмечена у многорядных сортов Маруся (9,1 т/га), Виват, Артель

(8,6 т/га), KWS-Scala (8,7 т/га) и других (табл. 1). Остальные сорта уступили стандарту по данному показателю.

**Таблица 1. Сорта озимого ячменя, выделившиеся по признаку «урожайность», т/га (2017–2019 гг.)**

**Table 1. Winter barley varieties identified according to the trait “productivity”, t/ha (2017–2019)**

№	Название сорта	Происхождение	Урожайность, т/га	Прибавка к стандарту, т/га
1	Тимофей, стандарт	Россия	8,0	–
2	Маруся	Россия	9,1	+1,1
3	Виват	Россия	8,6	+0,6
4	Артель	Россия	8,6	+0,6
5	Ерема	Россия	8,4	+0,4
6	Фокс 1	Россия	8,4	+0,4
7	Достойный	Россия	8,4	+0,4
8	KWS-Scala	Германия	8,7	+0,7
9	Сарпен	Франция	8,4	+0,4
НСР <sub>05</sub>				0,38

Основные признаки, от которых зависит урожайность, это плотность колосостоя к уборке на 1 м<sup>2</sup>, количество зерен в колосе и масса 1000 зерен.

Масса 1000 зерен (крупность зерна) является одним из главных слагаемых урожая (Шоева и др., 2021). Данный признак определяет основные посевные качества, такие как запас питательных веществ, всхожесть и жизнеспособ-

ность семян (Юсова и др., 2020). В годы изучения этот показатель изменялся от 38,1 до 59,4 г. Третья часть изучаемых образцов (34 %) имели очень высокую массу 1000 зерен (рис. 2).

Наиболее высокие показатели по признаку «масса 1000 зерен» были у многорядного сорта Маруся (48,4 г) (Россия) и у двурядных сортов Explorer 3, Explorer 3/2, Explorer 4/2 (59,4; 57,1; 56,1 г) (Франция) соответственно и др. (табл. 2).

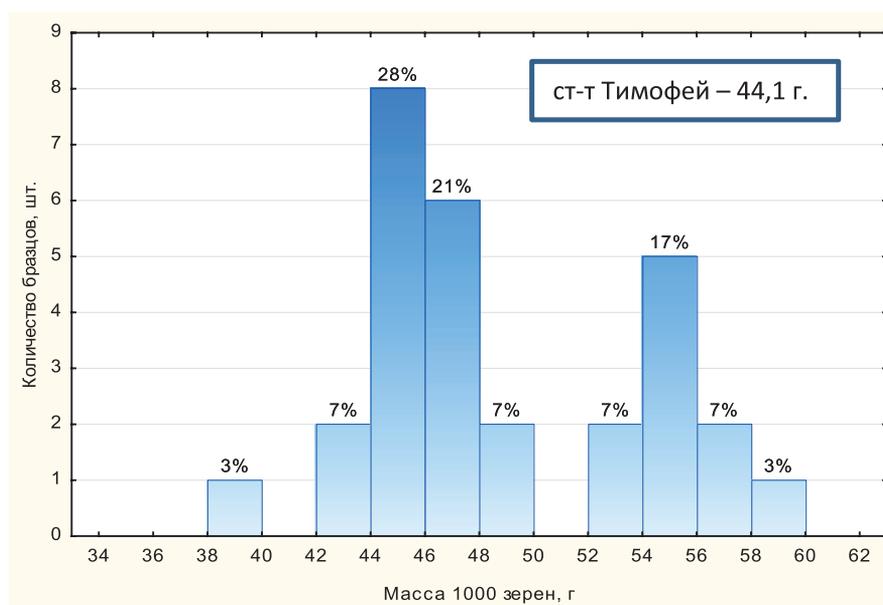


Рис. 2. Распределение сортов озимого ячменя по признаку «масса 1000 зерен», г (2017–2019 гг.)  
Fig. 2. Distribution of winter barley varieties according to the trait “1000-grain weight”, g (2017–2019)

Таблица 2. Лучшие по крупности сорта (2017–2019 гг.)  
Table 2. The best varieties according to grain size (2017–2019)

№	Название сорта	Колос по количеству зерен (многорядный/двурядный)	Происхождение	Масса 1000 зерен, г
1	Тимофей, стандарт	многорядный	Россия	44,1
2	Маруся	многорядный	Россия	48,4
3	KWS–History	двурядный	Германия	54,6
4	KWS–234	двурядный	Германия	54,1
5	KWS–117	двурядный	Германия	53,6
6	Explorer 3	двурядный	Франция	59,4
7	Explorer 3/2	двурядный	Франция	57,1
8	Explorer 4/2	двурядный	Франция	56,1
9	Explorer 7	двурядный	Франция	55,7
10	Explorer 5	двурядный	Франция	55,2
11	Explorer 4	двурядный	Франция	54,5
12	Бронскайли	двурядный	Франция	52,3
HCP <sub>05</sub>				3,9

Озерненность колоса играет значительную роль в формировании урожайности, так как наряду с массой 1000 зерен является определяющим фактором в массе зерна с колоса (рис. 3).

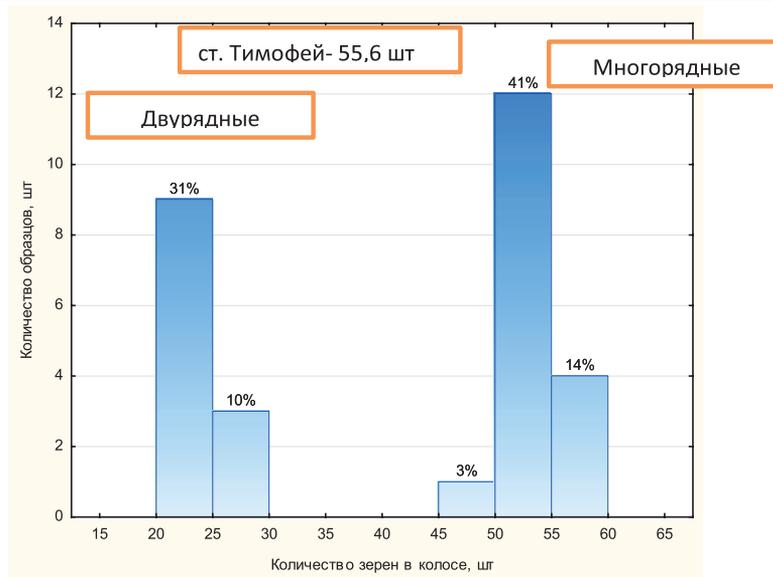
Были выделены многорядные сорта Маруся (57,9 шт.), Андрюша (55,8 шт.) (Россия), Capten (55,6 шт.) (Франция) и двурядные сорта Explorer 3 (26,0 шт.), Explorer 5 (25,9 шт.), Бронскайли (25,8 шт.) (Франция), имеющие наиболее озерненные колоса.

Масса зерна с колоса изменялась в годы изучения от 1,0 г до 2,8 г (рис. 4). Наибольший показатель «масса зерна с колоса» была у 7 % многорядных сортов: это Маруся (Россия) – 2,6 г, KWS-Meridian (Германия) – 2,6 г, Capten (Франция) – 2,8 г, и у 7 % двурядных сортов:

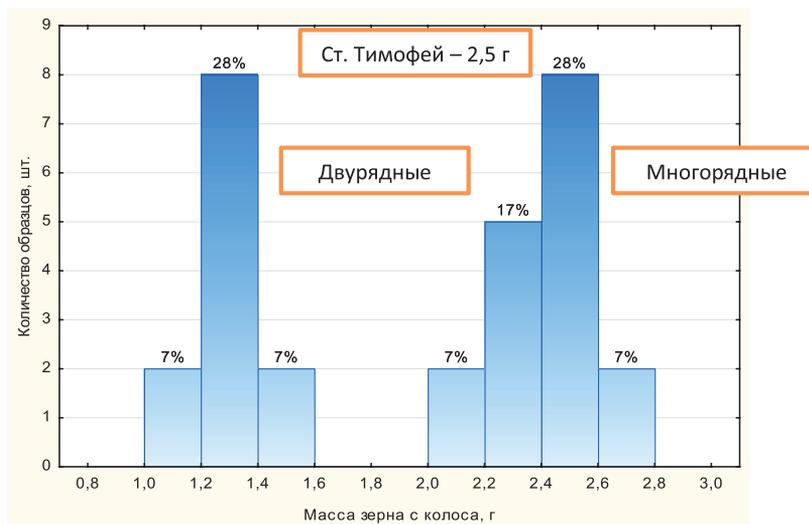
Explorer 3 – 1,54 г, Explorer 5 – 1,41 г, Бронскайли – 1,43 г (Франция).

Величина продуктивного стеблестоя к уборке у изучаемых сортов в зависимости от условий года колебалась от 342 (Explorer 6, 2019 г.) до 1076 шт./м<sup>2</sup> (Wintwalt, 2018 г.).

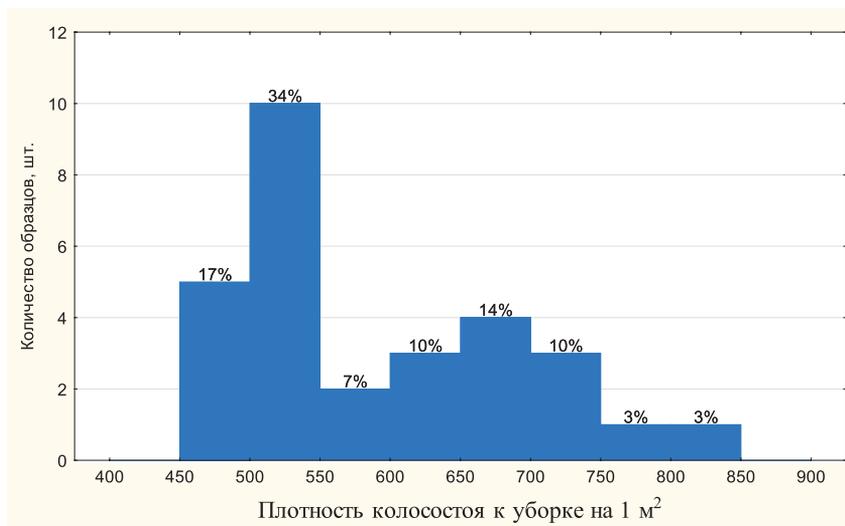
Плотность колосостоя к уборке в среднем находилась в пределах от 472 до 847 шт./м<sup>2</sup>. Стандартный сорт Тимофей имел значение данного признака – 472 шт./м<sup>2</sup>. Большое количество продуктивных стеблей на 1 м<sup>2</sup> (700 и более шт./м<sup>2</sup>) сформировали 16 % изучаемых образцов: это двурядные сорта ячменя KWS-History – 704 шт./м<sup>2</sup>, KWS-117 – 710 шт./м<sup>2</sup> (Германия), Explorer 8 – 739 шт./м<sup>2</sup>, Explorer 3/2 – 759 шт./м<sup>2</sup>, Wintwalt – 847 шт./м<sup>2</sup> (Франция) (рис. 5).



**Рис. 3.** Распределение сортов озимого ячменя по признаку «озерненность колоса», шт. (2017–2019 гг.)  
**Fig. 3.** Distribution of winter barley varieties according to the trait “grain content of a head”, pcs. (2017–2019)



**Рис. 4.** Распределение сортов озимого ячменя по признаку «масса зерна с колоса», г (2017–2019 гг.)  
**Fig. 4.** Distribution of winter barley varieties according to the trait “grain weight per head”, g (2017–2019)



**Рис. 5.** Распределение сортов озимого ячменя по признаку «плотность колосостоя к уборке на 1 м²» (2017–2019 гг.)  
**Fig.5.** Distribution of winter barley varieties according to the trait «head density per 1 m² when harvesting» (2017–2019)

Различия по качеству зерна позволяют выделить сорта, наиболее ценные для целей селекции. Главный показатель качества – содержание белка в зерне. Для кормовых и крупяных целей его высокое содержание является положительным фактором, а для использования в пивоварении необходимы сорта с содержанием белка менее 11 %. Показатели содержания белка в зерне изменялись от 9,8 до 11,2 %. По содержанию белка среди изучаемых со-

ртов источников с высокими его показателями не обнаружено.

В связи с технологией получения солода для пивоваренной промышленности предпочтение для этих целей имеют двурядные сорта ячменя. Двурядные сорта KWS-History, KWS-234 (Германия) и Explorer 3/2 (Франция) стабильно по годам имеют низкое (<11 %) содержание белка в зерне и рекомендованы для целенаправленного использования в селекции озимого ячменя на пивоваренные цели (табл. 3).

**Таблица 3. Содержание белка в двурядных сортах озимого ячменя в сравнении со стандартом (2017–2019 гг.)**

**Table 3. Protein percentage in two-row winter barley varieties in comparison with the standard variety (2017–2019)**

№ п/п	Название сорта	Происхождение	Содержание белка в зерне, %			Средняя, %
			2017 г.	2018 г.	2019 г.	
1	Тимофей, ст	РФ	11,8	11,3	11,6	11,6
2	KWS-History	Германия	9,8	10,1	10,7	10,3
3	KWS-234	Германия	10,4	10,8	10,8	10,7
4	Explorer 3/2	Франция	10,1	10,0	10,6	10,3
5	Explorer 5	Франция	10,7	10,8	11,5	11,0
6	Explorer 4	Франция	10,9	10,8	11,2	11,0

Все выделившиеся по отдельным изучаемым положительным признакам и их комплексу сорта озимого ячменя рекомендованы для использования в селекционных программах.

**Выводы.** Для дальнейшего использования в селекционных программах в качестве источников отдельных признаков могут быть рекомендованы сорта:

- по урожайности – многорядные сорта Маруся (9,1 т/га), Артель (8,6 т/га), Фокс 1 (8,4 т/га), Ерема (8,4 т/га), Виват (8,4 т/га), Достойный (8,4 т/га) (РФ), KWS-Scala (8,7 т/га) (Германия), Capten (8,4 т/га) (Франция);

- по крупности зерна – двурядные сорта Explorer 3 (59,4 г), Explorer 3/2 (57,1 г), Explorer 4/2 (56,1 г) (Франция);

- по плотности колосостоя к уборке на 1 м<sup>2</sup> – двурядные сорта KWS-History (704 шт./м<sup>2</sup>), KWS-117 (710 шт./м<sup>2</sup>) (Германия), Explorer 8 (739 шт./м<sup>2</sup>), Explorer 3/2 (759 шт./м<sup>2</sup>), Wintwalt (847 шт./м<sup>2</sup>) (Франция);

- количество зерен в колосе – многорядные сорта Маруся (57,9 шт.), Андрюша (55,8 шт.) (Россия), Capten (55,6 шт.) (Франция) и двурядные сорта Explorer 3 (26,0 шт.), Explorer 5 (25,9 шт.), Бронскаяли (25,8 шт.) (Франция);

- для применения в селекции на пивоваренные качества рекомендованы сорта со стабильным содержанием белка в зерне менее 11 % – KWS-History (10,3 %), KWS-234 (10,7 %) (Германия) и Explorer 3/2 (10,3 %) (Франция).

#### Библиографические ссылки

1. Алабушев А. В. Состояние и пути эффективной отрасли растениеводства (избранные труды). Ростов на/Д.: ЗАО «Книга», 2012. 234 с.
2. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). М.: Альянс, 2014. 352 с.
3. 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. № 183(1). С. 38–47. DOI: 10.30901/2227-8834-2022-1-38-47.
4. Катюк А. И. Формирование семенной продукции у коллекции гороха разных морфотипов в условиях Среднего Поволжья // Зерновое хозяйство России. 2020. № 5(71). С. 32–38. DOI: 10.31367/2079-8725-2020-71-5-32-38.
5. Методика Государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур. М., 2019. Вып. 2. 250 с.
6. Методические указания ВИР по изучению мировой коллекции ячменя и овса. СПб., 2012. С. 63.
7. Поползухин П. В., Николаев П. Н., Аниськов Н. И., Юсова О. А., Сафонова И. В., Быков С. А. Агробиологическая характеристика кормового сорта ярового ячменя Саша // Достижения науки и техники в АПК. 2019. Т. 33, № 4. С. 27–29. DOI: 10.24411/0235-2451-2019-10106.
8. Темирбекова С. К., Афанасьева Ю. В., Куликов И. М., Ковалева О. Н., Ионова Н. Э. Исходный материал для селекции ярового ячменя в Центрально-Черноземной зоне // Вестник Российской сельскохозяйственной науки. 2019. № 6. С. 19–23. DOI: 10.30850/vrsn/2019/6/19-23/.

9. Филиппов Е. Г., Донцова А. А., Донцов Д. П., Дорошенко Э. С., Засыпкина И. М., Брагин Р. Н. Оценка исходного материала ячменя в условиях Ростовской области // Зерновое хозяйство России. 2022. № 1(79). С. 3–10. DOI: 10.31367/2079-8725-2022-79-1-3-10.
10. 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: 10.30901/2227-8834-2021-89-95.
11. Юсова О. А., Николаев П. Н., Аниськов Н. И., Сафонова И. В. Адаптивность сортов ячменя по признаку «масса 1000 зерен» в условиях лесостепи Омской области // Достижения науки и техники в АПК. 2020. Т. 34, № 2. С. 24–28. DOI: 10.24411/0235-2451-2020-10205.
12. Georgieva N., Kosev V. Оптимальные параметры модельных сортов кормовых бобов (*Vicia, faba* L.) для центральной части Дунайской равнины, Болгария // Сельскохозяйственная биология. 2020. Т. 55, № 3. С. 544–551.

### References

1. Alabushev, A. V. Sostoyanie i puti effektivnoi otrasli rastenievodstva (izbrannye trudy) [The state and ways of an effective branch of plant production (selected works)]. Rostov n/D.: ЗАО «Книга», 2012. 234 s.
2. Dospikhov, B. A. Metodika polevogo opyta (s osnovami statisticheskoi obrabotki rezul'tatov issledovaniy) [Methodology of a field trial (with the basics of statistical processing of the study results)]. M.: Al'yans, 2014. 352 s.
3. 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 Nechernozemnoi zony [Productivity, adaptability, stability and homeostasis of spring barley varieties in the Nonchernozem zone] // Trudy po prikladnoi botanike, genetike i selektsii. 2022. № 183 (1). S. 38–47. DOI: 10.30901/2227-8834-2022-1-38-47.
4. Katyuk, A. I. Formirovanie semennoi produktsii u kolleksii gorokha raznykh morfotipov v usloviyakh Srednego Povolzh'ya [Formation of seed production in a collection of peas of different morphotypes in the Middle Volga region] // Zernovoe khozyaistvo Rossii. 2020. № 5 (71). S. 32–38. DOI: 10.31367/2079-8725-2020-71-5-32-38.
5. Metodika gosudarstvennogo sortoispytaniya sel'skokhozyaistvennykh kul'tur [Methodology of the State Variety Testing of Agricultural crops]. M., 2019. Vyp. 2. 250 s.
6. Metodicheskie ukazaniya VIR po izucheniyu mirovoi kolleksii yachmenya i ovsa [Methodical recommendations of VIR for the study of the world collection of barley and oats]. SPb., 2012. S. 63.
7. Popolzhukhin P. V., Nikolaev P. N., Anis'kov N. I., Yusova O. A., Safonova I. V., Bykov S. A. Agrobiologicheskaya kharakteristika kormovogo sorta yarovogo yachmenya Sasha [Agrobiological characteristics of fodder spring barley variety 'Sasha'] // Dostizheniya nauki i tekhniki v APK. 2019. Т. 33, № 4. S. 27–29. DOI: 10.24411/0235-2451-2019-10106.
8. Temirbekova S. K., Afanas'eva Yu. V., Kulikov I. M., Kovaleva O. N., Ionova N. E. Iskhodnyi material dlya selektsii yarovogo yachmenya v tsentral'noi chernozemnoi zone [Initial material for spring barley breeding in the Central Blackearth zone] // Vestnik Rossiiskoi sel'skokhozyaistvennoi nauki. 2019. № 6. S. 19–23. DOI: 10.30850/vrsn/2019/6/19/23.
9. Filippov E. G., Dontsova A. A., Dontsov D. P., Doroshenko E. S., Zasypkina I. M., Bragin R. N. Otsenka iskhodnogo materiala yachmenya v usloviyakh Rostovskoi oblasti [Estimation of the initial material of barley in the Rostov region] // Zernovoe khozyaistvo Rossii. 2022. № 1(79). S. 3–10. DOI: 10.31367/2079-8725-2022-79-1-3-10.
10. 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 a barley head, on grain size and weight] // Trudy po prikladnoi botanike, genetike i selektsii. 2021. № 182(2). S. 89–95. DOI: 10.30901/2227-8834-2021-89-95.
11. Yusova O. A., Nikolaev P. N., Anis'kov N. I., Safonova I. V. Adaptivnost' sortov yachmenya po priznaku «massa 1000 zeren» v usloviyakh lesostepi Omskoi oblasti [Adaptability of barley varieties according to the trait '1000-grain weight' in the forest-steppe of the Omsk region] // Dostizheniya nauki i tekhniki v APK. 2020. Т. 34, № 2. S. 24–28. DOI: 10.24411/0235-2451-2020-10205.
12. Georgieva N., Kosev V. Optimal'nye parametry model'nykh sortov kormovykh bobov (*Vicia, faba* L.) dlya tsentral'noi chasti Dunaiskoi ravniny, Bolgariya [Optimal parameters of model varieties of fodder beans (*Vicia, faba* L.) for the central part of the Danube Plain, Bulgaria] // Sel'skokhozyaistvennaya biologiya. 2020. Т. 55, № 3. S. 544–551.

Поступила: 18.08.22; доработана после рецензирования: 27.09.22; принята к публикации: 29.09.22.

**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.** Филиппов Е. Г. – концептуализация и проектирование исследования, анализ данных и интерпретация, подготовка рукописи; Засыпкина И. М. – выполнение полевых опытов, сбор данных, подготовка рукописи; Попова О. А. – выполнение полевых опытов, сбор данных, подготовка рукописи.

**Все авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.**

## НОВЫЕ ГИБРИДЫ КУКУРУЗЫ СИЛОСНОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ

**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. Игнатъев**, кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник лаборатории селекции и семеноводства кукурузы, ignatv1983@rambler.ru, ORCID ID: 0000-0002-0319-4600;

**Д. Р. Лупинога**, агроном лаборатории селекции и семеноводства кукурузы, ORCID ID: 0000-0002-4457-6146;

**Ю. Б. Арженовская**, агроном лаборатории селекции и семеноводства кукурузы, ORCID ID: 0000-0003-3855-372X

ФГБНУ «Аграрный научный центр «Донской»,

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

Кукуруза считается непревзойденной силосной культурой, поэтому селекция по этому направлению актуальна. Исследования проводили в ФГБНУ «Аграрный научный центр «Донской» в 2019–2021 годах. Цель исследований: изучение урожайности и питательной ценности новых силосных гибридных комбинаций, выявление зависимостей для оптимизации селекционного процесса. Для создания новых гибридов применен метод межлинейной гибридизации с использованием гетерозиса в первом поколении. Объект исследований – 24 гибрида раннеспелой, среднеранней и среднеспелой группы. В каждой группе выделены новые гибридные комбинации, перспективные для возделывания на силос и зеленый корм. В раннеспелой группе высокую урожайность зеленой массы (28,2 т/га) и сухого вещества (9,41 т/га) сформировал новый гибрид Круча М × КВ 215, он имел наибольший сбор кормовых единиц с 1 га – 6,56 т, перевариваемого протеина – 0,48 т и выход обменной энергии – 90,0 ГДж/га. В среднеранней группе выделен новый гибрид Круча М × КВ399 МВ с урожайностью зеленой массы 29,4 т/га, сухого вещества – 10,35 т/га, сбором кормовых единиц с 1 га – 7,49 т, перевариваемого протеина – 0,57 т, выходом обменной энергии – 96,14 ГДж/га. В среднеспелой группе лучшим оказался новый гибрид КВ 399 × 9837В, который имел самые высокие показатели среди всех изученных гибридов: сбор кормовых единиц с 1 га – 7,88 т, перевариваемого протеина – 0,64 т и энергосодержание урожая – 98,64 ГДж/га. Выявлены признаки, которые необходимо использовать при создании и выделении силосных гибридов кукурузы: высота растений, высота прикрепления початка, количество листьев на растении, продолжительность вегетационного периода.

**Ключевые слова:** кукуруза (*Zea Mays* L.), гибрид, зеленая масса, сухое вещество, переваримый протеин, обменная энергия.

**Для цитирования:** Кривошеев Г. Я., Игнатъев А. С., Лупинога Д. Р., Арженовская Ю. Б. Новые гибриды кукурузы силосного использования // Зерновое хозяйство России. 2022. Т. 14, № 5. С. 66–71. DOI: 10.31367/2079-8725-2022-82-5-66-71.



## THE NEW MAIZE HYBRIDS FOR SILAGE

**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, ignatv1983@rambler.ru, ORCID ID: 0000-0002-0319-4600;

**D. R. Lupinoga**, agronomist of the laboratory for maize breeding and seed production, ORCID ID: 0000-0002-4457-6146;

**Yu. B. Arzhenovskaya**, agronomist of the laboratory for maize breeding and seed production, ORCID ID: 0000-0003-3855-372X

FSBSI «Agricultural Research Center «Donskoy»,

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

Maize is considered an unsurpassed silage crop, so breeding in this direction is of great relevance. The study was carried out at the FSBSI «Agricultural Research Center «Donskoy» in 2019–2021. The purpose was to study productivity and nutritional value of the new silage hybrid combinations, to identify dependencies to optimize the breeding process. In order to develop new hybrids, there was applied the method of interline hybridization using heterosis in the first generation. The objects of research were 24 hybrids of the early-maturing, middle-early and middle-maturing groups. In each group, there have been identified the new hybrid combinations that are found promising for cultivation for silage and green fodder. In the early-maturing group, a new hybrid 'Krucha M × KV 215' formed the largest productivity of green mass (28.2 t/ha) and dry matter (9.41 t/ha). The hybrid had 6.56 t of feed units per 1 ha, 0.48 t of digestible protein and 90.0 GJ/ha of exchange energy. In the middle-early group, a new hybrid 'Krucha M × KV399 MV' produced 29.4 t/ha of green mass, 10.35 t/ha of dry matter, 7.49 t of fodder units per 1 ha, 0.57 t of digestible protein, 96.14 GJ/ha of exchange energy. In the middle-maturing group, the best hybrid was a new hybrid 'KV 399 × 9837V', which had the highest rates among all the hybrids studied. The hybrid produced 7.88 t of fodder units per 1 ha, 0.64 t of digestible protein and 98.64 GJ/ha of exchange energy. There have been identified the signs that should be used in the deve-

lopment and selection of maize hybrids for silage, such as plant height, cob attachment height, number of leaves per plant, length of a vegetation period.

**Keywords:** maize (*Zea Mays L.*), hybrid, green mass, dry matter, digestible protein, exchange energy.

**Введение.** Одно из важнейших направлений хозяйственного использования кукурузы – на зеленый корм и силос. По питательной ценности кукурузный силос превосходит силос других культур, в частности сорго и подсолнечника (Дуборезов и др., 2022). Выявлена зависимость между кормовой продуктивностью гибридов кукурузы и абиотических условиями в период интенсивного роста, то есть фазы выметывание – восковая спелость зерна (Зиновьев и Коконов, 2015). Этот факт подтверждает необходимость создания стрессоустойчивых силосных гибридов кукурузы. Для получения зеленого конвейера в производстве должны быть представлены гибриды кукурузы различных групп спелости, однако наиболее урожайными, как правило, будут гибриды более поздних групп спелости в связи с более продолжительным периодом вегетации и, следовательно, более длительным периодом накопления питательных веществ (Кривошеев и др., 2019).

Необходимо создание и выделение исходного материала – инбредных самоопыленных линий, способных в гибридных комбинациях проявлять высокую урожайность зеленой массы (Раденович и др., 2015).

Для гибридов кукурузы силосного использования наиважнейшими показателями считаются урожайность зеленой массы, содержание сухого вещества, протеина, клетчатки в зеленой массе (Crevelari et al., 2018).

По сведениям Сотченко (2008), качество силоса зависит, прежде всего, от содержания початков в массе и степени спелости растений к моменту уборки, а, следовательно, от содержания сухого вещества.

Выявлению закономерностей, зависимостей, позволяющих целенаправленно вести селекцию, придают важное значение зарубежные селекционеры. Выявлены фенотипические корреляции у силосных гибридов, самые высокие отмечены между содержанием сухого вещества, с одной стороны, и сырого протеина, клетчатки – с другой (Crevelari et al., 2019).

Исследователи сообщают об оптимизации селекционного процесса при создании силосных гибридов гетерозисной группы «lodent»

на основе селекционных индексов (Crevelari et al., 2017; Crevelari et al., 2020).

Новые силосные гибриды и сорта должны быть оценены по адаптивности к почвенно-климатическим условиям для выделения лучших, наиболее пригодных к этим условиям (Lou et al., 2020).

Цель исследований: изучение урожайности и питательной ценности новых силосных гибридных комбинаций, выявление зависимостей для оптимизации селекционного процесса.

#### Материалы и методы исследований.

Полевые исследования проводили в 2019–2021 годах. Объект исследования – 24 новых раннеспелых, среднеранних и среднеспелых гибрида кукурузы, по 8 гибридов каждой группы спелости. Стандартом взяты гибриды: раннеспелый Краснодарский 194 МВ, среднеранний Краснодарский 291 МВ и среднеспелый Зерноградский 354 МВ.

Почва опытного участка – чернозем обыкновенный карбонатный тяжелосуглинистый, мощность плодородного слоя до 140 см (Агафонов 1999).

Климат зоны умеренно-континентальный (ГТК = 0,7). Фактором, лимитирующим урожай, является влага. За период вегетации в среднем выпадает 225,5 мм. Годы проведения полевых опытов различались по влагообеспеченности. За вегетационный период выпало осадков: в 2019 г. – 70,8 %, в 2020 г. – 99,0 %, в 2021 г. – 108,5 % от среднегодовой нормы.

Закладку опытов, учеты, биометрические измерения и фенологические наблюдения проводили согласно методическим указаниям по проведению полевых опытов с кукурузой (1980). Статистическая обработка экспериментальных данных выполнена по Б. А. Доспехову (2014). Кормовую ценность зеленой массы определяли по Методическим указаниям оценки качества и питательной ценности кормов (2002).

Результаты и их обсуждение. Выделены новые гибридные комбинации Круча М × KB 215 и Круча М × RD 12, сформировавшие наиболее высокий урожай зеленой массы в раннеспелой группе (28,2 т/га и 27,4 т/га) (табл. 1).

**Таблица 1. Урожайность зеленой массы и сухого вещества гибридов кукурузы, 2019–2021 гг.**  
**Table 1. Productivity of green mass and dry matter of maize hybrids, 2019–2021**

Гибридная комбинация	Урожайность зеленой массы, т/га	± к стандарту		Урожайность сухого вещества, т/га	± к стандарту	
		т/га	%		т/га	%
Раннеспелая группа						
Краснодарский 194 МВ, стандарт	26,4	–	–	8,39	–	–
Круча М × KB 215	28,2	+1,8	+6,8	9,41	+1,02	+12,2
Круча М × RD 12	27,4	+1,0	+3,8	8,59	+0,20	+2,4
НСР <sub>05</sub>	1,3			0,59		
Среднеранняя группа						
Краснодарский 291 МВ, стандарт	27,0	–	–	8,62	–	–
Мальвина С × KB 399 МВ	29,8	+2,8	+10,4	9,50	+0,88	+10,2

Продолжение табл. 1

Гибридная комбинация	Урожайность зеленой массы, т/га	± к стандарту		Урожайность сухого вещества, т/га	± к стандарту	
		т/га	%		т/га	%
Среднеранняя группа						
Круча М × КВ 399 МВ	29,4	+2,4	+8,9	10,35	+1,73	+20,1
НСР <sub>05</sub>	1,8			0,66		
Среднеспелая группа						
Зерноградский 354 МВ, стандарт	28,4	–	–	8,91	–	–
КВ 399 × КВ 469 МВ	32,4	+4,0	+14,1	10,00	+1,09	+12,2
КВ 399 × 9837 В	32,1	+3,7	+13,0	10,25	+1,34	+15,0
НСР <sub>05</sub>	2,1			0,75		

При этом комбинация Круча М × КВ 215 существенно (на 1,8 т/га, или 6,8 %) превысила по урожайности раннеспелый стандарт Краснодарский 194 МВ (26,4 т/га). Превышение стандарта у новой комбинации Круча М × RD 12 (1,0 т/га, или 3,6 %) было в пределах наименьшей существенной разницы (1,1–1,5 т/га). Тем не менее эта гибридная комбинация представляет практический интерес в связи с тем, что стандарт Краснодарский 194 МВ признан одним из лучших раннеспелых гибридов, и равноценные ему по урожаю зеленой массы также заслуживают внимания.

По урожайности сухого вещества существенно превысила стандарт гибридная комбинация Круча М × КВ 215 (на 1,02, или 12,2 %). Превышение по урожайности сухого вещества у гибрида Круча М × RD 12 оказалось в пределах НСР<sub>05</sub> (0,20 т/га, или 2,4 %). При этом стандарт Краснодарский 194 МВ имел высокий урожай сухого вещества (8,39 т/га).

В среднеранней группе новые гибридные комбинации Мальвина С × КВ 399 МВ (29,8 т/га) и Круча М × КВ 399 МВ (29,4 т/га) существенно (соответственно на 2,8 и 2,4 т/га, или на 10,4 и 8,9 %) превысили по урожайности зеленой массы среднеранний стандарт Краснодарский 291 АМВ (27,0 т/га). Эти же

комбинации превысили стандарт и по урожайности сухого вещества на 0,88 и 1,73 т/га, или на 10,2 и 20,1 %. Лучшим в опыте по урожайности сухого вещества оказался среднеранний гибрид Круча М × КВ 399 МВ (10,35 т/га).

В среднеспелой группе выделены новые гибридные комбинации КВ 399 × КВ 469 МВ и КВ 399 × 9837 В с урожайностью зеленой массы соответственно 32,4 и 32,1 т/га и с превышением над среднеспелым стандартом Зерноградский 354 МВ (28,4 т/га) на 4,0 и 3,7 т/га, или на 14,1 и 13,0 %. Они характеризовались высокой урожайностью сухого вещества – 10,0 и 10,25 т/га соответственно и существенными прибавками (1,09 и 1,34 т/га, или 12,2 и 15,0 %).

Несомненно, урожайность зеленой массы и сухого вещества в первую очередь определяют пригодность к использованию того или иного гибрида на силос и зеленый корм. Однако важное значение имеет и питательная ценность зеленой массы, поэтому проведен анализ качественных показателей выделенных гибридов кукурузы.

Массовая доля клетчатки в 1 кг сухого вещества варьировала от 29,87 % (КВ 399 × 9837В) до 31,73 % (Круча М × КВ 399 МВ) (табл. 2).

**Таблица 2. Кормовая ценность зеленой массы гибридов кукурузы, 2019–2021 гг.**  
**Table 2. Feed value of green mass of maize hybrids, 2019–2021**

Гибридная комбинация	Массовая доля в 1 кг сухого вещества, %		Содержание в 1 кг сухого вещества		Сбор с 1 га, т		Выход обменной энергии ГДж/га
	сырой клетчатки	сырого протеина	обменной энергии, МДж.	переваримого протеина, г	кормовых единиц	переваримого протеина	
раннеспелая группа							
Краснодарский 194 МВ, стандарт	30,81	8,02	9,45	40,2	5,10	0,34	79,32
Круча М × КВ 215	30,20	9,14	9,56	51,3	6,56	0,48	90,00
Круча М × RD 12	30,80	8,04	9,46	40,4	5,34	0,35	81,22
НСР <sub>05</sub>					0,52	0,04	6,48
среднеранняя группа							
Краснодарский 291 АМВ, стандарт	30,15	10,07	9,57	50,5	5,52	0,44	82,52
Мальвина С × КВ 399 МВ	31,15	9,24	9,39	52,3	6,45	0,54	89,23
Круча М × КВ 399 МВ	31,73	9,56	9,29	55,4	7,49	0,57	96,14
НСР <sub>05</sub>					0,63	0,05	6,68
среднеспелая группа							
Зерноградский 354 МВ, стандарт	30,44	9,08	9,52	50,7	5,84	0,45	84,88
КВ 399 × КВ 469 МВ	30,44	8,58	9,52	45,7	7,34	0,46	95,21
КВ 399 × 9837В	29,87	10,25	9,62	62,8	7,88	0,64	98,64
НСР <sub>05</sub>					0,71	0,07	7,56

Между выделенными гибридами отмечено различие по содержанию сырого протеина. Минимальное значение отмечено у нового раннеспелого гибрида Круча М × RD 12 (8,04 %), максимальное – у нового среднеспелого гибрида KB 399 × 9837B (10,25 %). Выявлены различия между гибридами по питательной ценности: минимальное содержание обменной энергии в 1 кг сухого вещества (9,29 МДж) было у нового среднераннего гибрида Круча М × KB 399 MB, а максимальное – у нового среднеспелого гибрида KB 399 × 9837 B (9,62 МДж); по содержанию сырого протеина в 1 кг сухого вещества лучшим оказался также гибрид KB 399 × 9237B, наименьшее содержание сырого протеина отмечено у раннеспелого стандарта Краснодарский 194 MB.

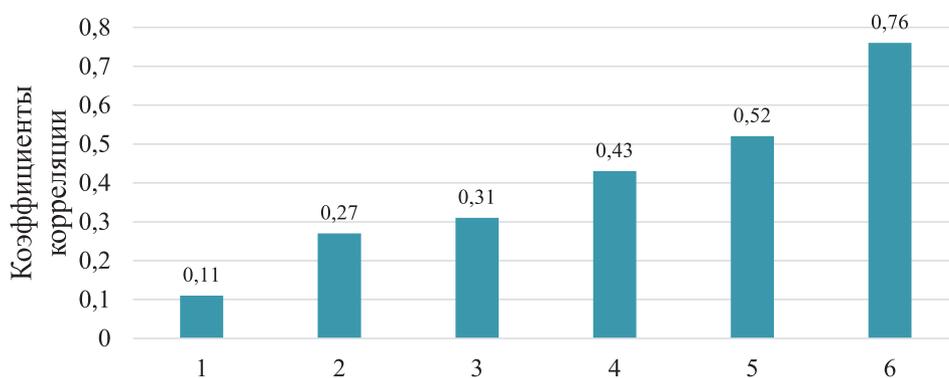
Решение о том, какие гибриды предпочтительны для производства, должно быть принято на основании результирующих показателей, учитывающих урожайность и питательную ценность корма. Таковыми являются: сбор с 1 га кормовых единиц, протеина и энергосодержание урожая, полученного с 1 га. В раннеспелой группе лучшим по сбору кормовых единиц с 1 га оказался новый гибрид Круча М × KB 215 (6,56 т), превысив значение раннеспелого стандарта Краснодарский 194 MB (5,10 т) на 1,46 т. В среднеранней группе самый высокий показатель отмечен у новой гибридной комбинации Круча М × KB 399 MB – 7,49 т, у среднеспелого стандарта Краснодарский 291 AMB – 5,52 т. В среднеспелой группе преимущества имел новый гибрид KB 399 × 9837B (7,88 т), при значении у среднеспелого стандарта Зерноградский 354 MB – 5,84 т.

По сбору с 1 га переваримого протеина лучшими оказались те же гибриды: раннеспелый Круча М × KB 215 (0,48 т), среднеранний Круча М × KB 399 MB (0,57 т), среднеспелый KB 399 × 9837B (0,64 т).

Энергосодержание урожая, выраженное в обменной энергии, полученной с 1 га, у раннеспелого стандарта Краснодарский 194 MB составило 79,32 ГДж/га. Новый раннеспелый гибрид Круча М × RD 12 был почти равноценен по этому показателю – 81,22 ГДж/га, а раннеспелый гибрид Круча М × KB 215 (90,0 ГДж/га) превосходит стандарт на 10,62 ГДж/га.

Энергосодержание урожая у среднеспелого стандарта Краснодарский 291 AMB составило 82,82 ГДж/га, значение энергосодержания у новых среднеранних гибридных комбинаций Мальвина С × KB 399 MB (89,23 ГДж/га) и Круча М × KB 399 (96,14 ГДж/га) были выше, чем у стандарта. В среднеспелой группе по выходу обменной энергии с 1 га новые гибриды превосходили стандарт Зерноградский 354 MB (84,88 ГДж/га), лучшим оказался KB 399 × 9837B (98,64 ГДж/га).

При создании и выделении гибридов кукурузы, предназначенных для использования на силос и зеленый корм, важно знать, на какие признаки вести отбор. В этом плане может быть полезно выявление зависимости между урожайностью зеленой массы и различными признаками. Установлено, что урожайность зеленой массы гибридов кукурузы не зависела от урожайности зерна. Коэффициент корреляции оказался низким и незначимым ( $r = 0,11$ ) (рис.).



1 – урожайность зерна; 2 – доля початков в урожае зеленой массы; 3 – вегетационный период; 4 – количество листьев; 5 – высота прикрепления початка; 6 – высота растений.  
На 5 %-м уровне ( $p_{0,5}$ ) значимы  $r > 0,26$ .

Коэффициенты корреляции между урожайностью зеленой массы и признаками, 2019–2021 гг.  
Correlation coefficients between green mass productivity and traits, 2019–2021

То есть лучшие зерновые гибриды могут оказаться непригодными для возделывания на силос и зеленый корм. Слабая зависимость ( $r = 0,27$ ) выявлена между урожайностью зеленой массы и долей початков в урожае. Таким образом, силосные гибриды имеют высокую уро-

жайность зеленой массы прежде всего за счет листьев и стеблей. Корреляционная связь между урожайностью зеленой массы и продолжительностью вегетационного периода средняя ( $r = 0,31$ ). Однако невысокий коэффициент корреляции и сопоставление урожайности гибри-

дов кукурузы различных групп спелости позволяют утверждать, что урожайные гибриды могут присутствовать в любой группе спелости, и часто гибриды более ранних групп оказываются лучше, чем гибриды более поздних. Средняя зависимость ( $r = 0,43$ ) имела место между урожайностью зеленой массы и количеством листьев на растении. Более позднеспелые гибриды, как правило, имеют больше листьев. Тесная связь выявлена между урожайностью зеленой массы и высотой растений ( $r = 0,76$ ). Отбор высокорослых гибридов может быть эффективен при селекции на высокую урожайность зеленой массы. Учитывая, что высота растений и высота прикрепления початков тесно сопряжены, высота прикрепления початка также может служить дополнительным косвенным признаком при выделении гибридов с высокой урожайностью зеленой массы ( $r = 0,52$ ).

**Выводы.** Выделены новые гибридные комбинации: Круча Мх КВ 215 (раннеспелая), Круча М × КВ 399 (среднеранняя), КВ 399 × 9837В (среднеспелая), рекомендуемые для использования на силос и зеленый корм. Они характеризовались высокой урожайностью зеленой массы (28,2–32,1 т/га), сухого вещества (9,41–10,35 т/га), высоким значением сбора с 1 га кормовых единиц (6,56–7,88 т), переваримого протеина (0,48–0,64 т) и высоким энергосодержанием урожая (90,0–98,64 ГДж/га).

Выявлены признаки, которые необходимо учитывать при создании и выделении силосных гибридов кукурузы. Наибольшая зависимость установлена между урожайностью зеленой массы и высотой растений ( $r = 0,76$ ). Связь средней силы определена между урожайностью зеленой массы и признаками: высота прикрепления початка ( $r = 0,52$ ), количество листьев на растении ( $r = 0,43$ ), продолжительность вегетационного периода ( $r = 0,31$ ).

#### Библиографические ссылки

1. Агафонов Е. В., Полуэктов Е. В. Почвы и удобрения Ростовской области. Учебное пособие. Персиановка, 1999. 90 с.
2. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). М.: Альянс, 2014. 351 с.
3. Дуборезов И. В., Косолапов А. В., Дуборезов В. М. Урожайность и питательность вегетативной массы силосных культур // Российская сельскохозяйственная наука. 2022. № 3. С. 14–18. DOI: 10.31857/S2500262722030036.
4. Зиновьев А. В., Коконов С. И. Кормовая продуктивность гибридов кукурузы в зависимости от абиотических условий Среднего Предуралья // Кормопроизводство. 2015. № 12. С. 31–34.
5. Кривошеев Г. Я., Игнатьев А. С., Шевченко Н. А. Продуктивность, кормовая ценность и биоэнергетическая эффективность возделывания гибридов кукурузы на зеленый корм и силос // Таврический вестник аграрной науки. 2019. № 4 (20). С. 63–69. DOI 10.33952/2542-0720-2019-4-20-63-69.
6. Методические рекомендации по проведению полевых опытов с кукурузой. Днепропетровск: ВНИИ кукурузы, 1980. 54 с.
7. Методические указания по оценке качества и питательной ценности кормов. ЦИНАО. М., 2002. 76 с.
8. Раденович Ч., Делич Н., Сечански М., Йованович Ж., Станкович Г., Опович А. Инбредные линии и гибриды кукурузы (ZEA MAYS L.) сербской селекции с высокой эффективностью фотосинтеза, обогащенным пигментным составом и повышенной питательной ценностью // Сельскохозяйственная биология. 2015. Т. 50, № 5. С. 600–610. DOI: 10.15389/agrobology.2015.5.600rus.
9. Сотченко В. С. Перспективы возделывания кукурузы для производства высокоэнергетических кормов // Кукуруза и сорго. 2008. № 4. С. 2–4.
10. Crevalari J., Durães N., Bendia L., da Silva A., Pereira M. Prediction of genetic gains and correlations in corn hybrids for silage // Australian Journal of Crop Science. 2017. Vol. 11. P. 14–17. DOI: 10.21475/ajcs.17.14.11.11.pne539.
11. Crevalari J., Durães N., Bendia L., da Silva A., Azevedo F., Azeredo V., Pereira M. Assessment of agronomic performance and prediction of genetic gains through selection indices in silage corn // Australian Journal of Crop Science. 2018. Vol. 12. P. 800–807. DOI: 10.21475/ajcs.18.12.05. PNE 1004.
12. Crevalari J., Durães N., Dos Santos P., Azevedo F., Bendia L., Preisigke S., Gonçalves G., Pereira M. Canonical correlation for morphoagronomic and bromatological in silage corn genotypes // Bragantia. 2019. V. 78. P. 337–349. DOI: 10.1590/1678-4499.20180146.
13. Crevalari J., Durães N., Gonçalves G., Junior J., Gonçalves V., de Sant'Anna C., Bendia L., Azevedo F., Pereira M. Phenotypic correlation and path analysis between morphoagronomic and bromatological traits in corn hybrids for silage production // Australian Journal of Crop Science. 2020. Vol. 14. P. 1905–1912. DOI: 10.21475/ajcs.20.14.12.2721.
14. Lou F., Li X.-D., Shang Y.-S., Wu J.-H., Zhang R., Gan X.-B., Xiong J., Chen G.-J., Li S.-G., Pei C.-J. Selection of suitable silage maize varieties in the Bijie region based on yield, agronomic and nutritional evaluation Acta Prataculturae Sinica. 2020. Vol. 29. P. 214–224. DOI: 10.11686/cyb2019485.

#### References

1. Agafonov E.V., Poluektov E.V. Pochvy i udobreniya Rostovskoi oblasti [Soils and fertilizers of the Rostov region]. Ucheb-noe posobie. Persianovka, 1999. 90 s.
2. Dospikhov B.A. Metodika polevogo opyta (s osnovami statisticheskoi obrabotki rezul'tatov issledovaniy) [Methodology of a field trial (with the basics of statistical processing of the study results)]. M.: Al'yans, 2014. 351 s.

3. Duborezov I. V., Kosolapov A. V., Duborezov V. M. Urozhainost' i pitatel'-nost' vegetativnoi massy silosnykh kul'tur [Productivity and nutritional value of the vegetative mass of silage crops] // Rossiiskaya sel'skokhozyaistvennaya nauka. 2022. № 3. S. 14–18. DOI: 10.31857/S2500262722030036.
4. Zinov'ev A.V., Kokonov S. I. Kormovaya produktivnost' gibridov kukuruzy v zavisimosti ot abioticheskikh uslovii Srednego Predural'ya [Feed productivity of maize hybrids depending on the abiotic conditions of the Middle Urals] // Kormoproizvodstvo. 2015. № 12. S. 31–34.
5. Krivosheev G. Ya., Ignat'ev A. S., Shevchenko N. A. Produktivnost', kormovaya tsennost' i bioenergeticheskaya effektivnost' vzdelyvaniya gibridov kukuruzy na zele-nyi korm i silos [Productivity, feed value and bioenergetic efficiency of cultivation of maize hybrids for green fodder and silage] // Tavricheskii vestnik agrarnoi nauki. 2019. № 4 (20). S. 63–69. DOI 10.33952/2542-0720-2019-4-20-63-69.
6. Metodicheskie rekomendatsii po provedeniyu polevykh opytov s kukuruzoi [Methodical recommendations for conducting field trials with maize]. Dnepropetrovsk: VNII kukuruzy, 1980. 54s.
7. Metodicheskie ukazaniya po otsenke kachestva i pitatel'noi tsennosti kormov [Methodical recommendations for estimating the quality and nutritional value of feed]. TsINAO. M., 2002. 76 s.
8. Radenovich Ch., Delich N., Sechanski M., Iovanovich Zh., Stankovich G., Opovich A. Inbrednye linii i gibridy kukuruzy (*ZEA MAYS* L.) serbskoi selektsii s vysokoi ef-fektivnost'yu fotosinteza, obogashchennym pigmentnym sostavom i povyshennoi pita-tel'noi tsennost'yu [Inbred maize lines and hybrids of (*ZEA MAYS* L.) of Serbian breeding with high photosynthesis efficiency, enriched with a pigment composition and an increased nutritional value] // Sel'skokhozyaistvennaya biologiya. 2015. T. 50. № 5. S. 600–610. DOI: 10.15389/agrobiology.2015.5.600rus.
9. Sotchenko, V. S. Perspektivy vzdelyvaniya kukuruzy dlya proizvodstva vysoko-energeticheskikh kormov [Prospects for the cultivation of maize for high-energy feed production] // Kukuruza i sorgo. 2008. № 4. S. 2–4.
10. Crevalari J., Durães N., Bendia L., da Silva A., Pereira M. Prediction of genetic gains and correlations in corn hybrids for silage // Australian Journal of Crop Science. 2017. Vol. 11. P. 14–17. DOI: 10.21475/ajcs.17.14.11.11.pne539.
11. Crevalari J., Durães N., Bendia L., da Silva A., Azevedo F., Azeredo V., Pereira M. Assessment of agronomic performance and prediction of genetic gains through selection indices in silage corn // Australian Journal of Crop Science. 2018. Vol. 12. P. 800–807. DOI: 10.21475/ajcs. 18.12.05. PNE 1004.
12. Crevalari J., Durães N., Dos Santos P., Azevedo F., Bendia L., Preisigke S., Gon-çalves G., Pereira M. Canonical correlation for morphoagronomic and bromatological in silage corn genotypes // Bragantia. 2019. Vol. 78. P. 337–349. DOI: 10.1590/1678-4499.20180146.
13. Crevalari J., Durães N., Gonçalves G., Junior J., Gonçalves V., de SantAnna C., Bendia L., Azevedo F., Pereira M. Phenotypic correlation and path analysis between morphoagronomic and bromatological traits in corn hybrids for silage production // Australian Journal of Crop Science. 2020. Vol. 14. P. 1905–1912. DOI: 10.21475/ajcs.20.14.12.2721.
14. Lou F., Li X.-D., Shang Y.-S., Wu J.-H., Zhang R., Gan X.-B., Xiong J., Chen G.-J., Li S.-G., Pei C.-J. Selection of suitable silage maize varieties in the Bijie region based on yield, agronomic and nutritional evaluation Acta Prataculturae Sinica. 2020. Vol. 29. P 214–224. DOI: 10.11686/cyb2019485.

Поступила: 10.08.22; доработана после рецензирования: 08.09.22; принята к публикации: 08.09.22.

**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; Игнат'ев А. С. – анализ данных и интерпретация, подготовка рукописи; Лупиного Д. Р., Арженювская Ю. Б. – выполнение полевых опытов и сбор данных, подготовка рукописи.

**Все авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.**

## НОВЫЙ ВЫСОКОУСТОЙЧИВЫЙ К ПОЛЕГАНИЮ СОРТ ОЗИМОЙ РЖИ ЭВРИКА

**Н. А. Петровцева**, научный сотрудник лаборатории озимой ржи, petrovtseva-natalya@rambler.ru, ORCID ID: 0000-0002-3342-5668

*Ленинградский научно-исследовательский институт сельского хозяйства «Белогорка» – филиал федерального государственного бюджетного научного учреждения «Федеральный исследовательский центр картофеля имени А. Г. Лорха», 188338, Россия, Ленинградская обл., Гатчинский р-н, д. Белогорка, ул. Институтская, 1*

Создание высокопродуктивных короткостебельных сортов озимой ржи, не полегающих при интенсивных технологиях возделывания, является одной из основных задач селекции. В данной статье представлены результаты изучения нового сорта озимой ржи Эврика по основным хозяйственно ценным признакам в условиях Северо-Западного региона РФ. Сорт создан в Ленинградском НИИСХ «Белогорка» на основе сложной гибридизации районированных по Северо-Западному региону сортов Былина и Волхова с сортами российской и зарубежной селекции, из которых наиболее значимый вклад внесли сорта Альфа, Антарес, Саратовская 5 и Otello. Селекционной особенностью нового сорта является использование при его создании доноров двух типов короткостебельности – доминантно-моногенной и рецессивно-полигенной. Исследования проводили в течение трех лет (2019–2021 гг.) в питомниках конкурсного сортоиспытания на полях института в Гатчинском районе Ленинградской области. Цель исследований – определить биологические и хозяйственно ценные признаки нового сорта озимой ржи Эврика. По результатам проведенной работы сорт Эврика отнесен к группе полукороткостебельных сортов при средней высоте растений 125,5 см за годы изучения. Сорт показал хорошую зимостойкость (8–9 баллов) и высокую устойчивость к полеганию (8–9 баллов). Средняя урожайность нового сорта по зерну за годы исследований составила 5,0 т/га, максимальная – 7,4 т/га, что превышает урожайность сорта-стандарта Волхова на 0,9 т/га (19,5 %) и 2,1 т/га (39,6 %) соответственно. Средний урожай зеленой массы составил 25,8 т/га, превысив стандарт по этому показателю на 3,5 т/га (15,7 %). Показатель массы 1000 зерен у нового сорта за период изучения варьировал от 34,5 до 39,0 г в зависимости от климатических условий года. По результатам изучения сорт Эврика получил высокую оценку и, успешно пройдя государственное сортоиспытание, в 2021 г. был внесен в Государственный реестр селекционных достижений по Северо-Западному региону РФ.

**Ключевые слова:** крупнозерность, короткостебельность, устойчивость к полеганию, урожайность.

**Для цитирования:** Петровцева Н. А. Новый высокоустойчивый к полеганию сорт озимой ржи Эврика // Зерновое хозяйство России. 2022. Т. 14, № 5. С. 72–76. DOI: 10.31367/2079-8725-2022-82-5-72-76.



## NEW HIGHLY LODGING RESISTANT WINTER RYE VARIETY 'EVRIKA'

**N. A. Petrovtseva**, researcher of the laboratory for winter rye, petrovtseva-natalya@rambler.ru, ORCID ID: 0000-0002-3342-5668

*Leningrad Research Institute of Agriculture "Belogorka", a branch of the federal state budgetary scientific institution "Russian Potato Research Centre", 188338, Russia, Leningrad region, Gatchinsky district, v. of Belogorka, Institutskaya Str., 1*

The development of highly productive short-stemmed winter rye varieties that do not lodge under intensive cultivation technologies is one of the main breeding tasks. The current paper has presented the study results of a new winter rye variety 'Evrিকা' according to the main economically valuable traits in the North-West region of the Russian Federation. The variety was developed by the Leningrad Scientific Research Institute of Agriculture «Belogorka» based on complex hybridization of the varieties 'Bylina' and 'Volkhov' from the North-West region with varieties of Russian and foreign selection, among which the varieties 'Alfa', 'Antares', 'Saratovskaya 5' and 'Otello' made the most significant contribution. The breeding feature of the new variety is the use of donors of such types of a short stem trait as dominant-monogenic and recessive-polygenic. The study was carried out for three years (2019–2021) in the nurseries of Competitive Variety Testing on the fields of the institute in the Gatchinsky district of the Leningrad region. The purpose of the study was to identify the biological and economically valuable traits of a new winter rye variety 'Evrिका'. According to the study results, the variety 'Evrिका' belongs to the group of semi-short-stem varieties with a mean plant height of 125.5 cm. The variety showed good winter tolerance (8–9 points) and high resistance to lodging (8–9 points). The mean grain productivity of the new variety through the years of research was 5.0 t/ha, with the maximum of 7.4 t/ha, which exceeded the productivity of the standard variety 'Volkhov' on 0.9 t/ha (19.5 %) and 2.1 t/ha (39.6 %), respectively. The mean green mass productivity was 25.8 t/ha, exceeding the standard's productivity on 3.5 t/ha (15.7 %). The index of 1000-grain weight of a new variety during the period varied from 34.5 to 39.0 g, depending on the climatic conditions of the year. According to the study results, the variety 'Evrिका' was highly appreciated, having successfully passed the State Variety Testing. In 2021 the variety was included in the State List of Breeding Achievements in the North-West Region of the Russian Federation.

**Keywords:** coarse-grained, short stem, resistance to lodging, productivity.

**Введение.** Озимая рожь – ценная злаковая культура, значимость которой возрастает в годы с тяжелыми климатическими или экономическими условиями. Весной, как извест-

но, это – один из самых ранних зеленых кормов для домашних животных (Hannah et al., 2017), а зерно ржи – признанный необходимый продукт в системе здорового питания человека (Cooper et al., 2015).

Общеизвестно, что озимая рожь способна давать удовлетворительные урожаи при неблагоприятных погодных условиях и при низком уровне агротехники. При этом она отзывчива на интенсификацию технологий возделывания, в первую очередь – на применение минеральных азотных удобрений, возрастающие дозы которых могут обеспечить прибавку урожая в 2–4 раза. Однако на практике применение азотных удобрений под озимую рожь ограничено склонностью этой культуры к полеганию, особенно при внесении высоких доз минеральных удобрений (Рысев и др., 2018).

Перспективным направлением в решении проблемы полегаемости является создание короткостебельных сортов. Однако уменьшение длины стебля не является гарантией устойчивости к полеганию (Тороп и др., 2019), также зачастую наряду с короткостебельностью привносится ряд отрицательных признаков. Известно, что сорта на основе рецессивно-полигенной короткостебельности уступают другим в зимостойкости, а с доминантно-моногенной – менее устойчивы к болезням (Гончаренко и др., 2019). Таким образом, проблема получения устойчивых к неблагоприятным условиям неполегающих сортов озимой ржи остается актуальной и по сей день. В связи с этим интерес представляет новый сорт Эврика, созданный на основе обоих типов короткостебельности и показавший высокую устойчивость к полеганию за все годы исследований при сохранении такого важного признака, как хорошая зимостойкость.

Цель настоящей работы – охарактеризовать биологические и хозяйственно ценные признаки нового сорта озимой ржи Эврика.

#### Материалы и методы исследований.

Исследования проводили в течение 3 лет (2019–2021 гг.) на опытных полях Ленинградского НИИСХ «Белогорка» (Гатчинский район Ленинградской области). Почва – дерново-подзолистая, суглинистая, средне-окультуренная, с глубиной пахотного горизонта 20–25 см. Содержание гумуса – 2,0–2,3%, pH солевой вытяжки – 5,2–5,5. Все три года испытаний предшественником был ранний картофель, под который до посадки вносили органические удобрения на основе куриного помета в дозе 30 т/га. После уборки картофеля под перепашку удобрения не вносили. Посев озимой ржи проводили 5 сентября. Весной в период возобновления вегетации посевы подкармливали один раз аммиачной селитрой в сухом виде в дозе 60 кг действующего вещества на гектар.

Изучение нового сорта проводили в питомниках конкурсного сортоиспытания, которые закладывали по общепринятым методикам согласно рекомендациям Всероссийского инсти-

тута генетических ресурсов растений им. Н. И. Вавилова (ВИР). Повторность – четырехкратная, учетная площадь делянки – 15 м<sup>2</sup>. Отбор и оценку материала осуществляли по Методике государственной комиссии по сортоиспытанию сельскохозяйственных культур под редакцией М. А. Федина (1989), балльную оценку – по международному классификатору СЭВ под редакцией Н. М. Блиновой (1984). Стандарт – районированный по Северо-Западному региону РФ сорт Волхова.

За три года исследований благоприятным по метеоусловиям был только 2019 год, гидротермический коэффициент (ГТК) за период от возобновления вегетации до цветения составил 1,9, за период от цветения до уборки зерна – 1. 2020 и 2021 гг. отличались длительными периодами засушливой погоды: 2020 г. – в период от возобновления вегетации до цветения (ГТК = 0,5), 2021 г. – в период от цветения до уборки зерна (ГТК = 0,3).

**Результаты и их обсуждение.** Происхождение сорта. Сорт Эврика создан в Ленинградском НИИСХ «Белогорка» сложной гибридизацией сортов озимой ржи с различным типом короткостебельности с последующим применением классических методов селекции и разработанного в институте метода направленного переопыления – метода «клумб» (Esimbaeva et al., 2020). Лучшие растения районированного по Северо-Западному региону сорта Былина (рецессивная короткостебельность, сорт получен из сложно-гибридной популяции при участии мутантной формы Московская карликовая и сорта Вятка 2) были скрещены с гибридами сорта Волхова (доминантная короткостебельность) с сортами Альфа, Антарес, Otello и Саратовская 5 (рецессивная короткостебельность), а также Гибридом-173.

**Морфологическое описание сорта.** Вид *Secale cereale* L. Диплоидная форма. Тип развития – озимый. Среднепоздний, созревает одновременно со стандартом Волхова. Средняя высота растений – 125,5 см. Выколашивается на 2–3 дня раньше стандарта, колос средней длины, горизонтальный или полупониклый, плотный (рис. 1). Зерно крупное (рис. 2), масса 1000 семян – 34,5–39,0 г.



Рис. 1. Рожь озимая, сорт Эврика, колос  
Fig. 1. Winter rye, the variety 'Evrika', head



Рис. 2. Рожь озимая, сорт Эврика, зерновка  
Fig. 2. Winter rye, the variety 'Evrika', caryopsis

*Результаты исследований.* При проведении конкурсного испытания сорт Эврика сравнивали с родительским сортом Былина и стандартным сортом Волхова. Результаты полевых и лабораторных исследований показали, что новый сорт по комплексу признаков превосходит оба сорта сравнения (табл.).

Сорт Эврика показал хорошую зимостойкость (8 и 9 баллов), по этому показателю стабильно превышал стандарт во все годы изучения и родительский сорт в 2020 и 2021 гг. (в 2019 г. – на уровне родителя).

**Показатели основных хозяйственно ценных признаков сортов озимой ржи, Ленинградская обл., Гатчинский р-н, 2019–2021 гг.**  
**Indicators of the main economically valuable traits of winter rye varieties, Leningrad region, Gatchinsky district, 2019–2021**

Признак	Год	Сорта		
		Волхова (стандарт)	Былина (родитель)	Эврика
Зимостойкость, балл	2019	6,0	8,0	8,0
	2020	7,0	8,0	9,0
	2021	7,0	7,0	8,0
$\bar{x}$		6,7	7,7	8,3
$HCP_{05}$		0,5		
Высота растений, см	2019	145,3	155,3	129,5
	2020	138,0	145,0	120,0
	2021	141,0	150,0	127,0
$\bar{x}$		141,4	150,1	125,5
$HCP_{05}$		9,3		
Устойчивость к полеганию, балл	2019	7,0	7,0	9,0
	2020	4,0	6,0	9,0
	2021	6,0	7,0	8,0
$\bar{x}$		5,7	6,7	8,7
$HCP_{05}$		1,0		
Урожай зерна, т/га	2019	5,3	4,9	7,4
	2020	4,0	4,2	4,5
	2021	2,9	2,8	3,0
$\bar{x}$		4,1	4,0	5,0
$HCP_{05}$		0,3		
Урожай зеленой массы, т/га	2019	23,3	–	30,6
	2020	18,7	–	17,6
	2021	25,0	–	29,3
$\bar{x}$		22,3	–	25,8
$HCP_{05}$		4,3		
Масса 1000 зерен, г	2019	36,1	35,5	39,0
	2020	35,2	34,0	37,5
	2021	36,0	32,1	34,5
$\bar{x}$		35,8	33,9	37,0
$HCP_{05}$		2,0		
Густота продуктивного стеблестоя, шт./м <sup>2</sup>	2019	220	232	277
	2020	185	197	225
	2021	200	214	243
$\bar{x}$		202	214	248
$HCP_{05}$		33		

Примечание.  $\bar{x}$  – среднее;  $HCP_{05}$  – наименьшая существенная разность.

По высоте растений новый сорт отнесен к группе полукороткостебельных – средняя высота растений в каждый год изучения не превышала 130 см, средняя высота за все годы исследований составила 125,5 см.

Сорт Эврика высоко устойчив к полеганию – оценка по этому признаку составляла 8 или 9 баллов в зависимости от условий года и значительно превосходила стандарт и родительский сорт в каждый год исследования.

Следует отметить, что проведенное нами параллельно конкурсному испытанию изучение сорта Эврика на различном агрофоне показало также высокую устойчивость сорта к полеганию при внесении значительных доз азотных удобрений (Петровцева, 2021).

Средняя урожайность нового сорта по зерну составила 5,0 т/га, что превышает среднюю урожайность стандарта на 0,9 т/га (19,5 %). Сорт Эврика показал меньшую восприимчивость к весенней засухе, чем сорт Волхова и родительский сорт, превысив их по урожайности зерна в 2020 г. на 12,5 и 7,1 % соответственно.

По урожаю зеленой массы сорт Эврика превосходил сорт Волхова за счет лучшей перезимовки и, как следствие этого, более интенсивного накопления вегетативной массы к моменту укоса (в начале колошения). Лишь в 2020 г., когда весенний недостаток влаги не способствовал хорошему развитию растений до цветения, урожайность нового сорта по зеленой массе оказалась на уровне стандарта. Средний урожай зеленой массы сорта Эврика за годы изучения составил 25,8 т/га, что выше сорта Волхова на 3,5 т/га (15,7 %).

Новый сорт формирует крупное зерно, средняя масса тысячи зерен за годы исследований – 37,0 г, что превышает стандарт на 1,2 г (3,4 %) и родительский сорт Былина на 3,1 г (9, 1 %). По этому показателю сорт Эврика уступил стандартному сорту Волхова лишь в 2021 г., когда более густой продуктив-

ный стеблестой и лучшая озерненность колоса нового сорта не способствовали формированию крупного зерна в условиях летней засухи.

По густоте продуктивного стеблестоя сорт Эврика каждый год стабильно и достоверно превышал стандарт и имел тенденцию к превышению по этому показателю родительского сорта Былина. Средняя густота продуктивного стеблестоя у нового сорта за годы исследований составила 248 шт./м<sup>2</sup>, у сорта Волхова – 202 шт./м<sup>2</sup>, у сорта Былина – 214 шт./м<sup>2</sup>.

**Выводы.** Проведенные исследования показали, что новый сорт озимой ржи Эврика по комплексу хозяйственно ценных признаков превосходит стандартный сорт Волхова и родительский сорт Былина. При этом отличительной особенностью нового сорта является его стабильная по годам высокая устойчивость к полеганию.

Ценность нового сорта подтверждена успешным прохождением государственного сортоиспытания. В 2021 г. сорт Эврика был внесен в Государственный реестр селекционных достижений по Северо-Западному региону РФ. Благодаря улучшенным хозяйственно-полезным свойствам, таким как хорошая зимостойкость и высокая устойчивость к полеганию, а также пригодность для использования на ранний зеленый корм, сорт может быть рекомендован для возделывания в зонах рискованного земледелия.

#### Библиографические ссылки

1. Гончаренко А. А., Макаров А. В., Ермаков С. А., Семенова Т. В., Точилин В. Н., Цыганкова Н. В., Скатова С. Е., Крахмалева О. А. Экологическая устойчивость сортов озимой ржи с различным типом короткостебельности // Российская сельскохозяйственная наука. 2019. № 3. С. 3–9. DOI: 10.31857/S2500-2627201933-9.
2. Петровцева Н. А. Новый сорт озимой ржи Эврика и оценка его устойчивости к полеганию при разных схемах применения азотных удобрений // Агробиотехнология-2021: сборник статей Международной научной конференции. Москва: Российский государственный аграрный университет – МСХА им. К. А. Тимирязева, 2021. С. 601–605.
3. Рысев М. Н., Волкова Е. С., Федотова Е. Н., Дятлова М. В. Закономерности действия удобрений под озимую рожь на дерново-подзолистых почвах // Известия Великолукской государственной сельскохозяйственной академии. 2018. № 4. С. 18–25.
4. Тороп А. А., Чайкин В. В., Тороп Е. А., Браилова И. С., Кузьменко С. А. Морфологическая характеристика разных морфотипов озимой ржи в связи с устойчивостью к полеганию // Вестник Мичуринского государственного аграрного университета. 2019. № 4(59). С. 20–26.
5. Cooper D. N., Martin R. J., Keim N. L. Does whole grain consumption alter gut microbiota and satiety? // Healthcare. 2015. №3. P. 364–392. DOI: 10.3390/healthcare3020364.
6. Esimbaeva E. M., Petrovtseva N. A., Pasynkova E. N. New varieties of winter rye of intensive type // BIO Web of Conferences. 2020. Vol. 17(3). P. 00160. <https://doi.org/10.1051/bioconf/20201700160>.
7. Hannah N. Phillips, Bradley J. Heins, Kathleen Delate, Robert Turnbull. Impact of grazing dairy steers on winter rye (*Secale cereale*) versus winter wheat (*Triticum aestivum*) and effects on meat quality, fatty acid and amino acid profiles, and consumer acceptability of organic beef. // PloS ONE. 2017. Vol. 12(11). P. 1–18. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0187686>.

#### References

1. Goncharenko A. A., Makarov A. V., Ermakov S. A., Semenova T. V., Tochilin V. N., Tsygankova N. V., Skatova S. E., Krakhmaleva O. A. Ekologicheskaya ustoychivost' sortov ozimoi rzhi s razlichnym tipom korotkostebel'nosti [Ecological stability of winter rye varieties with different types of short stems] // Rossiiskaya sel'skokhozyaistvennaya nauka. 2019. № 3. S. 3–9. DOI: 10.31857/S2500-2627201933-9.
2. Petrovtseva N. A. Novyi sort ozimoi rzhi Evrika i otsenka ego ustoichivosti k poleganiyu pri raznykh skhemakh primeneniya azotnykh udobrenii [New winter rye variety 'Evrika' and estimation of its lodging resistance under different schemes of nitrogen fertilizers' application] // Agrobiotekhnologiya-2021: sbornik statei Mezhdunarodnoi nauchnoi konferentsii. Moskva: Rossiiskii gosudarstvennyi agrarnyi universitet – MSKHA im. K. A. Timiryazeva, 2021. S. 601–605.

3. Rysev M. N., Volkova E. S., Fedotova E. N., Dyatlova M. V. Zakonomernosti deistviya udobrenii pod ozimuyu rozh' na dernovo-podzolistykh pochvakh [Patterns of fertilizers' effect on winter rye on soddy-podzolic soils] // Izvestiya Velikolukskoi gosudarstvennoi sel'skokhozyaistvennoi akademii. 2018. № 4. S. 18–25.
4. Torop A. A., Chaikin V. V., Torop E. A., Brailova I. S., Kuz'menko S. A. Morfologicheskaya kharakteristika raznykh morfotipov ozimoi rzhi v svyazi s ustoichivost'yu k poleganiyu [Morphological characteristics of different morphotypes of winter rye in connection with lodging resistance] // Vestnik Michurinskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2019. № 4(59). S. 20–26.
5. Cooper D. N., Martin R. J., Keim N. L. Does whole grain consumption alter gut microbiota and satiety? // Healthcare. 2015. №3. P. 364–392. DOI: 10.3390/healthcare3020364.
6. Esimbaeva E. M., Petrovtseva N. A., Pasyukova E. N. New varieties of winter rye of intensive type // BIO Web of Conferences. 2020. Vol. 17(3). P. 00160. <https://doi.org/10.1051/bioconf/20201700160>.
7. Hannah N. Phillips, Bradley J. Heins, Kathleen Delate, Robert Turnbull. Impact of grazing dairy steers on winter rye (*Secale cereale*) versus winter wheat (*Triticum aestivum*) and effects on meat quality, fatty acid and amino acid profiles, and consumer acceptability of organic beef. // PloS ONE. 2017. Vol. 12(11). P. 1–18. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0187686>.

Поступила: 30.08.22; доработана после рецензирования: 04.10.22; принята к публикации: 04.10.22.

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

**Конфликт интересов.** Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

**Авторский вклад.** Петровцева Н. А. – концептуализация исследования, подготовка опыта, выполнение полевых опытов и сбор данных, анализ данных и их интерпретация, подготовка рукописи.

**Автор прочитал и одобрил окончательный вариант рукописи.**

## ИЗУЧЕНИЕ ЭНЕРГИИ НАЧАЛЬНОГО РОСТА РАСТЕНИЙ ОБРАЗЦОВ РИСА В ЛАБОРАТОРНЫХ УСЛОВИЯХ

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

**В. А. Голубова**, кандидат биологических наук, научный сотрудник лаборатории физиологии растений ORCID ID: 0000-0002-5340-4901;

**Н. В. Калинина**, младший научный сотрудник лаборатории клеточной селекции, ORCID ID: 0000-0002-2305-4189;

**Н. Н. Вожжова**, кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник лаборатории клеточной селекции, ORCID ID: 0000-0002-2046-4000

ФГБНУ «Аграрный научный центр «Донской»»,

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

В статье представлены результаты оценки образцов риса по способности энергичного роста растений из-под слоя воды. Устойчивость сортов к затоплению очень актуальна в России при борьбе с сорными растениями за счет глубокого слоя воды, который сорняки не могут преодолеть. Цель исследования: оценка селекционных образцов риса на устойчивость к затоплению и выделение лучших из них для использования в скрещиваниях при выведении устойчивых к затоплению сортов риса. Для исследований взяты образцы, полученные в лаборатории селекции и семеноводства риса АНЦ «Донской» от гибридизации отечественных сортов Кубояр и Контакт с азиатскими сортами Mazhan Red, Kharsu 80A, Khao Hlan On – донорами гена устойчивости к затоплению. Исследования проводили с использованием стеклянных цилиндров высотой 42 см. В результате оценки 48 сортообразцов риса выявлены формы, имеющие наибольшие темпы начального роста и способность преодолевать большой слой воды в анаэробных условиях. Результаты проращивания в цилиндрах показали существенные различия между растениями по скорости роста под водой: через 3 дня от посева семян длина ростков варьировала от 0,1 до 1,7 см, на 8-й день – от 2,0 до 12,0 см, на 13-й – от 8,4 до 47,0 см. Три четверти образцов через 2 недели имели небольшую высоту растений – до 30 см, четвертая часть образцов превышала эту величину. Наибольшая длина проростков была у образцов 1006 (47,0 см), 998 (45,3 см) и 997 (40,3 см), которые можно выращивать в поле без гербицидов по технологии получения всходов из-под слоя воды или использовать в качестве доноров высокой энергии роста. Выделен материал, имеющий практическую значимость для селекционного процесса.

**Ключевые слова:** рис, затопление, энергия роста, абиотический стресс, устойчивость к погрузению.

**Для цитирования:** Костылев П. И., Голубова В. А., Калинина Н. В., Вожжова Н. Н. Изучение энергии начального роста растений риса в лабораторных условиях // Зерновое хозяйство России. 2022. Т.14, № 5. С. 77–83. DOI: 10.31367/2079-8725-2022-82-5-77-83.



## STUDY OF THE INITIAL GROWTH ENERGY OF THE RICE SAMPLES IN THE LABORATORY CONDITIONS

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

**V. A. Golubova**, Candidate of Biological Sciences, researcher of the laboratory for plant physiology, ORCID ID: 0000-0002-5340-4901;

**N. V. Kalinina**, junior researcher of the laboratory for cell breeding, ORCID ID: 0000-0002-2305-4189;

**N. N. Vozhzhova**, Candidate of Agricultural Sciences, senior researcher of the laboratory for cell breeding, ORCID ID: 0000-0002-2046-4000

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 estimating rice samples for the ability of energetic plant growth from under a layer of water. The resistance of varieties to flooding is of great relevance in Russia in the fight against weeds due to the deep layer of water that weeds cannot overcome. The purpose of the study was to estimate rice breeding samples for resistance to flooding and to select the best of them for use in crossings when breeding rice varieties resistant to flooding. For the study there have been taken the samples developed in the laboratory of rice breeding and seed production of the ARC "Donskoy" from the hybridization of domestic varieties 'Kuboyar' and 'Kon-takt' with such Asian varieties as 'Mazhan Red', 'Kharsu 80A', 'Khao Hlan On' as the donors of the flood resistance gene. The study was carried out using glass cylinders of 42 cm high. As a result of the estimation of 48 rice varieties, there were identified the forms that have the highest initial growth rates and the ability to overcome a large layer of water under anaerobic conditions. The results of germination in cylinders showed significant differences between plants in terms of growth rate under water: after 3 days from seed sowing, the length of the sprouts varied from 0.1 to 1.7 cm, on the 8<sup>th</sup> day it ranged from 2.0 to 12.0 cm, on the 13<sup>th</sup> it was from 8.4 to 47.0 cm. Three forth of the samples after 2 weeks had a small plant height up to 30 cm, the rest part of the samples exceeded this value. The greatest sprouts' length was in the samples '1006' (47.0 cm), '998' (45.3 cm) and '997' (40.3 cm), which can be grown in the field without herbicides using the technology of obtaining shoots from under a layer of water or used as donors of high growth energy. There has been identified the material of practical importance for the breeding process.

**Keywords:** rice, flooding, growth energy, abiotic stress, immersion resistance.

**Введение.** Наводнение или затопление являются одним из основных экологических стресс-факторов, влияющих на многие искусственные и естественные экосистемы во всем мире. Увеличение частоты и продолжительности сильных дождей из-за изменения климата отрицательно сказывается на росте и развитии растений, что в конечном итоге приводит к гибели растений, если оно сохраняется в течение нескольких дней. Большинство сельскохозяйственных культур, особенно рис, будучи полуводным растением, сильно страдают от затопления, что приводит к ежегодной потере урожая. Генетическая изменчивость реакции растений на затопление включает различные схемы: 1) покой, который позволяет выдерживать длительное время под водой, 2) стратегию быстрого удлинения стебля при изменениях в строении растений и метаболизме. Изучение механизма выживания при наводнении у риса дало важные сведения о развитии, физиологии и молекулярные стратегии выживания при погружении в воду. Значительный прогресс в селекции сортов риса, устойчивых к затоплению, был достигнут за последнее десятилетие после успешной идентификации и картирования локуса количественного признака (QTL) устойчивости к затоплению, обозначенного как *Submergence 1* (*Sub1*), из стародавнего сорта *FR13A*. Используя возвратное скрещивание с помощью маркеров, *Sub1* был включен во многие элитные сорта за короткое время и с высокой точностью по сравнению с традиционными методами селекции (Oladosu et al., 2020).

Большинство сортов риса неспособны прорасти и достичь поверхности воды при полном погружении. Следовательно, устойчивость к анаэробным условиям во время прорастания является важным признаком для выращивания риса прямым посевом в орошаемых экосистемах (Septiningsih et al., 2013). Высокая энергия и скорость начального роста растений представляет собой вторую стратегию выживания растений в условиях длительного затопления. Поэтому необходимо изучать полиморфизм различных форм риса по устойчивости к длительному глубокому уровню воды.

Энергия раннего прорастания (ЭРП) является основной целью селекции риса, особенно при прямом посеве. Китайские ученые идентифицировали 3 локуса количественного признака (QTL), влияющих на ЭРП. Это исследование обеспечивает теоретическую основу и генетические ресурсы при селекции риса для прямого посева (Yang et al., 2021).

В Индии были отобраны линии с сильной энергией раннего роста и быстрым равномерным прорастанием в сочетании с хорошей урожайностью с целью генетического улучшения генотипов риса для получения ранней энергии. Это делается для достижения равномерности популяции растений в поле за счет эффективного и быстрого прорастания семян из глубины почвы и раннего появления всхо-

дов, что способствует сокращению числа сорняков. Отобранные линии использованы в качестве доноров при выведении новых сортов риса с более высокой урожайностью (Singh et al., 2017).

В обзоре китайских ученых (Zhao et al., 2021) освещены текущие достижения в идентификации локусов количественных признаков (QTL) и регуляторных генов, влияющих на энергию прорастания и скорость роста риса. Эти гены будут способствовать повышению жизнеспособности семян с помощью селекционных и биотехнологических подходов.

Междоузлия глубоководного риса удлиняются в ответ на повышение уровня воды, чтобы его листья оставались над поверхностью воды и избегали кислородного голодания. Это удлинение стимулируется генами, регулируемые этиленом, *Snorkel1* и *Snorkel2*. Напротив, когда внезапное наводнение происходит на стадии всходов, устойчивый к погружению рис, несущий ген *Sub1A*, остается низкорослым и выживает в воде в течение нескольких недель, чтобы избежать потребления энергии, связанного с удлинением растения, а затем возобновляет свой рост, используя его сохраненную энергию после отступления воды. Однако глубоководный и устойчивый к затоплению рис имеет противоположную реакцию на затопление, а именно: подниматься над поверхностью за счет удлинения стебля или оставаться в низкорослом состоянии под водой, пока наводнение не отступит (Nagai et al., 2010).

Гены *Snorkel1* (*SK1*) и *Snorkel2* (*SK2*), выявленные на хромосоме 12, определяют чувствительность к этилену и регулируют удлинение междоузлий глубоководного риса в ответ на погружение. У нормального культивируемого риса гены *SK* отсутствуют (Nagai et al., 2022).

В «ФНЦ риса» было установлено, что массу проростков российских сортов определяют локусы, которые находятся на 4-й, 5-й, 9-й и 12-й хромосомах риса. Два хромосомных региона на 4-й и 9-й хромосомах (*RM126*, *RM242*) обуславливали длину зародышевого корня, локус на 5-й хромосоме, расположенный в районе маркера *RM289*, – высоту проростка (Харитонов и др., 2019; Бруяко, 2016).

Для крупномасштабного скрининга зародышевой плазмы риса с устойчивостью к стрессу, вызванному погружением, японские ученые разработали два новых метода анализа, которые были основаны главным образом на силе проростков, оцениваемой по способности быстрого удлинения побегов в условиях погружения. Их результаты показывают, что сила роста проростков служит механизмом устойчивости риса к затоплению. Показана взаимосвязь между энергией прорастания, основанной на быстром удлинении побега, и устойчивостью к погружению в воду, обусловленной восстановлением после стресса, вызванного погружением (Скаженник и др., 2016).

Цель исследования: оценка селекционных образцов риса на устойчивость к затоплению

и выделение лучших из них для использования в скрещиваниях при выведении устойчивых к затоплению сортов риса.

**Материалы и методы исследований.** Материалом исследований были 48 селекционных образцов риса, полученных в лаборатории селекции и семеноводства риса АНЦ «Донской» от скрещивания отечественных сортов Кубояр и Контакт с азиатскими сортами Mazhan Red, Kharsu 80A, Khao Hlan On – доно-

рами гена устойчивости к затоплению Snorkel. Для их оценки нами была модифицирована методика Ху и Maskill (1996), разработанная для оценки устойчивости риса к длительному погружению в воду. Для проращивания семян и роста растений использовали мерные цилиндры высотой 42 см. Цилиндры заполняли полевой почвой на 5 см, заливали водопроводной водой и опускали на поверхность по 10 семян (рис. 1).



**Рис. 1.** Прорастание семян риса и рост растений в цилиндрах под водой  
**Fig. 1.** Rice seeds' germination and plants' growth in cylinders under water

Культивирование проводили на свету в комнатных условиях при температуре 25–30 °С. Измерения длины ростков риса выполняли на 3-й, 8-й и 13-й день роста для выявления его динамики.

Результаты и их обсуждение. Результаты исследований показали существенные различия между селекционными образцами риса по скорости и динамике роста растений под водой.

Через 3 дня от посева длина ростков варьировала от 0,1 до 1,7 см. Максимальная длина ростка в этот период (1,5–1,7 см) наблюдалась у образцов, родителем которых был в основном сорт Kharsu 80A: 1134 (Kharsu 80A x Контакт), 1537 (Kharsu 80A x Контакт),

1533 (Kharsu 80A x Контакт), 1032 (Кубояр x Kharsu 80A), 1063 (Кубояр x Mazhan Red), минимальная (0,1–0,2 см) – у образцов 995 (Контакт x Khao Hlan On), 996 (Контакт x Khao Hlan On) (табл.).

На 8-й день различия образцов по длине растений стали более существенными – от 2,0 до 12,0 см (в среднем 6,42 см). Наибольшие значения длины (11,5–12,0 см) в этот период показали уже образцы из другой гибридной комбинации Контакт x Khao Hlan On. Это образцы под номерами 985, 998 и 1007 (таблица). Минимальная длина (2 см) на этом этапе была у образцов 1001 (Контакт x Khao Hlan On) и 1036 (Кубояр x Kharsu 80A).

**Длина растений риса при проращивании в цилиндрах, см**  
**Rice plants' length during germination in cylinders, cm**

№ образца	Название	Длина растений по дням промеров, см		
		3-й день	8-й день	13-й день
983	Контакт x Khao Hlan On	0,30	8,30	36,00
985	Контакт x Khao Hlan On	0,50	11,50	39,67
986	Контакт x Khao Hlan On	0,50	8,00	31,67
987	Контакт x Khao Hlan On	0,50	6,50	31,00
988	Контакт x Khao Hlan On	0,80	9,30	39,17
991	Контакт x Khao Hlan On	0,50	10,00	39,67
992	Контакт x Khao Hlan On	1,00	6,00	28,67
994	Контакт x Khao Hlan On	0,50	6,50	31,00

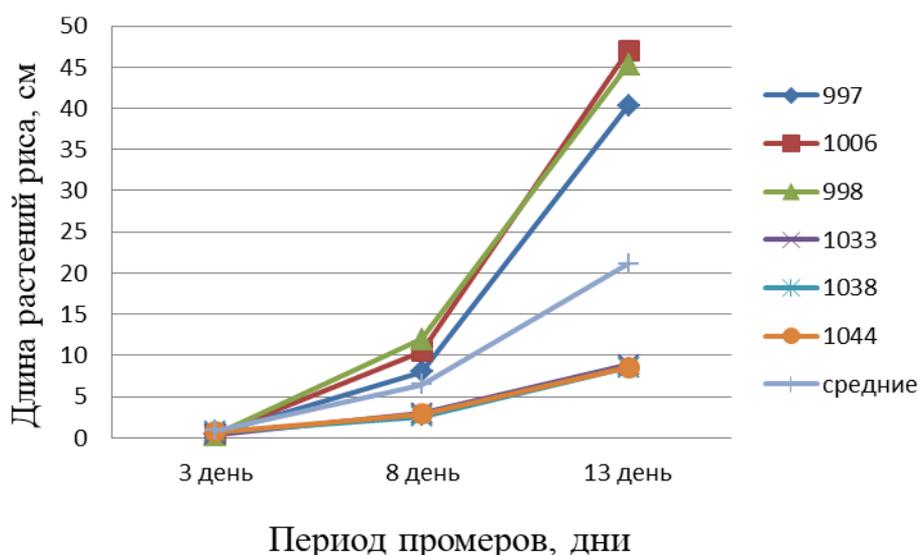
Продолжение табл.

№ образца	Название	Длина растений по дням промеров, см		
		3-й день	8-й день	13-й день
995	Контакт х Khao Hlan On	0,10	6,00	38,33
996	Контакт х Khao Hlan On	0,20	4,30	25,00
997	Контакт х Khao Hlan On	0,50	8,00	40,33
998	Контакт х Khao Hlan On	0,30	12,00	45,33
1001	Контакт х Khao Hlan On	0,30	2,00	18,00
1004	Контакт х Khao Hlan On	0,50	6,30	26,33
1006	Контакт х Khao Hlan On	0,40	10,50	47,00
1007	Контакт х Khao Hlan On	0,50	11,80	35,33
1008	Контакт х Khao Hlan On	0,75	4,51	13,94
1029	Кубояр х Kharsu 80A	0,50	2,75	11,11
1032	Кубояр х Kharsu 80A	1,50	3,75	9,19
1033	Кубояр х Kharsu 80A	0,40	3,00	8,85
1035	Кубояр х Kharsu 80A	0,75	3,40	12,28
1036 (1)	Кубояр х Kharsu 80A	0,60	4,50	11,72
1036 (2)	Кубояр х Kharsu 80A	0,30	2,00	9,95
1037 (1)	Кубояр х Kharsu 80A	0,75	3,25	11,08
1037 (2)	Кубояр х Kharsu 80A	0,50	3,13	9,39
1038	Кубояр х Kharsu 80A	0,75	2,58	8,56
1041	Кубояр х Kharsu 80A	1,17	4,75	24,94
1044	Кубояр х Kharsu 80A	0,75	2,90	8,55
1047	Кубояр х Kharsu 80A	1,17	4,00	11,03
1058	Кубояр х Mazhan Red	1,00	3,88	9,25
1063	Кубояр х Mazhan Red	1,50	5,33	15,85
1065	Кубояр х Mazhan Red	1,25	3,17	8,40
1133	Kharsu 80A х Контакт	1,39	9,38	18,50
1134	Kharsu 80A х Контакт	1,70	9,00	25,00
1417	Khao Hlan On х Контакт	1,27	7,25	18,17
1515	Khao Hlan On х Кубояр	1,23	8,17	16,43
1516	Khao Hlan On х Кубояр	1,34	6,75	20,00
1518	Khao Hlan On х Кубояр	1,13	6,25	16,42
1522	Khao Hlan On х Кубояр	1,23	10,00	14,57
1523	Khao Hlan On х Кубояр	1,41	9,88	18,29
1525	Kharsu 80A х Контакт	1,14	6,75	16,07
1526	Kharsu 80A х Контакт	1,16	7,00	16,14
1528	Kharsu 80A х Контакт	1,05	6,25	14,71
1529	Kharsu 80A х Контакт	1,07	7,00	14,48
1532	Kharsu 80A х Контакт	0,93	6,00	12,60
1533	Kharsu 80A х Контакт	1,54	7,50	23,25
1535	Kharsu 80A х Контакт	0,92	6,25	12,20
1537	Kharsu 80A х Контакт	1,57	11,00	20,33
	Средние	0,86	6,42	21,12
	Минимум	0,10	2,00	8,40
	Максимум	1,70	12,00	47,00
	Станд.откл.	0,43	2,79	11,23

На 13-й день средняя длина стеблей колебалась от 8,4 до 47,0 см (в среднем 21,1 см). Наибольшая длина проростков (более 30 см) была у образцов из гибридной комбинации Контакт х Khao Hlan On – 1006 (47,0 см), 998 (45,3 см), 997 (40,3 см), 991 (39,7 см), 985 (39,7 см) и др., наименьшая – у образцов комбинации Кубояр х Kharsu 80A: 1033 (8,8 см), 1038 (8,6 см) и 1044 (8,6 см).

Энергично растущие растения поднялись над слоем воды и верхним краем цилиндра и стали поставлять кислород по аэренхиме в корневую систему. Слаборослые растения не дошли и до середины цилиндра.

Динамика роста растений риса с максимальными и минимальными величинами на 13-й день в цилиндрах под водой представлена на рисунке 2.



**Рис. 2.** Динамика роста растений риса в цилиндрах под водой (максимальные и минимальные величины на 13-й день)

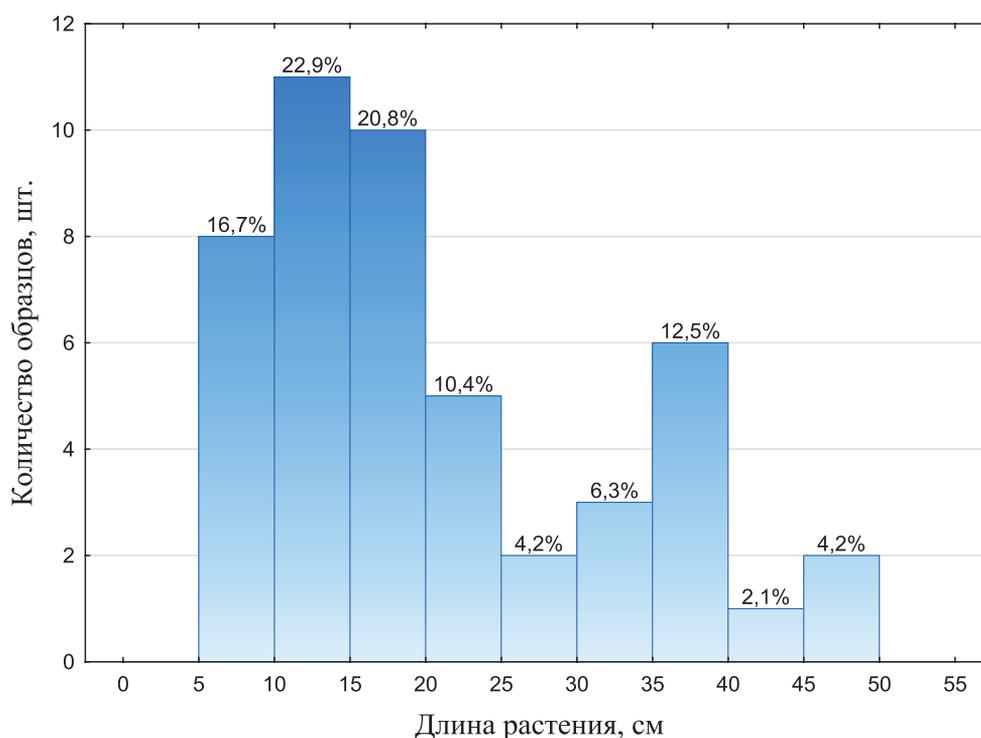
**Fig. 2.** Dynamics of rice plants' growth in cylinders under water (maximum and minimum values on the 13<sup>th</sup> day)

Из графика видно, что на третий день различия по длине растений между этими образцами были незаметны, на 8-й день стали существенными, а на 13-й день – значительными. При этом образцы с минимальными значениями 1033, 1038 и 1044 имели почти одинаковые конфигурации кривой, а с максимальными – несколько различались. Близкие конфигурации были у кривых образцов 998 и 1006, а у 997 линия располагалась чуть ниже. Средние по всей группе изученных образцов величины этого признака на 3-й день были больше, чем у этих

шести образцов (0,86 см), на 8-й день – находились посередине (6,42 см), а на 13-й – ближе к меньшим значениям (21,12 см).

Это свидетельствует о правосторонней асимметрии распределения длины растений в этот период – преобладали более низкорослые растения.

Наглядно это демонстрирует гистограмма распределения изученных образцов риса по длине растений с листьями на 13-й день после посева (рис. 3).



**Рис. 3.** Распределение образцов риса по длине растений с листьями на 13-й день после посева

**Fig. 3.** Distribution of rice samples according to the plants' length with leaves on the 13<sup>th</sup> day after sowing

Гистограмма имеет 3 пика, один в классе 10–15 см, другой – 35–40 см, третий – 45–50 см. Большинство образцов – 36 шт. (75 %) имели небольшую высоту растений – до 30 см. Четвертая часть образцов – 12 шт. (25 %) превышала эту величину. Особенно выделились два образца (998 и 1006), отмеченные ранее.

Таким образом, в результате физиологической оценки выявлены более энергично растущие образцы риса, имеющие наибольший потенциал роста и развития. Быстрый рост растений является адаптивной реакцией риса на получение кислорода, что необходимо для выживания при длительном погружении в воду. У ряда изученных образцов раскрыт потенциал быстро расти, преодолевать большой слой воды и накапливать вегетативную массу.

Показатель энергии начального роста растений риса в лабораторных условиях в совокупности с полевой оценкой позволит выявить различия испытуемых образцов по реакции на абиотический стресс, что даст возможность выделить образцы, устойчивые к затоплению.

## Выводы

1. Результаты проращивания в цилиндрах высотой 42 см показали существенные различия между растениями по скорости роста под водой. Через 3 дня от посева семян длина ростков варьировала от 0,1 до 1,7 см, на 8-й день – от 2,0 до 12,0 см, на 13-й – от 8,4 до 47,0 см.

2. Большинство образцов (75 %) через 2 недели имели небольшую высоту растений – до 30 см, 25 % образцов превышали эту величину, достигая 47 см.

3. Наибольшая длина проростков была у образцов 1006 (47,0 см), 998 (45,3 см) и 997 (40,3 см), которые можно использовать в качестве источников высокой энергии роста для создания сортов, которые можно выращивать в поле без гербицидов по технологии получения всходов из-под слоя воды.

*Материалы подготовлены в рамках конкурса Российского научного фонда 2021 года «Проведение фундаментальных научных исследований и поисковых научных исследований малыми отдельными научными группами» (соглашение № 22-26-00246 от 21.12.2022 г).*

## Библиографические ссылки

1. Бруйко В. Н. Сравнительный анализ темпов роста сортов риса по группам // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. 2016. № 117. С. 705–722.
2. Скаженник М. А., Воробьев Н. В., Шеуджен А. Х., Ковалев В. С. Энергия прорастания семян сортов риса и ее связь с образованием всходов // Российская сельскохозяйственная наука. 2016. № 2–3. С. 7–9.
3. Харитонов Е. М., Гончарова Ю. К., Гончаров С. В., Бруйко В. Н. Молекулярное маркирование локусов, определяющих высокие темпы роста на начальных этапах развития растений у российских сортов риса (*Oryza sativa* L.) // Сельскохозяйственная биология. 2019. Т. 54, № 5. С. 892–904. DOI: 10.15389/agrobiology.2019.5.892rus.
4. Nagai K., Hattori Y., Ashikari M. Stunt or elongate? Two opposite strategies by which rice adapts to floods // J Plant Res. 2010. Vol. 123(3). P. 303–309. DOI: 10.1007/s10265-010-0332-7.
5. Nagai K., Kurokawa Y., Mori Y., Minami A., Reuscher S., Wu J., Matsumoto T., Ashikari M. Snorkel genes relating to flood tolerance were pseudogenized in normal cultivated rice // Plants. 2022. Vol. 11(3). P. 376. DOI: 10.3390/plants11030376.
6. Oladosu Y., Rafii M. Y., Arolu F., Chukwu S. C., Muhammad I., Kareem I., Salisu M. A., Arolu I. W. Submergence Tolerance in Rice: Review of Mechanism, Breeding and Future // Sustainability. 2020. Vol. 12(4) P. 1632. <https://doi.org/10.3390/su12041632>.
7. Septiningsih E. M., Ignacio J. C. I., Sendon P. M. D., Sanchez D. L., Ismail A. M., Mackill D. J. QTL mapping and confirmation for tolerance of anaerobic conditions during germination derived from the rice landrace Ma-Zhan Red // Theor. Appl. Genet. 2013. Vol. 126. P. 1357–1366. DOI: 10.1007/s00122-013-2057-1.
8. Singh U. M., Yadav S., Dixit S., Ramayya P. J., Devi M. N., Raman K. A., Kumar A. QTL Hotspots for Early Vigor and Related Traits under Dry Direct-Seeded System in Rice (*Oryza sativa* L.) // Frontiers in Plant Science. 2017. Vol. 8. Art. 286. P. 1–14. DOI: 10.3389/fpls.2017.00286.
9. Yang J., Sun K., Li D., Luo L., Liu Y., Huang M., Yang G., Liu H., Wang H., Chen Z., Guo T. Identification of stable QTLs and candidate genes involved in anaerobic germination tolerance in rice via high-density genetic mapping and RNA-Seq // BMC Genomics. 2019. Vol. 20. P. 355. <https://doi.org/10.1186/s12864-019-5741-y>.
10. Zhao J., He Y., Huang S., Wang Z. Advances in the Identification of Quantitative Trait Loci and Genes Involved in Seed Vigor in Rice // Frontiers in Plant Science. 2021. Vol. 12. Art. 659307. <https://doi.org/10.3389/fpls.2021.659307>.

## References

1. Bruyako V. N. Sravnitel'nyi analiz tempov rosta sortov risa po gruppam [Comparative analysis of growth rates of rice varieties by groups] // Po-litematicheskii setevoi elektronnyi nauchnyi zhurnal Kubanskogo gosudarstvennogo ag-rarnogo universiteta. 2016. № 117. S. 705–722.
2. Skazhennik M. A., Vorob'ev N. V., Sheudzhen A. Kh., Kovalev V. S. Energiya proras-taniya semyan sortov risa i ee svyaz' s obrazovaniem vskhodov [Seed germination energy of rice varieties and its relationship with the formation of seedlings] // Rossiiskaya sel'skokhozyai-stvennaya nauka. 2016. № 2–3. S. 7–9.

3. Kharitonov E. M., Goncharova Yu. K., Goncharov S. V., Bruyako V. N. Molekulyarnoe markirovanie lokusov, opredelyayushchikh vysokie tempy rosta na nachal'nykh etapakh razvitiya rastenii u rossiiskikh sortov risa (*Oryza sativa* L.) [Molecular marking of loci that determine high growth rates at the initial stages of plant development among the Russian rice varieties (*Oryza sativa* L.)] // Sel'skokhozyaistvennaya biologiya. 2019. T. 54, № 5. С. 892–904. DOI: 10.15389/agrobiology.2019.5.892rus.
4. Nagai K., Hattori Y., Ashikari M. Stunt or elongate? Two opposite strategies by which rice adapts to floods // J Plant Res. 2010. Vol. 123(3). P. 303–309. DOI: 10.1007/s10265-010-0332-7.
5. Nagai K., Kurokawa Y., Mori Y., Minami A., Reuscher S., Wu J., Matsumoto T., Ashikari M. Snorkel genes relating to flood tolerance were pseudogenized in normal cultivated rice // Plants. 2022. Vol. 11(3). P. 376. DOI: 10.3390/plants11030376.
6. Oladosu Y., Rafii M. Y., Arolu F., Chukwu S. C., Muhammad I., Kareem I., Salisu M. A., Arolu I. W. Submergence Tolerance in Rice: Review of Mechanism, Breeding and Future // Sustainability. 2020. Vol. 12(4) P. 1632. <https://doi.org/10.3390/su12041632>.
7. Septiningsih E. M., Ignacio J. C. I., Sendon P. M. D., Sanchez D. L., Ismail A. M., Mackill D. J. QTL mapping and confirmation for tolerance of anaerobic conditions during germination derived from the rice landrace Ma-Zhan Red // Theor. Appl. Genet. 2013. Vol. 126. P. 1357–1366. DOI: 10.1007/s00122-013-2057-1.
8. Singh U. M., Yadav S., Dixit S., Ramayya P. J., Devi M. N., Raman K. A., Kumar A. QTL Hotspots for Early Vigor and Related Traits under Dry Direct-Seeded System in Rice (*Oryza sativa* L.) // Frontiers in Plant Science. 2017. Vol. 8. Art. 286. P. 1–14. DOI: 10.3389/fpls.2017.00286.
9. Yang J., Sun K., Li D., Luo L., Liu Y., Huang M., Yang K., Liu H., Wang H., Chen Z., Guo T. Identification of stable QTLs and candidate genes involved in anaerobic germination tolerance in rice via high-density genetic mapping and RNA-Seq // BMC Genomics. 2019. Vol. 20. P. 355. <https://doi.org/10.1186/s12864-019-5741-y>.
10. Zhao J., He Y., Huang S., Wang Z. Advances in the Identification of Quantitative Trait Loci and Genes Involved in Seed Vigor in Rice // Frontiers in Plant Science. 2021. Vol. 12. Art. 659307. <https://doi.org/10.3389/fpls.2021.659307>.

Поступила: 07.09.22; доработана после рецензирования: 06.10.22; принята к публикации: 06.10.22.

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

**Конфликт интересов.** Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

**Авторский вклад.** Костылев П. И. – постановка цели и задач, формирование методологии исследования и концепции, написание текста статьи; Калинина Н. В., Вожжова Н. Н. – сбор и анализ литературных данных, Голубова В. А. – лабораторные опыты, выращивание растений риса.

**Все авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.**

## ФОРМИРОВАНИЕ УРОЖАЙНОСТИ И КАЧЕСТВА ЗЕРНА ОЗИМОЙ РЖИ В УСЛОВИЯХ НЕДОСТАТОЧНОГО УВЛАЖНЕНИЯ

**Д. Д. Сайфутдинова**, аспирант, научный сотрудник  
лаборатории селекции озимой ржи и тритикале, sayfut2009@gmail.com,  
ORCID ID: 0000-0001-7679-7915;

**М. Л. Пономарева**, доктор биологических наук, профессор, главный научный сотрудник  
лаборатории селекции озимой ржи и тритикале, smponomarev@yandex.ru,  
ORCID ID: 0000-0002-1648-3938;

**Л. В. Илалова**, научный сотрудник лаборатории селекции озимой ржи и тритикале,  
love\_bulkina@mail.ru, ORCID ID: 0000-0001-7654-7676  
*Татарский научно-исследовательский институт сельского хозяйства –  
обособленное структурное подразделение ФИЦ Казанский научный центр РАН,  
420059, Республика Татарстан, г. Казань, Оренбургский тракт, 48; e-mail: tatniva@mail.ru*

Цель работы: выявление особенностей формирования урожайности и показателей качества зерна современных сортов и гибридов озимой ржи в зависимости от увлажненности весенне-летнего периода вегетации. Исследования проведены в ТатНИИСХ ФИЦ КазНЦ РАН (Республика Татарстан) в контрастные по погодным условиям годы (2020–2021). Объектом изучения были популяционные сорта озимой ржи Эстафета Татарстана, Радонь, Огонек, Танта́на, Подарок, Зилант и немецкие гетерозисные гибриды КВС Авиатор и КВС Проммо. Установлено, что по изученным сортам и гибридам ржи вызванное засухой снижение урожайности зерна составило 44 %, количество колосьев на 1 м<sup>2</sup> уменьшилось на 19,4 %, а масса 1000 зерен – на 27,7 %. Преимущество гибридов ржи по урожайности зерна при хорошей обеспеченности весенне-летней вегетации составляла 14 %, при недостатке влаги – 10 %. Среди популяционных сортов наименьшие потери от засухи имели сорта Зилант, Подарок и Танта́на. Выявлено, что по хлебопекарным и технологическим качествам наблюдается обратная картина. В засушливый год отмечено повышение таких показателей, как высота амилограммы (в 2 раза), содержание белка (на 20,8 %), число падения (на 14,2 %). Установлено, что биохимические показатели зерна (содержание клетчатки, золы, жира) заметно улучшились. Полученные результаты свидетельствуют о том, в засушливые годы следует заготавливать партии ржи с высокими технологическими качествами и биохимическими свойствами для хлебопекарной отрасли.

**Ключевые слова:** озимая рожь, сорт, гибрид, урожайность, качество, засуха.

**Для цитирования:** Сайфутдинова Д. Д., Пономарева М. Л., Илалова Л. В. Формирование урожайности и качества зерна озимой ржи в условиях недостаточного увлажнения // Зерновое хозяйство России. 2022. Т. 14, № 5. С. 84–90. DOI: 10.31367/2079-8725-2022-82-5-84-90.



## FORMATION OF WINTER RYE PRODUCTIVITY AND GRAIN QUALITY UNDER INSUFFICIENT MOISTURE

**D. D. Saifutdinova**, post-graduate, researcher of the laboratory for breeding of winter rye and triticale,  
sayfut2009@gmail.com, ORCID ID: 0000-0001-7679-7915;

**M. L. Ponomareva**, Doctor of Biological Sciences, professor, main researcher  
of the laboratory for breeding of winter rye and triticale, smponomarev@yandex.ru,  
ORCID ID: 0000-0002-1648-3938;

**L. V. Ilalova**, researcher of the laboratory for breeding of winter rye and triticale, love\_bulkina@mail.ru,  
ORCID ID: 0000-0001-7654-7676  
*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; e-mail: tatniva@mail.ru*

The purpose of the current work was to identify the features of the formation of productivity and grain quality indicators of modern winter rye varieties and hybrids, depending on the moisture content of the spring-summer vegetation period. The study was carried out at the TatRIA FRC KazSC RAS (Republic of Tatarstan) in contrasting weather years (2020–2021). The object of the study was the population of winter rye varieties 'Estafeta Tatarstana', 'Radon', 'Ogonyok', 'Tantana', 'Podarok', 'Zilant' and German heterotic hybrids 'KVS Aviator' and 'KVS Prommo'. There has been established that for the studied rye varieties and hybrids, grain productivity decrease caused by drought was 44 %, number of heads per 1 m<sup>2</sup> reduced on 19.4 %, and 1000-grain weight dropped on 27.7 %. The advantages of rye hybrids according to grain productivity with a good supply of spring-summer vegetation were 14 %, with a lack of moisture they were 10 %. Among the population varieties, the varieties 'Zilant', 'Podarok' and 'Tantana' had the least losses from drought. There has been identified that in terms of baking and technological qualities the situation was vice versa. In a dry year, there was an increase of such indicators as the amylogram height (in 2 times), protein (on 20.8 %), and falling number (on 14.2 %). There has been established that the biochemical parameters of grain (content of fiber, ash, oil) improved significantly. The obtained study results have indicated that in dry years it is necessary to prepare batches of rye with high technological qualities and biochemical properties for baking industry.

**Keywords:** winter rye, variety, hybrid, productivity, quality, drought.

**Введение.** Рожь по праву считается одним из самых засухоустойчивых злаков, но это вовсе не означает, что она не страдает от недостаточного увлажнения, особенно в критические периоды развития. Особенностью погодных условий Поволжья являются резкие колебания температуры и неравномерное распределение осадков во время вегетации озимой ржи. Для растений данного вида осадки наиболее важны в период «колошение – восковая спелость», когда формируются основные характеристики качества зерна. Под термином «качество» понимается совокупность физических, технологических, биохимических показателей зерна, которые являются неотъемлемой целью селекционной работы. Исследования этих показателей лежат в основе создания продовольственной культуры.

Современные сорта озимой ржи значительно различаются по ответной реакции на изменение средовых факторов как по хозяйственно-биологическим признакам, так и по показателям, характеризующим качество зерна (Нуждина и др., 2018). Новые популяционные сорта ржи отличаются относительно высоким потенциалом урожайности, зимостойкости, в меньшей степени поражаются грибными болезнями, при этом многие проблемы, касающиеся короткостебельности, выравненности стеблестоя, скороспелости, улучшения хлебопекарных и кормовых качеств, более эффективно решаются путем создания гибридов  $F_1$ . Показатели качества зерна – генетически обусловленные признаки, как правило, полигенные, которые в очень сильной степени зависят от условий внешней среды. Реализация продукционного и качественного потенциала всегда является результатом генотип-средовых взаимодействий в конкретных условиях, под которыми понимаются почвенно-климатические ресурсы, комплекс региональных стрессов и техногенные факторы возделывания (Пономарева и др., 2021).

Обычно параметры, характеризующие качество зерна, анализируются в годы с избытком осадков в предуборочный период, что приводит к ухудшению технологических и хлебопекарных свойств зерна. Водный дефицит не представлял серьезной проблемы для селекционеров, поэтому рожь не была предметом исследований в этой области. И если по вопросам снижения продуктивности культуры в условиях недостатка влаги имеются научные сведения, то в отношении влияния засухи на хлебопекарные и технологические свойства информация весьма скудна (Czuczujło-Mysza and Muśków, 2017).

Создание и внедрение в производство сортов, дающих наибольшую отдачу по урожайности и качеству зерна при резко изменяющихся метеоусловиях, является важной задачей селекционной науки (Шаболкина и др., 2017). Изучение реакции современных сортов на погодные условия, в частности, на недостаток влаги в период вегетации, является актуальным

направлением для обеспечения продовольственной безопасности страны. Селекция, ответственная за формирование биологических основ адаптации в растениеводстве, считается главным фактором не только в увеличении производства зерна, но и в снижении ущерба от абиотических рисков.

Целью работы является выявление особенностей формирования урожайности и показателей качества зерна современных сортов и гибридов озимой ржи в зависимости от увлажненности весенне-летнего периода вегетации.

**Материалы и методы исследований.** Полевые эксперименты выполнены на экспериментальной базе ТатНИИСХ ФИЦ КазНЦ РАН в контрастные по погодным условиям вегетационные сезоны (2019–2020 гг. и 2020–2021 гг.) в Лаишевском районе Республики Татарстан. В конкурсном сортоиспытании изучали популяционные сорта озимой ржи: Эстафета Татарстана, Радонь, Огонек, Тантана, Подарок, Зилант и немецкие гетерозисные гибриды КВС Авиатор и КВС Проммо. Посев проводили селекционной сеялкой ССФК-7, норма высева популяционных сортов составляла 5 млн, немецких гибридов – 3 млн всхожих зерен на 1 га. Учетная площадь делянки – 12,5 м<sup>2</sup>, повторность вариантов в опыте – четырехкратная.

Серая лесная почва опытного участка суглинистого гранулометрического состава содержала в слое 0–20 см: гумуса 3,1–3,7 %; рН солевой вытяжки 6,2–6,6; щелочно-гидролизующего азота 112,0–151,2 мг/кг;  $P_2O_5$  – 342–500 мг/кг;  $K_2O$  – 56,5–100,0 мг/кг. Предшественник – чистый пар.

Под предпосевную культивацию вносили комплексное минеральное удобрение азофоску ( $N_{19}P_{19}K_{19}$ ), весной в фазе кущения проводили подкормку аммиачной селитрой из расчета 30 кг д.в./га.

Уборку озимой ржи проводили в фазе полной спелости зерна прямым комбайнированием. Продуктивный стеблестой оценивался путем анализа снопа с площади 0,25 м<sup>2</sup> с каждой повторности. Зимостойкость и высота растений определялись по методике Госсортокмиссии РФ (2019).

Анализ качества зерна ржи проведен в соответствии с ГОСТ 16990-17 «Рожь. Технические условия». Отбор проб зерна проводили по ГОСТ 13586.3-2015, массу 1000 зерен определяли по ГОСТ 10842-89, натурную массу зерна – по ГОСТ 10840-2017.

Технологические и хлебопекарные свойства определяли: число падения (ЧП) – на приборе Hagberg-Perten Falling Number 1500 по ГОСТ 30498-97 (ИСО 3093-2016), амилолитическую активность – на приборе Amylograph Brabender по ГОСТ ISO 7973-2013, содержание белка в зерне – методом Кьельдаля по ГОСТ 10846-91. Биохимический состав цельного зерна определяли, используя анализатор в ближнем ИК-диапазоне NIRS DS2500. Для проведения статистического анализа применен пакет программ MS Excel 7.0.

Влияние засухи на урожайность и качество зерна определяли путем сопоставления величины этих показателей в острозасушливый год с аналогичными признаками в оптимальный по увлажнению и температуре воздуха год. Погодные условия в годы исследования различались по влагообеспеченности: сумма осадков за период вегетации озимой ржи (с августа предшествующего по июль следующего года) в 2020 г. была выше (607 мм),

а в 2021 г. ниже (327,5 мм) среднемноголетних значений (484 мм). Вегетационный период растений в 2020 г., по данным агрометеостанции ТатарНИИСХ ФИЦ КазНЦ РАН, размещенной на территории экспериментальной базы, в целом оказался на уровне среднемноголетних значений и был относительно благоприятным для роста и развития растений. Период созревания и налива зерна, проходивший в июле, был хорошо увлажненным (ГТК = 1,55) (табл. 1).

**Таблица 1. Агрометеорологические условия весенне-летнего периода вегетации озимой ржи, 2020–2021 гг.**

**Table 1. Agrometeorological conditions of the spring-summer vegetation period of winter rye, 2020–2021**

Показатель	Год	Май	Июнь	Июль	Август
Среднесуточная температура воздуха, °С	2020	13,4	16,6	22,0	17,0
	2021	18,0	22,2	21,9	22,1
	Среднемноголетние	13,0	18,3	19,5	15,8
Сумма активных температур, °С	2020	118	198	372	217
	2021	239	365	369	375
	Среднемноголетние	90	210	290	220
Сумма осадков, мм	2020	59	35	32	82
	2021	17	10,5	31,5	17,5
	Среднемноголетние	34	62	59	55
Гидротермический коэффициент (ГТК)	2020	0,73	0,47	1,55	0,78
	2021	0,14	0,46	0,26	3,44

В 2021 г. вегетация с мая по август характеризовалась крайним дефицитом влаги (ГТК = 0,46), особенно сухим был май (ГТК = 0,14). 30 июня 2021 г. в Республике Татарстан был объявлен режим чрезвычайной ситуации (ЧС) в связи с аномальными температурами и отсутствием продуктивных осадков. Сложившиеся экстремально жаркие условия привели к раннему созреванию ржи и формированию невысокого урожая.

**Результаты и их обсуждение.** Урожайность зерна является важнейшим критерием оценки сортов и гибридов озимой ржи, на которую влияют условия осенней вегетации и гидротермические условия весенне-летнего периода. Один из основных элементов структуры урожайности озимой ржи – густота продуктивного стеблестоя. Согласно полученным экспериментальным данным (табл. 2) после благоприятной перезимовки, но в крайне засушливом 2021 г. изучаемые сорта формировали меньшее количество продуктивных стеблей на единице площади и более низкую высоту растений (в среднем 132 см). Снижение урожайности в сравнении

с благоприятным по увлажненности 2020 г. составило 44 %. В целом за два контрастных года наибольшую урожайность зерна сформировали немецкие гибриды ржи КВС Авиатор (6,44 и 3,40 т/га, соответственно в 2020 г. и 2021 г.) и КВС Проммо (6,17 и 3,50 т/га соответственно). Из популяционных сортов в 2020 г. достоверную прибавку урожая к стандарту показали сорта Эстафета Татарстана (5,65 т/га) и Огонек (5,89 т/га). В 2021 г. стандарт превосходили сорта Зилант (3,34 т/га) и Эстафета Татарстана (3,23 т/га), при этом разница с контролем была статистически не значима. Установлено, что в благоприятный год средняя урожайность по шести популяционным сортам составила 5,45 т/га, а гибридов – 6,3 т/га, тогда как в засушливый год она составила 3,09 т/га по сортам и 3,45 т/га по гибридам. Таким образом, преимущество гибридов по урожайности зерна при достаточной влагообеспеченности весенне-летней вегетации составляло 14 %, при недостатке влаги – 10 %. Среди сортов-популяций наименьшие потери от засухи понесли сорта Зилант, Подарок и Тантана (39–40 %).

**Таблица 2. Хозяйственно-биологические показатели сортов озимой ржи, 2020–2021 гг.**

**Table 2. Economic and biological indicators of the winter rye varieties, 2020–2021**

Сорт	Урожайность, т/га		Продуктивный стеблестой, шт./м <sup>2</sup>		Зимостойкость, балл		Высота растений, см	
	2020	2021	2020	2021	2020	2021	2020	2021
Тантана, ст.	5,24	3,14	491	472	4,37	4,37	156,3	141,3
Эстафета Татарстана	5,65	3,23	490	464	4,57	4,25	165,0	145,0
Радонь	5,59	2,91	589	393	4,43	4,18	170,0	140,0
Огонек	5,89	3,06	563	350	4,33	4,30	143,8	125,0
Подарок	4,83	2,87	435	343	4,09	4,40	148,8	120,0

Продолжение табл. 2

Сорт	Урожайность, т/га		Продуктивный стеблестой, шт./м <sup>2</sup>		Зимостойкость, балл		Высота растений, см	
	2020	2021	2020	2021	2020	2021	2020	2021
Зилант	5,48	3,34	543	485	4,37	4,40	155,0	118,8
КВС Авиатор	6,44	3,40	—*	—*	3,90	3,90	156,7	120,5
КВС Проммо	6,17	3,50	—*	—*	3,77	4,00	158,3	126,5
Среднее	5,70	3,10	518	418	4,20	4,23	156,7	131,7
НСР <sub>05</sub>	0,36	0,29	61	51	0,28	0,26	7,2	6,3

Примечание. \*Норма высевы гибридов составляла 3 млн всхожих зерен/га.

Современному сельскохозяйственному производству нужны сорта не только с высоким потенциалом урожайности, но и хорошо приспособленные к местным условиям, способные переносить экстремальные условия выращивания. Доказано, что на урожайность в благоприятные годы в большей степени влияет масса зерна с колоса и масса 1000 зерен, а в неблагоприятные по перезимовке годы – преимущественно регенерационная способность сорта (Прянишников и Свистунов, 2011). Уровень зимостойкости в среднем по сортам практически не различался в годы исследований, популяционные сорта превосходили гибриды по этому показателю. В 2020 г. (благоприятному по увлажнению) средняя высота растений составила 156,7 см с амплитудой варьирования от 170 см (сорт Радонь) до 143,8 см (сорт Подарок). В засушливом 2021 г. средняя высота растений была на 25 см короче. Популяционные сорта Огонек, Подарок, Зилант и гибриды немецкой селекции были достоверно ниже стандарта (табл. 2).

Натурная масса принадлежит к важным физическим характеристикам зерна, в соответствии с которой рожь подразделяют на классы

(ГОСТ 16990-2017). К первому классу относят зерно с натурой 700 г/л и выше, ко второму классу – от 680 до 700 г/л.

В 2020 г. масса 1000 зерен испытываемых сортов варьировала от 28,1 г (Зилант) до 33,4 г (КВС Проммо). В 2021 г. этот показатель существенно снизился у популяционных сортов, более крупное зерно можно было наблюдать у сорта Огонек (23,5 г). Гибридные сорта также имели меньшую массу 1000 зерен, но при этом сформировали среднюю крупность: 27,5 г (КВС Авиатор) и 23,7 г (КВС Проммо) (табл. 3).

В 2020 г. только три сорта имели натурную массу, соответствующую 1 классу (Огонек, Подарок и КВС Проммо), тогда как в засушливом 2021 г., как у популяционных сортов, так и у гибридов ржи, практически все изученные сорта (за исключением стандарта) показали натуру свыше 700 г/л. Среди популяционных сортов лучший показатель отмечен у сорта Огонек, а среди гибридов – у КВС Проммо (табл. 3). При этом в 2021 г., несмотря на формирование высоконатурного зерна, наблюдалась значительная вариация показателя выравнивания зерна (34,1–84,3 %).

Таблица 3. Технологические качества зерна сортов озимой ржи, 2020–2021 гг.  
Table 3. Technological grain qualities of the winter rye varieties, 2020–2021

Сорт	Масса 1000 зерен, г		Натура зерна, г/л		Выравнивание зерна, сумма 2,0+2,2, %		ЧП, с		Высота амилограммы, е.а.		Температура пика клейстеризации, °С	
	2020	2021	2020	2021	2020	2021	2020	2021	2020	2021	2020	2021
Тантана, стандарт	31,4	21,3	699	689	94,9	57,6	198	298	335	990	70,8	76,5
Эстафета Татарстана	30,3	20,9	691	702	94,4	55,8	197	268	310	700	73,8	77,1
Радонь	31,0	21,8	696	708	96,0	66,3	240	275	380	830	74,1	78,6
Огонек	32,2	23,5	706	718	96,0	22,6	263	294	405	930	71,4	77,7
Подарок	28,9	18,9	704	709	91,4	34,1	238	277	325	690	73,2	78,0
Зилант	28,1	20,0	683	702	90,1	48,5	215	280	360	890	72,0	76,5
КВС Авиатор	30,5	27,5	696	709	89,4	84,3	327	288	620	960	76,8	78,0
КВС Проммо	33,4	23,7	732	711	96,9	71,5	312	292	790	1290	75,9	83,7
Среднее	30,7	22,2	701	706	93,6	61,3	249	284	441	910	73,5	78,3

В 2020 г. пригодными для выпечки в чистом виде оказались популяционные сорта Радонь, Огонек, Зилант. При показателях ЧП (197–238 с) сорта Эстафета Татарстана, Тантана, Подарок не смогли достичь высоты амилограммы свыше 350 е.а. (310–335 е.а.), и являются пригодны-

ми для выпечки с добавлением кислот или муки из зерна ржи-улучшителя.

Условия 2021 г. оказались благоприятными для формирования высоких хлебопекарных показателей зерна озимой ржи. В условиях недостаточного увлажнения все

популяционные сорта и гибриды сформировали высокие показатели содержания белка (в среднем 13,96 %), числа падения – более 200 с, высоты амилограммы – свыше 600 единиц прибора. В чистом виде мякиш хлеба из такого зерна будет сухим и растрескивающимся, зерно с данными характеристиками является улучшителем для муки из проросшего зерна.

Наши исследования показали, что в более засушливый год в зерне ржи формируется большее содержание жира, золы, клетчатки, при этом содержание крахмала несколько уменьшается

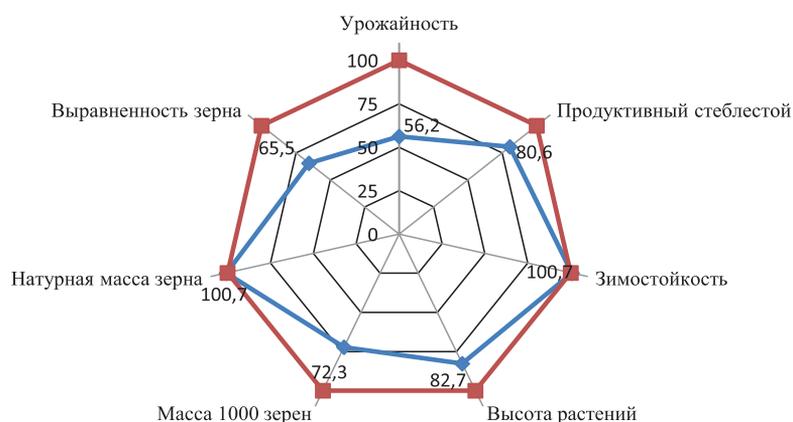
(табл. 4). Наибольшим содержанием белка в 2021 г. выделились сорта Тантана и Подарок, а также гибриды КВС Авиатор и КВС Проммо. Высоким содержанием жира в засушливый год и в среднем за 2 года характеризовались сорта Тантана и Эстафета Татарстана, а минимальные значения зафиксированы у КВС Авиатор. Наибольшим содержанием клетчатки за годы изучения характеризовались сорта Радонь и Эстафета Татарстана, а наименьшим – гибрид КВС Авиатор. По содержанию крахмала выделены сорт Огонек и гибрид КВС Проммо, которые превосходят стандартный сорт Тантана по этому показателю.

**Таблица 4. Биохимический состав зерна озимой ржи, % на сухое вещество, 2021–2022 гг.**  
**Table 4. Biochemical composition of the winter rye grain, % of dry matter, 2021–2022**

Сорт	Белок		Жир		Зола		Клетчатка		Крахмал	
	2020	2021	2020	2021	2020	2021	2020	2021	2020	2021
Тантана, стандарт	11,58	14,77	1,84	1,83	1,66	1,97	2,08	2,82	58,80	52,77
Эстафета Татарстана	12,26	13,67	1,84	1,96	1,86	1,96	2,31	2,89	56,12	54,70
Радонь	12,46	13,25	1,68	1,90	1,80	2,00	2,33	2,92	56,32	54,57
Огонек	11,59	13,36	1,65	1,84	1,61	1,82	2,09	2,75	59,12	56,52
Подарок	12,07	14,51	1,60	1,87	1,80	1,99	2,24	2,87	56,49	53,32
Зилант	12,10	13,27	1,62	1,88	1,86	1,93	2,12	2,82	55,77	54,40
КВС Авиатор	11,18	14,58	1,27	1,66	1,78	1,70	2,32	2,05	55,68	57,73
КВС Проммо	9,19	14,25	1,68	1,61	1,77	1,82	2,56	2,38	58,63	55,82
Среднее значение	11,55	13,96	1,65	1,82	1,76	1,89	2,26	2,69	57,11	54,98

Если принять благоприятный год за точку отсчета, то в среднем по изученным сортам и гибридам ржи вызванное засухой снижение урожайности зерна составило 44 %, а количество колосьев на 1 м<sup>2</sup> уменьшилось на 19,4 % (рис. 1). Из технологических показателей в наи-

большей степени уменьшились выравненность зерна (на 34,5 %) и масса 1000 зерен (на 27,7 %), а натурная масса даже незначительно увеличилась (на 0,7 %). Эти данные согласуются с исследованиями Kottmann et al. (2016).

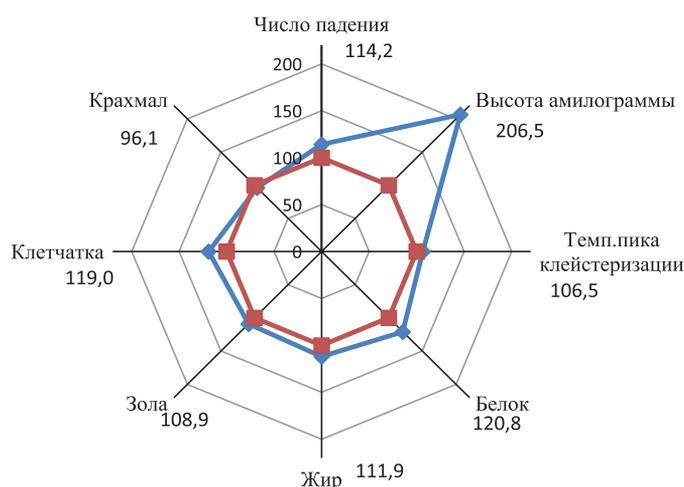


**Рис. 1.** Влияние засухи на хозяйственно-биологические и технологические показатели озимой ржи, % (синей линией показаны значения по каждому показателю, выраженные в процентах, в 2021 г. (засушливом) по сравнению с 2020 г. (красная линия)).

**Fig. 1.** The effect of drought on economic, biological, and technological indicators of winter rye, % (A blue line shows percentage for each indicator in 2021 (an arid year) compared to 2020 (a red line))

Установлено, что биохимические и хлебопекарные показатели зерна заметно улучшились в 2021 г. по сравнению с 2020 г., за исключением содержания крахмала. Высота амилограммы повысилась в 2 раза. Число падения сортов

озимой ржи увеличилось на 14,2 %, клетчатки – на 19 %, золы – на 8,9 %, жира – на 11,9 %, белка – на 20,8 %, температура достижения пика клейстеризации – на 6,5 % (рис. 2).



**Рис. 2.** Влияние засухи на биохимические и хлебопекарные показатели озимой ржи, %  
**Fig. 2.** The effect of drought on the biochemical and baking parameters of winter rye, %  
 (A blue line shows percentage for each indicator in 2021 (an arid year) compared to 2020 (a red line))

**Выводы.** Таким образом, исследования, проведенные в контрастные по влагообеспеченности годы, показали, что у сортов и гибридов озимой ржи недостаточное увлажнение вызывает снижение урожайности, массы 1000 зерен и не влияет на натурную массу зерна. Обратная картина выявляется по хлебопекарным и технологическим качествам. В засушливый год наблюдалось повышение таких показателей, как содержание белка, высота амилограммы, число падения и уменьшение содержания крахмала в зерне.

Установлено, что наибольшую урожайность при недостаточном увлажнении по сравнению со стандартом Тантана имели сорт Зилант (3,34 т/га) и гибрид КВС Проммо (3,5 т/га), а наилучшими технологическими качествами (масса 1000 зерен, натура и выравненность зерна) характеризовались сорт Огонек и гибрид КВС Авиатор. Все изученные сорта и гибриды ржи при недостатке влаги в весенне-летний пери-

од вегетации сформировали высокое содержание белка (в среднем 13,96 %) и по нормируемым показателям (число падения, высота амилограммы) соответствовали первому классу по ГОСТ 16990-2017.

Среди сортов-популяций наименьшие потери урожайности от засухи имели сорта Зилант, Подарок и Тантана (39–40 %), а среди гибридов – КВС Проммо (43 %). Преимущества гибридов по урожайности зерна при хорошей обеспеченности весенне-летней вегетации составляли 14 %, при недостатке влаги – 10 %.

Исходя из полученных данных, можно заключить, что именно в засушливые годы предпочтительно заготавливать партии ржи с высокими технологическими качествами и биохимическими свойствами для хлебопекарной отрасли.

Исследования выполнены в рамках Государственного задания ТамНИИСХ ФИЦ КазНЦ РАН (тема № 1220118000138-7).

#### Библиографические ссылки

1. Нуждина Н.Н., Ермолаева Т. Я., Кайргалиев Д. В., Лихолетов Е. А. Урожайность и качество зерна современных сортов озимой ржи // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2018. № 3(51). С. 165–172.
2. Пономарева М. Л., Пономарев С. Н., Маннапова Г. С., Гильмуллина Л. Ф., Илалова Л. В., Вафина Г. С. Новый сорт озимой ржи Зилант с широкой адаптацией // Зерновое хозяйство России. 2021. № 1(73). С. 8–13. DOI: 10.31367/2079-8725-2021-73-1-8-13.
3. Прянишников А. И., Свистунов Ю. С. Изменчивость структуры урожая озимой ржи в связи с условиями вегетации // Вестник Саратовского госагроуниверситета им. Н. И. Вавилова. 2011. № 4. С. 20–22.
4. Шаболкина Е. Н., Бишарев А. А., Пронович Л. В. Перспективы селекции озимой ржи в степном Заволжье на продуктивность и качество зерна // Зерновое хозяйство России. 2017. № 1. С. 51–55.
5. Czyczyło-Mysza I., Myśków B. Analysis of the impact of drought on selected morphological, biochemical and physiological traits of rye inbred lines // Acta Physiologiae Plantarum. 2017. Vol. 39, № 3. P. 1–8. DOI: 10.1007/s11738-017-2385-x.
6. Kottmann L., Wilde P., Schittenhelm S. How do timing, duration, and intensity of drought stress affect the agronomic performance of winter rye? // European Journal of Agronomy. 2016. Vol. 75. P. 25–32. DOI: 10.1016/j.eja.2015.12.010.

#### References

1. Nuzhdina N. N., Ermolaeva T. Ya., Kairgaliev D. V., Likholetoev E. A. Urozhainost' i kachestvo zerna sovremennykh sortov ozimoi rzhi [Productivity and grain quality of winter rye modern varieties] // Izvestiya Nizhnevolszhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: nauka i vysshee professional'noe obrazovanie. 2018. № 3(51). S. 165–172.

2. Ponomareva M. L., Ponomarev S. N., Mannapova G. S., Gil'mullina L. F., Ilalova L. V., Vafina G. S. Novyi sort ozimoi rzhi Zilant s shirokoi adaptatsiei [The new winter rye variety 'Zilant' with wide adaptation] // Zernovoe khozyaistvo Rossii. 2021. № 1(73). S. 8–13. DOI: 10.31367/2079-8725-2021-73-1-8-13.
3. Pryanishnikov A. I., Svistunov Yu. S. Izmenchivost' struktury urozhaya ozimoi rzhi v svyazi s usloviyami vegetatsii [Variability of winter rye yield structure due to vegetation conditions] // Vestnik Saratovskogo gosagrouniversiteta im. N. I. Vavilova. 2011. № 4. S. 20–22.
4. Shabolkina E. N., Bisharev A. A., Pronovich L. V. Perspektivy selektsii ozimoi rzhi v stepnom Zavolzh'e na produktivnost' i kachestvo zerna [Prospects for winter rye breeding in the steppe Trans-Volga region for productivity and grain quality] // Zernovoe khozyaistvo Rossii. 2017. № 1. S. 51–55.
5. Czyczyło-Mysza I., Myśków B. Analysis of the impact of drought on selected morphological, biochemical and physiological traits of rye inbred lines // Acta Physiologiae Plantarum. 2017. Vol. 39, № 3. P. 1–8. DOI: 10.1007/s11738-017-2385-x.
6. Kottmann L., Wilde P., Schittenhelm S. How do timing, duration, and intensity of drought stress affect the agronomic performance of winter rye? // European Journal of Agronomy. 2016. Vol. 75. P. 25–32. DOI: 10.1016/j.eja.2015.12.010.

Поступила: 22.08.22; доработана после рецензирования: 14.09.22; принята к публикации: 15.09.22.

**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:** Сайфутдинова Д. Д. – анализ литературных данных, проведение экспериментов, написание текста статьи; Пономарева М. Л. – общее научное руководство, формирование методологии исследования и редактирование статьи; Илалова Л. В. – полевые опыты и сбор данных.

**Все авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.**

## СОРТ ЯРОВОГО ЯЧМЕНЯ АЗИМУТ

**Е. Г. Филиппов**, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, заведующий отделом селекции и семеноводства ячменя, filipov.vniizk@mail.ru, ORCID ID: 0000-0002-5916-3926;  
**А. А. Донцова**, кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник отдела селекции и семеноводства ячменя, doncova601@mail.ru, ORCID ID: 0000-0002-6570-4303;  
**Д. П. Донцов**, кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник отдела селекции и семеноводства ячменя, ORCID ID: 0000-0001-9253-3864;  
**Э. С. Дорошенко**, кандидат сельскохозяйственных наук, научный сотрудник лаборатории селекции и семеноводства озимого ячменя, ORCID ID: 0000-0002-0787-9754;  
**Р. Н. Брагин**, аспирант, braginroman40@yandex.ru, ORCID ID: 0000-0002-4617-751X;  
**И. М. Засыпкина**, аспирант, irinka\_kolosok92@mail.ru, ORCID ID: 0000-0002-1281-5317  
ФГБНУ «Аграрный научный центр «Донской»,  
347740, Ростовская обл., г. Зерноград, Научный городок, 3; e-mail: vniizk30@yandex.ru

Увеличение производства фуражного зерна – это важное звено в продовольственной безопасности России. Немалые возможности для разрешения этой проблемы заключаются в возделывании новых отечественных сортов ячменя. Селекционные работы в данном направлении ведутся длительное время на Дону в ФГБНУ «АНЦ «Донской» (отдел селекции и семеноводства озимого и ярового ячменя). Цель исследований – выведение нового сорта ярового ячменя для регионов с высокими проявлениями аридности климата, который обладает достаточно высокой урожайностью и стабильностью ее в различные годы. Результатом выполнения селекционной программы 0706-2019-0002 явилось создание сорта ярового ячменя Азимут универсального использования, то есть на фуражные, крупные и пивоваренные цели. В статье описана морфология растений и основные биологические и ценные хозяйственные признаки нового сорта ярового ячменя Азимут, который внесен в Госреестр селекционных достижений России с 2022 года. Обнаружена замечательная особенность данного сорта – скороспелость (созревает в среднем за 3 контрастных года (2017–2019) раньше стандартного сорта Ратник на 4 дня и лучшего сорта Формат на 2 дня), что в современных климатических условиях является крайне важным показателем. Выяснено, что в среднем за эти годы новый сорт сформировал урожайность 5,7 т/га и массу 1000 зерен 52,0 г, превысив стандарт на 0,8 т/га и 6,5 г соответственно, а также лучший сорт Формат на 0,2 т/га и 3,8 г соответственно. Установлено, что сорт Азимут обладает определенным важным набором биологически полезных и хозяйственно ценных свойств и признаков.

**Ключевые слова:** яровой ячмень, сорт, селекция, стабильность, урожайность.

**Для цитирования:** 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. Т. 14, № 5. С. 91–97. DOI: 10.31367/2079-8725-2022-82-5-91-97.



## SPRING BARLEY VARIETY 'AZIMUT'

**E. G. Filippov**, Candidate of Agricultural Sciences, docent, head of the department of winter and spring barley breeding and seed production, ORCID ID: 0000-0002-5916-3926;  
**A. A. Dontsova**, Candidate of Agricultural Sciences, leading researcher of the laboratory for winter barley breeding and seed production, doncova601@mail.ru, ORCID ID: 0000-0002-6570-4303;  
**D. P. Dontsov**, Candidate of Agricultural Sciences, senior researcher of the laboratory for spring barley breeding and seed production, ORCID ID: 0000-0001-9253-3864;  
**E. S. Doroshenko**, Candidate of Agricultural Sciences, researcher of the laboratory for spring barley breeding and seed production, ORCID ID: 0000-0002-0787-9754;  
**R. N. Bragin**, post-graduate, braginroman40@yandex.ru, ORCID ID: 0000-0002-4617-751X;  
**I. M. Zasypkina**, post-graduate, irinka\_kolosok92@mail.ru, ORCID ID: 0000-0002-1281-5317  
FSBSI "Agricultural Research Center "Donskoy",  
347740, Rostov region, Zernograd, Nauchny Gorodok, 3; e-mail: vniizk30@yandex.ru

Improvement of feed grain production is an important link in Russia's food security. Considerable opportunities for solving this problem lie in the cultivation of new domestic varieties of barley. Breeding work in this direction has been carried out for a long time in the Don area by the FSBSI "ARC "Donskoy" (Department of winter and spring barley breeding and seed production). The purpose of the study was to breed a new spring barley variety for regions with high signs of aridity, which has fairly large productivity and its stability in different years. The result of the breeding program 0706-2019-0002 was the development of the spring barley variety 'Azimut' of universal use, i.e. for feed, groats and for brewing purposes. The paper has described the morphology of plants and the main biological and valuable economic traits of the new spring barley variety 'Azimut', which has been included in the State List of Breeding Achievements of Russia since 2022. There has been found that a remarkable feature of this variety is early maturity (through three contrast years (2017–2019) it ripened on average earlier than the standard variety 'Ratnik' on 4 days and the best variety 'Format' on 2 days), which is an extremely important indicator in modern climatic conditions. There was found that, on average, over the years, the new variety produced 5.7 t/ha and 52.0 g of 1000-grain weight, exceeding the standard on 0.8 t/ha and 6.5 g, as well as the best variety 'Format' on 0.2 t/ha and 3.8 g, respectively. It has been established that the variety 'Azimut' has a certain important set of biologically useful and economically valuable properties and traits.

**Keywords:** spring barley, variety, breeding, stability, productivity.

**Введение.** Главенствующими сельскохозяйственными культурами в настоящее время в России и мире являются пшеница и ячмень, которые вкупе с кукурузой и рисом составляют основной набор питания человека в мире (Pankin and von Korff M, 2017).

Получение высоких и стабильных сортов зерновых культур достаточно хороших, качественных кондиций позволяет создать не только стратегические запасы зерна, но и постоянно увеличивать экспорт данной продукции на мировой рынок (Лобунский и Соловьева, 2021; Левакова и Костаньянц, 2022).

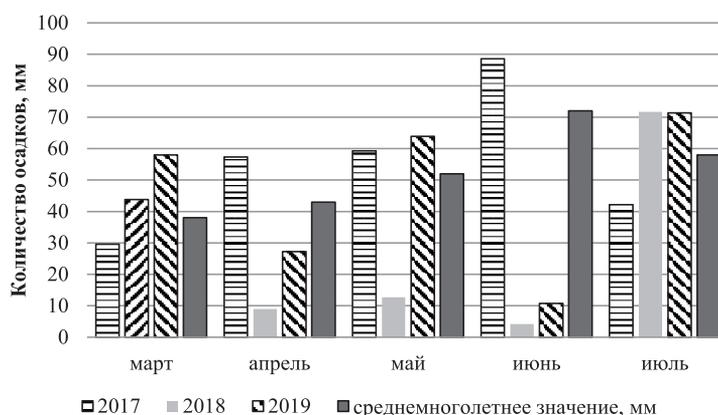
Однако рост производства фуражного зерна в дальнейшем и повышение его качественных показателей во многом зависит от селекции, то есть выведения и внедрения в сельскохозяйственное производство новейших сортов, способных в современных условиях усиления континентальности климата давать достаточно стабильные и высокие урожаи (Носков и др., 2022; Rapacz et al., 2012). В процессе селекции в ФГБНУ «АНЦ «Донской» со временем повышается потенциал продуктивности у новых сортов ярового ячменя, который в производственных условиях может достигнуть 6 и более т/га (Wiegmann et al., 2018). В связи с вышеизложенным, целью настоящих исследований было выведение нового сорта ярового ячменя для регионов с высокими проявлениями аридности климата, обладающего достаточно высокой урожайностью и постоянством ее в разные по климатическим условиям годы.

Материалы и методы исследований. Исследования по созданию нового сорта производились на полях селекционного севооб-

рота в ФГБНУ «АНЦ «Донской». Почвы представлены в основном черноземом (обыкновенным), гумус – 3,0–3,5 %, подвижный фосфор – 15–20, калий обменный – 300–500. Метод, применяемый при выведении сорта – внутривидовая половая гибридизация сортов ярового ячменя с целенаправленным отбором индивидуальных растений с искомыми признаками. Для посева в испытании использовали специальную селекционную порционную сеялку Winterstaiger Plotseed. Количество повторений – 6, учетная площадь – 10 м<sup>2</sup>, норма высева – 5 млн всхожих зерен на 1 га. Предшествующая в посеве культура – подсолнечник. Стандарт – сорт Ратник. Методика государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур (2019) использовалась для соответствующих наблюдений, учетов и оценки сравниваемых сортов. По методике Б. А. Доспехова (2014) производили анализ и математическую обработку полученных результатов экспериментов.

Оценку экологической пластичности и стабильности выполняли согласно методике S. A. Eberhart, W. A. Russell в редакции В. А. Зыкина (2005). Показатели стрессоустойчивости  $(Y_{\min} - Y_{\max})$  и генетической гибкости  $((Y_{\max} + Y_{\min})/2)$  рассчитаны по уравнениям А. А. Rosielle, J. Hamblin в изложении А. А. Гончаренко. Показатель уровня стабильности сорта (ПУСС) – по уравнению Э. Д. Неттевича.

Погодные условия во время исследований были нестабильны в вегетационный период ярового ячменя, и это позволило достаточно объективно произвести анализ изучаемых сортов по показателям урожайности и ее структурных компонентов (рис. 1, 2).



**Рис. 1.** Среднемесячное количество осадков за период вегетации, мм (2017–2019 с.-х. гг.)  
**Fig. 1.** Average monthly precipitations during a vegetation period, mm (2017–2019)

В 2017 г. в период весенней вегетации отмечено достаточно большое количество атмосферных осадков на фоне среднееголетних данных температурного режима, что позволило получить достаточно высокую урожайность.

В 2018 г. весна характеризуется пониженным температурным режимом и недоста-

точным количеством атмосферных осадков. Однако осадки в последующем положительно повлияли на показатели урожайности.

Для 2019 г. важным оказались иррегулярное выпадение атмосферных осадков в весенне-летний период, что в значительной мере отразилось на крупности зерна и более низкой, чем в предыдущие годы, урожайности.

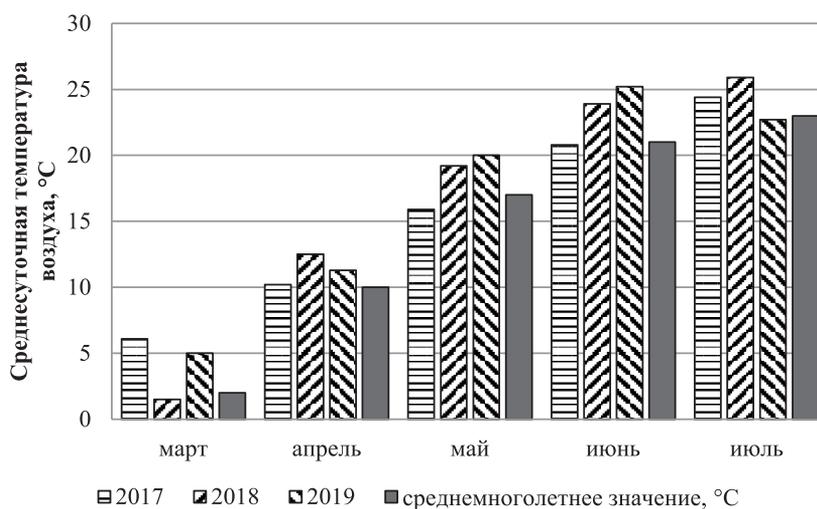


Рис. 2. Среднемесячная температура воздуха за период вегетации, °С (за 2017–2019 с.-х. гг.)  
 Fig. 2. Average monthly air temperature during a vegetation period, °C (2017–2019)

Влажность воздуха как элемент погоды имеет существенное значение для жизни сельскохозяйственных растений. Основная роль этого элемента заключается в его влиянии на процесс испарения с почвы и растений и на изме-

нение водного баланса в клетках растительных тканей. В 2017 г. влажность воздуха была на уровне среднеемноголетних данных, а в 2018 и 2019 гг. за июнь наблюдалось снижение влажности воздуха до 38–44 % (рис. 3).

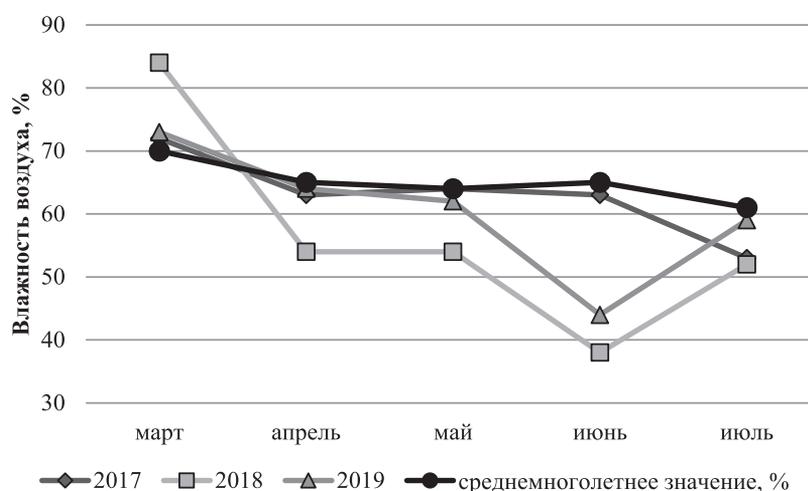


Рис. 3. Среднемесячная влажность воздуха, % (за 2017–2019 с.-х. гг.)  
 Fig. 3. Average monthly air humidity, % (2017–2019)

**Результаты и их обсуждение.** Неоднородность почвенно-климатических условий Южного Федерального округа, а также участвовавшие засухи в разные фенологические фазы ячменя вызывают трудности в получении стабильной и достаточно высокой урожайности, а это требует создания новых сортов, более приспособленных к погодным стресс-факторам. Одним из таких сортов является новый сорт ярового ячменя Азимут.

Важную роль в селекционной работе при создании новых сортов с заданными параметрами играет правильный подбор исходных форм и сортов, ценность которых определяется не только наличием положительных качеств, но и, главное, способностью передавать их по-

томству. При создании сорта Азимут был использован метод половой (внутривидовой) ступенчатой гибридизации специально подобранных родительских компонентов скрещиваний:

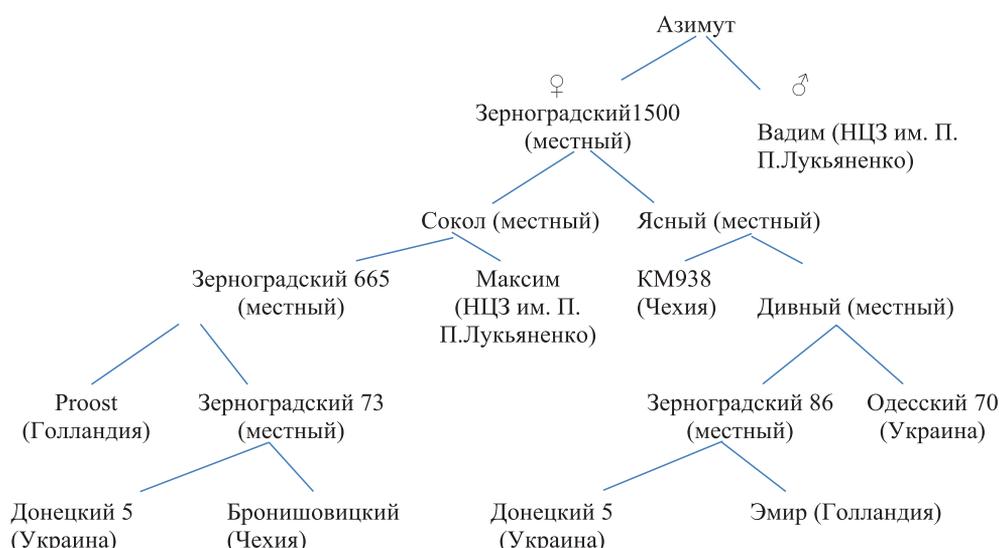
♀ (материнская форма) – Зерноградский 1500 (ФГБНУ «АНЦ «Донской», г. Зерноград, Ростовская обл., РФ),

♂ (отцовская форма) – Вадим (ФГБНУ НЦЗ им П. П. Лукьяненко, г. Краснодар, РФ).

От материнской формы новый сорт унаследовал габитус и окраску растений, скороспелость и крупность зерна, от отцовской – устойчивость к полеганию и болезням.

Необходимо отметить, что при создании нового сорта были использованы лучшие сорта отечественной (Сокол, Ясный, Зерноградский 73,

Зерноградский 86, Вадим) и иностранной селекции (Донецкий 5, Одесский 70 (Украина), Гонар (Беларусь), Эмир, Proost (Голландия), КМ – 938, Бронишовицкий (Чехия) (рис. 4).



**Рис. 4.** Генеалогия сорта ярового ячменя Азимут  
**Fig. 4.** Genealogy of the spring barley variety 'Azimut'

Сорт Азимут внесен в Государственный реестр охраняемых селекционных достижений РФ с 2022 года по Нижневолжскому региону.

Морфологические признаки сорта Азимут:

- форма куста – прямостоячий
- стебель – толщина средняя, прочная, выполненность соломины – полая
- лист (окраска) – зеленая
- окраска стеблевых узлов – зеленая
- ушки (форма, окраска) – серповидные, зеленые
- язычок – обыкновенный, длинный
- колос (в период полной спелости) – двурядный:
  - форма – цилиндрическая,
  - окраска – соломенно-желтая,
  - длина – средняя,
  - плотность – средняя;
- колосковая чешуя – короче зерновки:
- размер и форма – узкая, ширина менее 1 мм;
- переход цветочной чешуи в ость – постепенный;

- нервация цветочных чешуй и зубчики на нервах цветочной чешуи – отсутствует
- ости – параллельные и длиннее колоса, зазубренные, соломенно-желтые
- зерновка – крупная, основание зерна голое, форма полуокруглая, соломенно-желтая окраска
- щетинка у основания зерновки волосистая, тип опушения – длинное
- разновидность – nutans

Уже при изучении новых сортов, начиная с  $F_5$ , материал оценивается при полевой браковке по основным слагаемым урожайности (число продуктивных стеблей на единице площади, масса 1000 зерен, озерненность колоса, масса колоса), так как эти признаки и формируют ее. Результатом такой кропотливой работы было создание нового сорта ярового ячменя Азимут.

Новый сорт показал достоверную прибавку по урожайности в сравнении с сортом Ратник (стандарт) в контрастные по погодным условиям годы (рис. 1, 2, 3), и главное, в годы с экстремальным проявлением различных типов засух (воздушная и почвенная) (табл. 1).

**Таблица 1.** Показатели урожайности и ее компонентов нового сорта ярового ячменя Азимут в сравнении со стандартом Ратник и лучшим сортом Формат (2017–2019 гг.)  
**Table 1.** Indicators of productivity and its components of the new spring barley variety 'Azimut' in comparison with the standard one 'Ratnik' and the best variety 'Format' (2017–2019)

№ п/п	Показатель	Ед. измерения	Сорт Азимут				Стандарт Ратник			
			2017 г.	2018 г.	2019 г.	ср.	2017 г.	2018 г.	2019 г.	ср.
1	Урожайность	т/га	7,5	4,3	5,3	5,7	6,4	3,7	4,6	4,9
	(тоже лучшего сорта Формат)		7,3	4,0	5,2	5,5	–	–	–	–
	$HCP_{05}$		0,2	0,1	0,2	–	–	–	–	–
2	Масса 1000 зерен	г	55,2	51,5	49,3	52,0	49,7	45,7	41,3	45,5
	(тоже лучшего сорта Формат)		51,7	45,5	47,3	48,2	–	–	–	–
3	Количество зерен в колосе	шт.	18,2	19,0	21,8	19,7	17,5	15,2	20,2	17,6
	(тоже лучшего сорта Формат)		17,7	18,6	20,5	18,9	–	–	–	–
4	Число продуктивных стеблей на 1 м <sup>2</sup>	шт.	682	504	506	564	624	482	477	528
	(тоже лучшего сорта Формат)		632	524	529	561	–	–	–	–

Новый сорт формировал урожайность выше стандарта за счет более крупного зерна. В среднем за 3 года масса 1000 зерен составила 52,0 г (+6,5 г к стандарту); озерненность колоса – 19,7 шт. зерен (+2,1 шт. к ст.); число продуктивных стеблей на м<sup>2</sup> – 564 шт. (+36 шт. к ст.).

Новый сорт относится к группе среднеранних сортов, длина периода от всходов до хозяйственной спелости составила в среднем 90 дней, фазы колошения и созревания наступают на 3–6 дней ранее стандарта.

Преимущество по урожайности сорта Азимут в производственных условиях Нижневолжского региона показано в таблицах 2 и 3.

**Таблица 2. Урожайность сортов ячменя в экологических испытаниях КНИИСХ им. Нармаева, г. Элиста, Калмыкия, 2020 г.**  
**Table 2. Productivity of barley varieties in the environmental trials of the KRIA named after Narmaev, Elista, Kalmykia, 2020**

Название сорта	Урожайность	
	т/га	± к ст.
Ратник, ст.	3,16	–
Азимут	3,48	+0,32

**Таблица 3. Результаты изучения сортов ярового ячменя в экологических испытаниях Волгоградской области, 2021 г.**  
**Table 3. Study results of the spring barley varieties in the environmental trials of the Volgograd region, 2021**

Название сорта	Урожайность, т/га	
	т/га	± к ст.
Камышинский район		
Ратник, ст.	2,4	–
Азимут	3,2	+0,8
Городищенский район		
Ратник, ст.	2,6	–
Азимут	3,3	+0,7

Анализ данных за 2017–2019 гг. выявил, что по показателям экологической пластичности и стабильности сорт Азимут более отзывчив на изменение условий выращивания ( $b_i = 1,15$ ) по сравнению со стандартным сортом Ратник. Коэффициент вариации данного сорта соста-

вил 40,6 %, что в основном обусловлено сильным варьированием показателей природной среды за годы исследований. По показателю уровня стабильности сорт Азимут отмечался как более стабильный по отношению к стандарту (ПУСС = 132,2 %) (табл. 4).

**Таблица 4. Показатели экологической пластичности и стабильности нового сорта Азимут в сравнении со стандартом, 2017–2019 гг.**  
**Table 4. Indicators of environmental adaptability and stability of the new variety 'Azimut' in comparison with the standard one, 2017–2019**

Название сорта	Средняя урожайность за год, т/га			$Y_i^*$	$V^*$	ПУСС*	$b_i^*$	$\sigma^2d^*$
	2017	2018	2019					
Ратник ст.	6,4	3,7	4,6	4,9	39,7	100	0,96	3,7
Азимут	7,5	4,3	5,3	5,7	40,6	132,2	1,15	5,3
$I_j^*$	1,6	-1,1	-0,5					

Примечание.  $Y_i$  – средняя урожайность за годы исследований;

$I_j$  – индекс условий среды (характеризует изменчивость условий, в которых выращивали сорта в данном опыте);

$V$  – коэффициент вариации (показывает степень изменчивости по отношению к средней урожайности);

ПУСС – показатель уровня стабильности сорта (показывает стабильность сорта по отношению к стандарту);

$b_i$  – коэффициент линейной регрессии (отражает изменчивость сорта с учетом улучшений условий выращивания);

$\sigma^2d$  – среднеквадратическое отклонение (отображает стабильность сорта в представленных условиях среды).

Значения перечисленных показателей экологической пластичности и стабильности сорта Азимут по отношению к стандарту показали его высокую агроэкологическую адаптивность и ценность как отзывчивого сорта на улучшенные условия выращивания.

**Выводы.** Результатом длительной целенаправленной селекционной работы явилось создание для регионов с высоким проявлением засух нового сорта ярового ячменя Азимут.

Сорт Азимут внесен в Государственный реестр охраняемых селекционных достижений РФ по 8 региону (Нижевожский регион).

Новый сорт обладает высокими показателями стабильности, устойчивости и адаптивности и способен при внедрении в сельхозпроизводство значительно увеличить и стабилизировать сбор фуражного зерна с единицы площади в регионах допуска.

#### Библиографические ссылки

1. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). М.: Альянс, 2014. 352 с.
2. Зыкин В. А., Белан И. А., Юсов В. С. Методика расчета и оценки параметров экологической пластичности сельскохозяйственных растений. Уфа: БашГАУ, 2005. 100 с.
3. Левакова О. В., Костаньянц М. И. Галатея – новый сорт озимой мягкой пшеницы для Центрального региона России // Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2022. № 23(1). С. 36–43. DOI: 10.30766/2072-9081.2022.23.1.36-43.
4. Лобунский М. С. Соловьева А. А. Роль России на рынке зерновых в регионе Большого Средиземноморья // Финансовые рынки и банки. 2021. № 6. С. 81–84.
5. Методика государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур. М., 2019. Вып. 2. 250 с.
6. Носков А. Н., Батакова О. Б., Корелина В. А. Сравнительная оценка гибридных форм ярового ячменя по урожайности и адаптивным свойствам в условиях Северного региона РФ // Земледелие. 2022. № 1. С. 35–38. DOI: 10.24412/0044-3913-2022-1-35-39.
7. Ebeahart S. A. Russell W. A. Stability parameters for comparing varieties // Crop Sci. 1966. Vol. 6, № 1. P. 36–40.
8. Pankin A., von Korff M. Co-evolution of methods and thoughts in cereal domestication studies: a tale of barley (*Hordeum vulgare*). Current Opinion in Plant Biology. 2017. Vol. 36. P. 15–21. DOI 10.1016/j.pbi.2016.12.001.
9. Rapacz M., Stepień A., Skorupa K. Internal Standards for quantitative rt-pcr studies of gene expression under drought Treatment in Barley (*hordeum vulgare* L.): the Effects of developmental Stage and Leaf Age // Acta Physiologiae Plantarum. 2012. Vol. 5(64). P. 1723–1733. DOI:10.1007/s11738-012-0967-1.
10. Wiegmann M., Pillen K., Maurer A., Thomas W. T. B., Bull H. J., Flavell A. J., Zeyner A., Peiter E. Wild Barley Serves as a Source for Biofortification of Barley Grains // Plant Science, 2019. Vol. 283. P. 83–94. DOI: 10.1016/j.plantsci.2018.12.030.

#### References

1. 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)]. M.: Al'yans, 2014. 352 s.
2. Zykin V. A., Belan I. A., Yusov V. S. Metodika rascheta i otsenki parametrov eko-logicheskoi plastichnosti sel'skokhozyaistvennykh rastenii [Methodology for calculating and estimating the parameters of ecological adaptability of Agricultural plants]. Ufa: BashGAU, 2005. 100 s.
3. Levakova O. V., Kostan'yants M. I. Galateya – novyi sort ozimoi myagkoi pshenitsy dlya Tsentral'nogo regiona Rossii ['Galateya' is a new winter bread wheat variety for the Central region of Russia] // Agrarnaya nauka Evro-Severo-Vostoka. 2022. № 23(1). S. 36–43. DOI: 10.30766/2072-9081.2022.23.1.36-43.
4. Lobunskii M. S. Solov'eva A. A. Rol' Rossii na rynke zernovykh v regione Bol'shogo Sredizemnomor'ya [The role of Russia in the grain market in the Great Mediterranean region] // Finansovye rynki i banki. 2021. № 6. S. 81–84.
5. Metodika gosudarstvennogo sortoispytaniya sel'skokhozyaistvennykh kul'tur [Methodology of the State Variety Testing of Agricultural crops]. M., 2019. Vyp. 2. 250 s.
6. Noskov A. N., Batakova O. B., Korelina V. A. Sravnitel'naya otsenka gibridnykh form yarovogo yachmenya po urozhainosti i adaptivnym svoistvam v usloviyakh Severnogo re-giona RF [Comparative estimation of spring barley hybrids according to productivity and adaptive properties in the conditions of the Northern region of the Russian Federation] // Zemledelie. 2022. № 1. S. 35–38. DOI: 10.24412/0044-3913-2022-1-35-39.
7. Ebeahart S. A. Russell W.A. Stability parameters for comparing varieties // Crop Sci. 1966. Vol. 6. № 1. P. 36–40.
8. Pankin A., von Korff M. Co-evolution of methods and thoughts in cereal domestication studies: a tale of barley (*Hordeum vulgare*). Current Opinion in Plant Biology. 2017. Vol. 36. P. 15–21. DOI 10.1016/j.pbi.2016.12.001.
9. Rapacz M., Stepień A., Skorupa K. Internal Standards for quantitative rt-pcr studies of gene expression under drought Treatment in Barley (*hordeum vulgare* L.): the Effects of developmental Stage and Leaf Age // Acta Physiologiae Plantarum. 2012. Vol. 5(64). P. 1723–1733. DOI:10.1007/s11738-012-0967-1.

---

10. Wiegmann M., Pillen K., Maurer A., Thomas W. T. B., Bull H. J., Flavell A. J., Zeyner A., Peiter E. Wild Barley Serves as a Source for Biofortification of Barley Grains // *Plant Science*, 2019. Vol. 283. P. 83–94. DOI: 10.1016/j.plantsci.2018.12.030.

Поступила: 12.09.22; доработана после рецензирования: 05.10.22; принята к публикации: 06.10.22.

**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:** Филиппов Е. Г. – концептуализация и проектирование исследования, анализ данных и интерпретация, подготовка рукописи; Донцова А. А. – анализ данных и интерпретация; Донцов Д. П. – выполнение полевых опытов и сбор данных; Дорошенко Э. С. – выполнение полевых опытов и сбор данных; Брагин Р. Н. – выполнение полевых опытов, сбор данных, подготовка рукописи; Засыпкина И. М. – выполнение полевых опытов, сбор данных, подготовка рукописи.

**Все авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.**

## ЗАЩИТА РАСТЕНИЙ

УДК 632.7.04/08:632.92:595.76

DOI: 10.31367/2079-8725-2022-82-5-98-104

### ЗАПАДНЫЙ КУКУРУЗНЫЙ ЖУК DIABROTICA VIRGIFERA VIRGIFERA LECONTE – ОПАСНЫЙ КАРАНТИННЫЙ ВРЕДИТЕЛЬ (ОБЗОР)

**М. В. Пушня**, кандидат биологических наук, старший научный сотрудник,  
mar.pushnya2013@yandex.ru, ORCID ID 0000-0002-7133-9533;

**Е. Г. Снесарева**, младший научный сотрудник, greas23@yandex.ru,  
ORCID ID: 0000-0003-4617-3604;

**И. В. Балахнина**, научный сотрудник, balakhnina@yandex.ru, ORCID ID: 0000-0002-2326-221X;

**А. В. Пономарев**, кандидат технических наук, старший научный сотрудник,  
artemponomarev1989@mail.ru, ORCID ID 0000-0003-0514-5797;

**Я. С. Ермаков**, младший научный сотрудник, qutra666@gmail.com, ORCID ID 0000-0002-5924-7222  
Федеральное государственное бюджетное научное учреждение  
«Федеральный научный центр биологической защиты растений»,  
350039, Россия, г. Краснодар, п/о 39, ВНИИБЗР; e-mail: vniibzr@mail.ru

Кукуруза (*Zéa máys*) – одна из основных зерновых культур в мире, в том числе и в России. Один из ее опаснейших вредителей – западный кукурузный жук *Diabrotica virgifera virgifera* LeConte, 1858 (western corn rootworm (wcr)), который является инвазивным видом во многих странах. Поэтому наиболее важной задачей исследователей, занимающихся прогнозом фитофагов и разработкой защиты растений, является предупреждение его появления в России, что включает в себя постоянный мониторинг и карантинные мероприятия. Настоящее исследование проводили с целью изучения литературных источников, раскрывающих особенности биологии, распространенности в мире кукурузного жука, и определения эффективных приемов борьбы с ним, в том числе методов биологического контроля. Установлено, что за последние 30 лет вредитель распространился практически по всей Европе, а с 2011 г. регистрировался и в России. В немалой степени способствовали распространению жука растущие глобализация и товарооборот между государствами при отсутствии надлежащих мер контроля, а также высокая потенциальная плодовитость и способность к большим перелетам в стадии имаго. Определено, что значительный ущерб от диабротики объясняется тем, что вредоносны у фитофага почти все стадии развития (имаго и личинки всех возрастов), повреждающие практически все органы растения. Выявлено, что наиболее успешным является прогнозирование численности *D. v. virgifera* с помощью феромонных ловушек, а из мер контроля – применение различных химических средств защиты растений и чередование культур в севооборотах. Показано, что биометод против *D. v. virgifera* практически не используется. Имеющиеся данные позволили сделать вывод о возможности предотвращения распространения вредителя в РФ при строгом соблюдении карантинных мероприятий.

**Ключевые слова:** кукуруза, кукурузный жук, фитофаг, вредоносность, мониторинг, средства защиты кукурузы.

**Для цитирования:** Пушня М. В., Снесарева Е. Г., Балахнина И. В., Пономарев А. В., Ермаков Я. С. Западный кукурузный жук *Diabrotica virgifera virgifera* LeConte – опасный карантинный вредитель (обзор) // Зерновое хозяйство России. 2022. Т. 14, № 5. С. 98–104. DOI: 10.31367/2079-8725-2022-82-5-98-104.



### WESTERN CORN ROOTWORM DIABROTICA VIRGIFERA VIRGIFERA LECONTE – IS A DANGEROUS QUARANTINE PEST (REVIEW)

**M. V. Pushnya**, Candidate of Biological Sciences, senior researcher,  
mar.pushnya2013@yandex.ru, ORCID ID 0000-0002-7133-9533;

**E. G. Snesareva**, junior researcher, greas23@yandex.ru/ ORCID ID: 0000-0003-4617-3604;

**I. V. Balakhnina**, researcher, balakhnina@yandex.ru, ORCID ID: 0000-0002-2326-221X;

**A. V. Ponomarev**, Candidate of Technical Sciences, senior researcher, artemponomarev1989@mail.ru,  
ORCID ID 0000-0003-0514-5797;

**Ya. S. Ermakov**, junior researcher, qutra666@gmail.com, ORCID ID: 0000-0002-5924-7222  
FSBSI “All-Russian Research Institute of Biological Protection of Plants”,  
350039, Russia, Krasnodar Kray, Krasnodar, p/o 39, ARRIPP; e-mail: vniibzr@mail.ru

Maize (*Zéa máys*) is one of the main grain crops in the world, including Russia. One of its most dangerous pests is the western corn rootworm *Diabrotica virgifera virgifera* LeConte, 1858 (western corn rootworm (wcr)), which is an invasive species in many countries. Therefore, the most important task of researchers involved in the prediction of phytophages and the development of plant protection is to prevent its occurrence in Russia, which includes constant monitoring and quarantine measures. The current study was carried out to overview the literature, revealing the cha-

racteristics of biology, the prevalence of the corn rootworm in the world, and to determine effective methods of dealing with it, including methods of biological control. There has been established that over the past 30 years the pest has spread throughout almost all of Europe, and since 2011 it has been registered in Russia. To a large extent, the spread of the rootworm was facilitated by the growing globalization and trade between the countries in the absence of appropriate control measures, as well as high potential fertility and the ability for large flights in the imaginal stage. There has been established that significant damage from diabrotics is explained by the fact that almost all stages of development (imago and larvae of all ages) are harmful in phytophages, damaging almost all organs of the plant. There has been revealed that the most successful is the prediction of the number of *D. v. virgifera* using pheromone traps, and control measures include the use of various chemical plant protection products and crop rotations. There has been shown that the biomethod against *D. v. virgifera* is practically not used. The available data allowed us to conclude that it is possible to prevent the spread of the pest in the Russian Federation with strict observance of quarantine measures.

**Keywords:** maize, corn rootworm, phytophage, harmfulness, monitoring, maize protection means.

**Введение.** Род *Diabrotica* насчитывает более 400 видов (Derunkov and Konstantinov, 2013), из них только семь видов и шесть подвидов считаются сельскохозяйственными вредителями в Америке, а три вида – в Южной Америке: *D. speciose* (Germer) с подвидами *speciosa* и *vigens*, *D. balteata* (LeConte) и *D. viridula* (F.). Род *Diabrotica* делится на три группы видов: *virgifera*, *fucata* и *signifera*. Личинки североамериканских видов в группе *virgifera* питаются исключительно *Poaceae*, хотя круг хозяев наблюдался или тестировался только для нескольких видов. Североамериканские виды вредителей в группе видов *virgifera* откладывают диапаузирующие яйца, что позволяет им перезимовать в умеренном климате или пережить засушливые сезоны в субтропиках.

В настоящее время *D. v. virgifera* является серьезным карантинным вредителем для многих стран. Предполагается, что его довольно быстрое распространение произошло в результате высокой потенциальной плодовитости и способностей к большим перелетам в стадии имаго, особенно в период цветения кукурузы, а также завоза транспортом с любыми грузами, чему в немалой степени способствовали растущие глобализация и товарооборот между государствами при отсутствии надлежащих мер контроля.

Потери урожая кукурузы от личинок и жуков этого рода, включая затраты на борьбу с ними, в среднем оцениваются в миллиард долларов в год (Берес, 2012). Отсюда возникает необходимость строгого соблюдения всех карантинных мер, препятствующих проникновению вредителя на территорию Российской Федерации, к тому же вредитель периодически регистрировался в районах Ростовской области, граничащих с Украиной (Берес, 2012). Соответственно, целью нашей работы являлось изучение литературных источников, показывающих особенности биологии, распространенности в мире кукурузного жука и содержащих сведения об эффективных приемах борьбы с ним, включая методы фитосанитарного биологического контроля.

**Распространенность западного кукурузного жука в мире.** Поскольку кукуруза – одна из самых популярных зернофуражных культур в мире и выращивается практически повсеместно, эти факты являются предпосылками для широкого распространения диабротики в различных странах.

Первичным ареалом кукурузного жука, судя по литературным источникам, является Центральная Америка (Мексика). В двадцатом веке *D. v. virgifera* стал основным вредителем кукурузы в Северной Америке. Именно там жука впервые обнаружили в 1868 г. в штате Колорадо. С тех пор западный кукурузный жук расширил ареал своего обитания почти на всю территорию США.

*D. v. virgifera* был случайно завезен в Европу – в Сербию в 1992 г., где его первым обнаружил на кукурузном поле возле аэропорта г. Белграда сербский энтомолог Франя Бача. Вероятно, кукурузный жук был занесен на европейский континент с военным воздушным транспортом. Экспансия этого фитофага – самая быстрая в Европе XX в., иногда достигает от 60 до 80 км в год. За 18 лет после его обнаружения в Европе западный кукурузный жук был зарегистрирован в 22 странах, и в большинстве случаев вредителя впервые выявляли вблизи международных путей сообщения или в приграничных регионах.

За последние 10 лет западный кукурузный жук перестал считаться новым вредителем во многих странах ЕС, став частью постоянной местной энтомофауны (Važok, 2021). В 2011 г. в Российской Федерации Россельхознадзором Ростовской области на территории пункта пропуска Матвеев Курган пойман в феромонную ловушку первый живой экземпляр западного кукурузного жука (URL: <http://referent61.ru/press-tsentr/informatsiya/poleznaya-informatsiya/karantin-volgograd/zapadnyu-kukuruznyu-zhuk-diabrotika/>). В 2021 г. Федеральная служба по ветеринарному и фитосанитарному надзору опубликовала Национальный доклад о карантинном фитосанитарном состоянии территории Российской Федерации, где указала на высокий фитосанитарный риск при импорте зерновых культур в Российскую Федерацию такого карантинного объекта, как западный кукурузный жук диабротика (*Diabrotica virgifera*).

**Вредоносность.** У западного кукурузного жука вредят имаго и личинки, но последние наносят гораздо больший экономический ущерб. В течение года развивается одна генерация. Зимуют яйца.

Кукурузный жук является олигофагом на личиночной стадии, питаясь корнями кукурузы, иногда развивается на других злаковых (например, *Setaria verticilaria*, *S. glauca* и *Panicum*

*miliaceum*), и полифагом во взрослом состоянии. Кроме кукурузы, *D. v. virgifera* может также повреждать растения семейств Астровые (*Asteraceae*), Маревые (*Chenopodiaceae*), Пасленовые (*Solanaceae*), Тыквенные (*Cucurbitaceae*) и Бобовые (*Fabaceae*). В Румынии в течение 2011–2012 гг. проводились опыты, которые доказали, что имаго западного кукурузного жука становится полифагом, расширяя виды кормовых растений. По наблюдениям, сделанным на листьях и цветках нескольких сельскохозяйственных культур, выявлено, что наибольшие повреждения листьев оказалось у растений дыни, сои и фасоли, а цветков – у растений подсолнечника, огурца, дыни. На основании данного эксперимента было сделано предположение, что в скором времени *D. v. virgifera* будет распространена по всей стране, и привлекательность новых видов растений возрастет, в том числе огурцов и кабачков. В результате питания западного кукурузного жука молодые растения увядают и гибнут, полегают взрослые растения, также образуется так называемая «гусиная шея» – утонченное основание стебля. Имаго питается пыльцой, метелкой и молодыми зернами кукурузы, а подгрызание обертки во время цветения может привести к снижению завязываемости семян растения.

Места повреждений личинками часто являются путями для возбудителей болезней, например, корневых гнилей, также западный кукурузный жук является переносчиком вируса хлоротической крапчатости кукурузы и нового вируса малой РНК, предварительно названного *Diabrotica virgifera virgifera* 2 (DvV2), который был недавно идентифицирован у западного кукурузного жука (Sijun, 2017).]

Имаго появляются в конце июня, в начале образования метелок, и живут около 1,5 месяца. Самка откладывает яйца в почву возле растений при температуре воздуха 19–33 °С. На плотных сухих грунтах основная масса яиц находится на глубине до 16 см, а на хорошо увлажненных (в основном при орошении) почти 85 % яиц сохраняются на глубине до 45 см.

Взрослые жуки желтовато-бурого цвета с изумрудным отливом, тело овальной формы, размером 4–7 мм, самки меньше самцов. На надкрыльях имеются пятна. У самок три черные точки и более темный окрас, у самцов точки сливаются в одну полосу. Отрождение личинок начинается одновременно с появлением первых всходов и активным ростом корневой системы кукурузы с начала мая и длится до конца июля.

**Биология и экология.** Биономика *D. v. virgifera* была рассмотрена Чиангом в 1973 году. *D. virgifera virgifera* является моновольтинным видом. Имаго появляются летом и до осени преобладают на кукурузных полях. Яйца являются зимующей стадией и обычно концентрируются в верхних 5–20 см почвы, хотя они располагаются глубже в сухих почвах. Для отрождения яиц требуется индуцированный холодом период диапаузы, хотя небольшая

часть популяции может отрождаться во время теплой продолжительной осени. Темпы развития постдиапаузных яиц *D. v. virgifera* были исследованы, и методом линейной регрессии определен нижний порог развития (10,5 °С); завершение постдиапаузного развития яиц требовало температуры на 258 °С выше этой температуры. Для появления 50 % личинок первого возраста требуется около 265 градусо-дней при температуре выше 11 °С в Онтарио, Канада, тогда как в США, в штатах Южная Дакота и Иллинойс, для развития личинок потребовалось 354 градусо-дня и температура выше 11,2 °С. В Центральной Европе выход личинок обычно начинается в начале мая.

В корнях и на корнях развиваются три личиночных возраста. При повышении температуры до 33 °С личинки второго возраста могут погибнуть. По мере повышения температуры доля времени, проведенного в третьем возрасте, увеличивается, а доля первого возраста уменьшается. Соотношение времени развития, проведенного в разных возрастных группах, было одинаковым для самцов и самок в диапазоне температур (15–31,5 °С).

В районах с теплым сухим летом численность жуков *D. v. virgifera* быстро сокращается в середине августа. В климате с более прохладным летом имаго могут обнаруживаться до тех пор, пока есть зеленые растения кукурузы. Для взрослых особей *D. virgifera virgifera*, содержащихся при пяти температурах (16, 19,5, 23, 26,5 и 30 °С), среднее количество яиц, откладываемых на одну самку, было наибольшим (602) при 26,5 °С и наименьшим (295) при 16,0 °С. Средняя продолжительность жизни снижалась с повышением температуры с 13,8 недель при 19,5 °С до 7,9 недель при 30,0 °С (Elliott et al., 1990). Снижение качества пищи, связанное со зрелостью растений кукурузы, значительно сократило период яйцекладки, плодовитость и продолжительность жизни *D. v. virgifera*. Более высокая продолжительность жизни и повышенная плодовитость также наблюдались у рано появляющихся самок диабротики; жуки, появляющиеся в течение первой части вегетационного периода, оказались более приспособленными, чем их поздние собратья. Однако размеры имаго, появляющихся в поле в разные сроки, значительно различались, но существенно не различались по репродуктивному потенциалу. При естественной смертности на развитие личинок *D. v. virgifera* влияет засуха – чем ниже уровень влаги в почве, тем выше их смертность.

**Методы выявления, идентификации *D. v. virgifera*.** Для контроля *D. v. virgifera* рекомендуется проводить следующие мероприятия (Фролов, 2021):

- для обнаружения и учета яиц: раскопки почвы, тщательный осмотр почвенных образцов, выбранных на расстоянии около 10 см от всходов растения;

- для обнаружения личинок: почвенные раскопки в фазе 3–4-х листьев кукурузы и тща-

тельный осмотр почвы и корешков кукурузы у угнетенных, пожелтевших растений в период с мая по начало августа;

– для обнаружения имаго: визуальный осмотр растений кукурузы, жуков выявляют с конца июня по середину октября, обращая особое внимание на метелки, початки молочно-восковой спелости, пазухи листьев, стебли; кроме того, поиск имаго может проводиться и на растениях семейств Астровые, Бобовые, Маревые, Злаковые, Тыквенные, Пасленовые, особенно в период образования пыльцы.

Личинок можно обнаружить в июне и начале июля, для этого необходимо выкопать от 10 до 20 случайно выбранных корней кукурузы вместе с почвой.

Экономические пороги вредоносности. Хотя основной ущерб кукурузе наносят личинки, питающиеся корнями растений, для товарной и зерновой кукурузы в Северной Америке и Центральной Европе были определены экономические пороги вредоносности и для имаго (Meinke et al., 2021). Однако аналогичные данные по сахарной кукурузе отсутствуют. Экономические пороги *D. v. virgifera* определяются: 1) количеством личинок на растение в об-

разцах почвы, 2) оценкой повреждения корней или 3) средним и кумулятивным числом взрослых особей на растение. По шкале Олесона предлагаемый экономический пороговый уровень для традиционной зерновой кукурузы составляет 0,25 имаго для кукурузного пояса США и 0,75 имаго для традиционной орошаемой кукурузы, выращиваемой в Северной Италии, или же когда в среднем в день на одну желтую липкую ловушку попадает более 6 взрослых особей. Для Российской Федерации эти пороги еще не разработаны, поскольку в нашей стране вредитель пока не распространился так широко, как в остальной Европе (URL: <http://referent61.ru/press-tsentr/informatsiya/poleznaya-informatsiya/karantin-volgograd/zapadnyu-kukuruznyu-zhuk-diabrotika/>). Чтобы получить приблизительную оценку уровня популяции, необходимо выкопать 30 выбранных корней растений на гектар. Личинок подсчитывают вручную над черными пластиковыми листами или в воронках Берлезе–Туллгрена. Так, пробы корней кукурузы можно промыть и оценить повреждения личинками по шкале оценки Олесона (таблица).

#### Повреждение корневой системы кукурузы *D. virgifera* по Олесону Damage to the root system of maize *D. virgifera* according to Oleson

Балл поврежденности	Повреждение корневой системы вредителем
0	Повреждения отсутствуют
1	Один корневой узел или количество корней, эквивалентное таковому на целом узле, уничтожено, то есть обрезано приблизительно на расстоянии не более 3,8 см от стебля или до уровня почвы (если корни воздушные, то есть начинаются от надземных узлов)
2	Два корневых узла полностью уничтожены
3	Три или более корневых узла полностью уничтожены (наивысшая оценка поврежденности)
Промежуточные оценки поврежденности записываются в виде процентов уничтоженных вредителем узлов; то есть оценка 1,50 балла характеризует растение с 1,5 узла, имеющими обрезанные корни	

При 0,5 имаго на растение рекомендуется севооборот с заменой кукурузы на следующий год другой культурой (бобовые или озимые зерновые).

**Феромонный контроль вредителя.** Повреждения, вызванные *D. v. virgifera*, можно легко спутать с повреждениями, вызванными огневками (Crambidae) или проволочниками (Elateridae), поэтому важен постоянный феромонный мониторинг.

Для мониторинга популяции взрослых особей *D. v. virgifera* в июле и августе наиболее эффективны феромонные ловушки. Половой феромон (рацемический 8-метил-2-декан-2-ол-пропаноат) служит приманкой на прозрачной липкой ловушке для отлова самцов с высокой чувствительностью.

В 2013 г. ФГБУ «ВНИИКР» в ходе опытов по феромонному отлову *D. v. virgifera* была выбрана оптимальная форма ловушки – открытого типа из ламинированной бумаги 23 × 40 см в виде цилиндра на стебле (под соцветием) растения кукурузы с липким слоем клея. Площадь поверхности отлова у цилиндрической ловушки значительно больше, чем у традиционной

(Магомедов и др., 2013). При использовании стандартных феромонных клеевых ловушек порог вредоносности западного корневого жука определяется, когда на одну ловушку за сутки отлавливается шесть и более имаго вредителя.

**Агротехнические методы борьбы с кукурузным жуком.** Возможность естественного распространения *D. v. virgifera* такова, что трудно предложить меры по ее предупреждению. Европейские страны создали сеть мониторинга с использованием феромонных ловушек для отслеживания распространения. В случае нового обнаружения фитофага необходимо проводить немедленную обработку инсектицидами и не выращивать кукурузу вокруг очага интродукции (Meinke, 2021).

Организационно-хозяйственные мероприятия – это уборка кукурузы после 20–30 сентября, когда численность жуков на посевах резко сокращается или полностью отсутствует, что предотвращает попадание и накопление вредителя в массу зерна. Агротехнические – севооборот и возврат кукурузы на прежнее место не ранее 3–4-х лет. Однако некоторые культуры, такие как соя или однодольные, могут

оказаться менее перспективными при длительном севообороте с кукурузными полями, зараженными *Diabrotica*. Известно, что многие злаковые являются вторичными пищевыми растениями для личинок *D. v. virgifera*.

В кукурузном поясе США, где соя регулярно и в течение многих лет чередовалась с кукурузой, наблюдалась повышенная откладка яиц *D. v. virgifera* на сою, а личинки хорошо развивались в кукурузе, посеянной на следующий год («фенотип устойчивости к севообороту»). Севооборот может быть не полностью эффективным при наличии самосеивной кукурузы. *D. v. virgifera* имеет низкую выживаемость (<0,1 %) в течение двух зим диапаузы, но годовая ротация может отбирать личинок с длительной диапаузой. Американские исследователи пишут, что отсроченная посадка может привести к уменьшению повреждения корней, поскольку личинки в земле могут прожить только несколько дней, не питаясь подходящим хозяином. Если посадку отложить до начала июня, повреждение корней будет незначительным, поэтому использование почвенных инсектицидов не является оправданным (Meinke, 2021).

Позднее цветение кукурузы может привлечь западного кукурузного жука с окружающих зараженных кукурузных полей. Таким образом, полосы кукурузы с поздним посевом можно использовать в качестве ловушек, хотя этот метод не получил широкого распространения, поскольку его эффективность непостоянна. Большинство исследований не обнаружили существенных различий в откладке яиц *D. v. virgifera* при различных способах обработки почвы. Однако при нулевой обработке наблюдается самая низкая смертность яиц, так как тщательное измельчение осенью растительных остатков и их глубокая заплата перед зимой способствует уничтожению подстилки, защищающей находящиеся в почве яйца кукурузного жука от промерзания и пересушки. А также осенняя вспашка извлекает яйца на поверхность почвы, где они становятся легкой добычей для хищников – муравьев, жуков и подвергаются влиянию метеорологических факторов (Meinke, 2021).

**Биологический контроль.** В районе своего происхождения в Центральной Америке у *D. v. virgifera* имеются естественные враги – энтомофаги.

Комплекс естественных врагов видов *Diabrotica* был изучен в районе происхождения кукурузного жука в Центральной Америке. Наблюдалось хищничество в отношении вредителя со стороны нескольких видов полужесткокрылых (Reduviidae) и пауков (Oxyopidae).

Муха-тахина *Celatoria compressa* Wulp была единственным паразитоидом, обнаруженным на целевом виде *D. v. virgifera*. Считается, что круг ее хозяев ограничивается жуками *Diabrotica*, таким образом, *C. compressa* будет безопасным для интродукции, поскольку прямое и косвенное воздействие на другие организмы окажется крайне низким.

Из естественных врагов *D. v. virgifera* также можно отметить следующие виды: *Speira diademata*, *Argiope bruennichi*, *Theridion impressum* (Arachnida: Araneae), *Coccinella sp.*, *Pseudophomus rufipes* (Insecta: Coleoptera).

Имеются иностранные работы, в которых показано, что энтомопатогенные грибы *Beauveria bassiana* и *Metarhizium anisopliae*, а также нематоды семейства Steinernematidae естественным образом заражают *D. v. virgifera*, (Geisert et al., 2018, Cagan, 2019).

**Химический контроль.** Основная форма в США и Европе защиты растений от этого вредителя – применение пестицидов, относящихся к группам органофосфатов, карбаматов и пиретроидов (Onstad et al., 2020).

В различных странах она ведется по-разному и зависит от спектра зарегистрированных средств защиты против *D. v. virgifera*, от количества обработок, рекомендуемых в вегетационный период, и технических возможностей хозяйств. Например, хозяйства осуществляют внутрибороздное внесение гранулированных инсектицидов при посеве. Гранулированные инсектицидные препараты наносят бороздами или полосами шириной 15 см в слой почвы над семенами. Затем инсектицид вносят в почву с помощью ребристого колеса, или перекачивают в почву с помощью массивной цепи, либо производят распыление жидких инсектицидов с заделкой в почву. В фазе 4–5 листьев можно проводить дальнейшую защиту от вредителя, внося в междурядья кукурузы гранулированный инсектицид. Лучше распылять инсектицид в прикорневой зоне в более поздние сроки, однако недостаток состоит в том, что проникновение инсектицида может быть недостаточным, чтобы дать хорошую защиту (Meinke, 2021).

Как показывают некоторые исследования, использование гранулированных почвенных инсектицидов оказалось более эффективным, чем применение жидких препаративных форм, поэтому применение именно этой группы пестицидов наиболее распространено в ЕС.

**Генетический контроль.** В США с 2003 г. созданы генетически модифицированные сорта кукурузы с токсином Vt, экспрессированным в корнях (Cry3Bb1, Cry34Ab1/Cry35Ab1 и mCry3A), использование которых, позволяло растениям избежать повреждения личинками *D. v. virgifera*, но в 2009 г. в Айове были идентифицированы четыре популяции этого вида с устойчивостью к Cry3Bb1.

Резистентность западного кукурузного жука к Cry34/35Ab1 продолжает сохраняться в сельскохозяйственном ландшафте и, вероятно, усилилась. Наличие популяций *D. v. virgifera*, устойчивых к Vt кукурузе, ставит под угрозу полезность существующих и будущих трансгенных технологий для борьбы с этим вредителем. Снижение зависимости от Cry34/35Ab1 и более эффективное использование интегрированных средств борьбы с вредителями будет иметь важное значение для сохранения вос-

приимчивости западного кукурузного жука к Vt-кукурузе (Andras et al., 2021). Выращивание Vt-кукурузы в Европе часто запрещается, а также запрещено в РФ. В Европе ведутся исследования по разработке программ селекции на аборигенную устойчивость кукурузы, например, сорта 'SUM'.

**Карантинные мероприятия.** В районах выращивания кукурузы необходимо проводить регулярные обследования на выявление карантинного насекомого. Для этого следует использовать как визуальный метод, так и феромонные, пищевые, клеевые ловушки и их сочетания. Согласно рекомендации ФГБУ «ВНИИКР», в период цветения кукурузы необходимо проводить обязательный досмотр всей подкарантинной продукции, завозимой из стран распространения вредителя, и обследование посевов кукурузы, примыкающих к ж/д путям, портам. Наибольшая вредоносность *D. v. virgifera* прогнозируется, согласно Национальному докладу о карантинном фитосанитарном состоянии территории Российской Федерации, на территориях Ростовской и Волгоградской областей, Краснодарского и Ставропольского краев и в республиках Северного Кавказа (URL: <http://referent61.ru/press-tsentr/informatsiya/>

poleznaya-informatsiya/karantin-volgograd/zapadnyu-kukuruznyu-zhuk-diabrotika/).

**Выводы.** Западный кукурузный жук *D. v. virgifera* LeConte – серьезный карантинный вредитель, отличающийся высокими миграционными способностями и потенциальной плодовитостью. Обязательны строгие карантинные мероприятия, так как кукурузный жук распространяется на стадии имаго в период цветения кукурузы транспортом. Необходим феромониторинг вредителя в зонах посевов кукурузы для своевременной регистрации.

Для предотвращения инвазии в зонах выращивания кукурузы в случае обнаружения вредителя, особенно в климатически подходящих для него районах, например, в Краснодарском крае, Ростовской, Астраханской и Волгоградской областях, необходимы разработанные меры контроля. На севере ареал распространения вредителя может дойти до Воронежской, Белгородской, Курской и Саратовской областей.

Необходим химический контроль инвазивного насекомого, разработка биологических препаратов против вредителя.

*Исследования выполнены в рамках государственного задания Министерства науки и высшего образования РФ по теме № FGRN – 2022-0002.*

#### Библиографические ссылки

1. Берес П. К. Диабrotика – экспансивный вредитель кукурузы в Европе // Наше сельское хозяйство. Минск: «Наша Идея», 2012. № 16. С. 43–47.
2. Западный кукурузный жук (диабrotика) [Электронный ресурс] // ФГБУ Ростовский референтный центр Россельхознадзора. Электронные данные. Ростов н/Д., сор. 2001–2022. URL: <http://referent61.ru/press-tsentr/informatsiya/poleznaya-informatsiya/karantin-volgograd/zapadnyu-kukuruznyu-zhuk-diabrotika/>.
3. Магомедов У. Ш., Станева Е., Атанов Н. М. Испытания феромона западного кукурузного жука // Защита и карантин растений. 2013. № 6. С. 30–33.
4. Национальный доклад о карантинном фитосанитарном состоянии территории Российской Федерации. Раздел 2. Установление карантинных фитосанитарных зон на территории Российской Федерации в 2021 году [Электронный ресурс] // Федеральная служба по ветеринарному и фитосанитарному надзору (Россельхознадзор). Электронные данные. М., 2022. URL: <https://fsvps.gov.ru/tags/nacionalnyu-doklad>.
5. Фролов А. Н. О западном кукурузном корневом жуке – Le Conte // «КОС-МАИС» [Электронный ресурс]. Электронный журнал. 2021. № 1. URL: <https://kosmais.narod.ru/diabrotica.html>.
6. Andras G., Szalai M., Pálkás Z. Effects of adult western corn rootworm (*Diabrotica virgifera virgifera* Le Conte, Coleoptera: Chrysomelidae) silk feeding on yield parameters of sweet maize // Crop Protection. 2021. Vol. 140 (6). P. 1–6. <https://doi.org/10.11646/zootaxa.3686.3.1>.
7. Važok R., Lemić D., Chiarini F., Furlan L. Western Corn Rootworm (*Diabrotica virgifera virgifera* Le Conte) in Europe: Current Status and Sustainable Pest Management // Insects. 2021. Vol. 12(3). P.195. <https://doi.org/10.3390/insects12030195>.
8. Cagan L. Mortality of the Western corn rootworm, *Diabrotica virgifera virgifera* larvae caused by entomopathogenic fungi // Journal of Central European Agriculture (JCEA) scientific journal in agriculture. ol. 2019. Vol. 20 (2) P. 678–685. <https://doi.org/10.5513/JCEA01/20.2.2005>.
9. Derunkov A., Konstantinov A. Taxonomic changes in the genus *Diabrotica* Chevrolat (Coleoptera: Chrysomelidae: Galerucinae): Results of a synopsis of North and Central America *Diabrotica* species // Zootaxa. 2013. Vol. 3686(3). P. 301–325. <https://doi.org/10.11646/zootaxa.3686.3.1>.
10. Elliott N. C., Jackson J. J., Gustin R.D. Predicting western corn rootworm beetle (Coleoptera: Chrysomelidae) emergence from the soil using soil or air temperature//Canadian Entomologist. 1990. Vol. 122(11–12). P. 1079–1091.
11. Geisert R. W., Cheruiyot D. J., Hibbard B. E. Comparative Assessment of Four Steinernematidae and Three Heterorhabditidae Species for Infectivity of Larval *Diabrotica virgifera virgifera* // Journal of Economic Entomology. 2018. Vol. 111(2). P. 542–548. <https://doi.org/10.1093/jee/tox372>.
12. Meinke L. J., Souza D., Siegfrie B. D. The use of insecticides to manage the western corn rootworm *Diabrotica virgifera virgifera* Le Conte: history field-evolved resistance and associated mechanisms // Insects. 2021. Vol. 12(2). P. 112. <https://doi.org/10.3390/insects12020112>.
13. Onstad D. W., Caprio M. A., Pan Z. Models of *Diabrotica* Populations: Demography, Population Genetics, Geographic Spread, and Management // Insects. 2020. Vol. 11(10). P. 712. <https://doi.org/10.3390/insects11100712>.

14. Sijun, L. Genome sequence of *Diabrotica virgifera virgifera* 2 virus, a novel small western RNA virus of the corn beetle, *Diabrotica virgifera virgifera* Le Conte // *Genome Announce*. 2017. Vol. 5(20). P. 1–2. <https://doi.org/10.1128/genomeA.00365-17>.

### References

1. Beres P.K. *Diabrotika – ekspansivnyi vreditel' kukuruzy v Evrope* // *Nashe sel'skoe khozyaistvo*. Minsk: «Nasha Ideya», 2012. № 16. S. 43–47.
2. Zapadniy kukuruznyi zhuk (diabrotika) [Elektronnyi resurs] // FGBU Rostovskii referentnyi tsentr «Rossel'khoznadzora». Elektronnye dannye Rostov n/D., cop. 2001–2022. URL: <http://referent61.ru/press-tsentr/informatsiya/poleznaya-informatsiya/karantin-volgograd/zapadnyy-kukuruznyy-zhuk-diabrotika/>.
3. Magomedov U.Sh., Staneva E., Atanov N.M. Ispytaniya feromona zapadnogo kukuruznogo zhuka // *Zashchita i karantin rastenii*. 2013. № 6. S. 30–33.
4. Natsional'nyi doklad o karantinnom fitosanitarnom sostoyanii territorii Rossiiskoi Federatsii. Razdel 2. Ustanovlenie karantinnykh fitosanitarnykh zon na territorii Rossiiskoi Federatsii v 2021 godu [Elektronnyi resurs] // *Federal'naya sluzhba po veterinarnomu i fitosanitarnomu nadzoru (Rossel'khoznadzor)*. Elektronnye dannye. M., 2022. URL: <https://fsvps.gov.ru/ru/tags/natsionalnyy-doklad>.
5. Frolov A. N. O zapadnom kukuruznom kornevom zhuke – Le Conte // «KOS-MAIS» [Elektronnyi resurs]. Elektronny zhurnal. 2021. № 1. URL: <https://kosmais.narod.ru/diabrotica.html>.
6. Andras G., Szalai M., Pálkás Z. Effects of adult western corn rootworm (*Diabrotica virgifera virgifera* Le Conte, Coleoptera: Chrysomelidae) silk feeding on yield parameters of sweet maize // *Crop Protection*. 2021. Vol. 140(6). P. 1–6. <https://doi.org/10.11646/zootaxa.3686.3.1>.
7. Bažok R., Lemić D., Chiarini F., Furlan L. Western Corn Rootworm (*Diabrotica virgifera virgifera* Le Conte) in Europe: Current Status and Sustainable Pest Management // *Insects*. 2021. Vol. 12 (3). P.195. <https://doi.org/10.3390/insects12030195>.
8. Cagan L. Mortality of the Western corn rootworm, *Diabrotica virgifera virgifera* larvae caused by entomopathogenic fungi // *Journal of Central European Agriculture (JCEA) scientific journal in agriculture*. 2019. Vol. 20(2). P. 678–685. <https://doi.org/10.5513/JCEA01/20.2.2005>.
9. Derunkov A., Konstantinov A. Taxonomic changes in the genus *Diabrotica* Chevrolat (Coleoptera: Chrysomelidae: Galerucinae): Results of a synopsis of North and Central America *Diabrotica* species // *Zootaxa*. 2013. Vol. 3686 (3). P. 301–325. <https://doi.org/10.11646/zootaxa.3686.3.1>.
10. Elliott N. C., Jackson J. J., Gustin R.D. Predicting western corn rootworm beetle (Coleoptera: Chrysomelidae) emergence from the soil using soil or air temperature // *Canadian Entomologist*. 1990. Vol. 122(11–12). P. 1079–1091.
11. Geisert R. W., Cheruiyot D. J., Hibbard B. E. Comparative Assessment of Four Steinernematidae and Three Heterorhabditidae Species for Infectivity of Larval *Diabrotica virgifera virgifera* // *Journal of Economic Entomology*. 2018. Vol. 111 (2). P. 542–548. <https://doi.org/10.1093/jee/tox372>.
12. Meinke L. J., Souza D., Siegfrie B. D. The use of insecticides to manage the western corn rootworm *Diabrotica virgifera virgifera* Le Conte: history field-evolved resistance and associated mechanisms // *Insects*. 2021. Vol. 12 (2). P. 112. <https://doi.org/10.3390/insects12020112>.
13. Onstad D. W., Caprio M. A., Pan Z. Models of *Diabrotica* Populations: Demography, Population Genetics, Geographic Spread, and Management // *Insects*. 2020. Vol. 11(10). P. 712. <https://doi.org/10.3390/insects11100712>.
14. Sijun L. Genome sequence of *Diabrotica virgifera virgifera* 2 virus, a novel small western RNA virus of the corn beetle, *Diabrotica virgifera virgifera* Le Conte // *Genome Announce*. 2017. Vol. 5(20). P. 1–2. <https://doi.org/10.1128/genomeA.00365-17>.

Поступила: 25.08.22; доработана после рецензирования: 14.10.22; принята к публикации: 14.10.22.

**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.** Пушня М. В. – сбор, анализ и интерпретация данных, подготовка рукописи; Снесарева Е. Г. – концептуализация и проектирование исследования, анализ данных и интерпретация, подготовка рукописи; Балахнина И. В. интерпретация данных, подготовка рукописи; Пономарев А. В. – сбор, анализ и интерпретация данных; Ермаков Я. С. – сбор, анализ и интерпретация данных.

**Все авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.**