

УРОЖАЙНОСТЬ И АДАПТИВНОСТЬ СОРТОВ ОЗИМОЙ МЯГКОЙ ПШЕНИЦЫ РАЗНЫХ ПЕРИОДОВ СЕЛЕКЦИИ

А.П. Самофалов, кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник лаборатории селекции и семеноводства озимой мягкой пшеницы интенсивного типа, samofalova.1986@mail.ru, ORCID ID: 0000-0002-1709-2808;

С.В. Подгорный, кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник лаборатории селекции и семеноводства озимой мягкой пшеницы интенсивного типа, podgorny128@rambler.ru, ORCID ID: 0000-0002-8438-1327;

О.В. Скрипка, кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник лаборатории селекции и семеноводства озимой мягкой пшеницы интенсивного типа, ORCID ID: 0000-0002-8627-8312;

В.Л. Чернова, агроном лаборатории селекции и семеноводства озимой мягкой пшеницы интенсивного типа, ORCID ID: 0000-0002-0451-2711;

А.А. Головко, агроном лаборатории селекции и семеноводства озимой мягкой пшеницы интенсивного типа, samofalova.1986@mail.ru, ORCID ID: 0000-0002-1709-2808.

ФГБНУ «Аграрный научный центр «Донской»,

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

Исследования выполнены в ФГБНУ «АНЦ «Донской» (южная зона Ростовской области) в 2020-2024 годах. Цель исследований – провести сравнительный анализ урожайного и адаптивного потенциала современных сортов озимой мягкой пшеницы с сортами предыдущих лет (этапов) селекции. При этом предусматривалось решение следующих задач: выявить характер изменения адаптивных свойств в процессе селекции (по параметрам адаптивности); определить наиболее динамичные из них для оценки селекционного материала; дать рекомендации по практическому использованию сортов, исходя из полученных данных. Объект исследований – 20 сортов озимой мягкой пшеницы, включённых в Госреестр РФ и используемых в сельскохозяйственном производстве с 1981 по 2025 год, разбитых на 5 периодов селекционной работы. Представлены результаты сравнительного анализа урожайности и показателей адаптивности и пластичности сортов по периодам селекции. Выявлен последовательный рост урожайности от периода к периоду. У современных сортов V периода (2020-2025 гг.) в сравнении с сортом Донская безостая (I период) средняя урожайность выросла на 2,13 т/га или на 26,1%, максимальная на 3,87 т/га (43,6%), минимальная на 0,53 т/га (7,2%). Установлен характер изменения показателей адаптивности в результате селекционной работы. По параметрам стрессоустойчивости, изменчивости, гомеостатичности, фактора стабильности выявлена тенденция их снижения в процессе селекции, по показателям генетическая гибкость, экологическая пластичность и стабильность и коэффициент адаптации наблюдается тенденция повышения с максимальной выраженностью величины у современных сортов. На основании комплексной рейтинговой оценки изучаемых сортов по показателям урожайности и адаптивности выявлены лучшие с сочетанием стабильной урожайности, независимо от стрессовых условий, и основных адаптивных свойств: Василич, Аксиныя, Приазовье, Марафон, Донская степь, РубинДона.

Ключевые слова: озимая мягкая пшеница, сорт, период (этап) сортосмены, урожайность, адаптивность, пластичность, стабильность.

Для цитирования: Самофалов А.П., Подгорный С.В., Скрипка О.В., Чернова В.Л., Головко А.А. Урожайность и адаптивность сортов озимой мягкой пшеницы разных периодов селекции // Зерновое хозяйство России. 2026. Т.18, № 1. С.58-66. DOI: 10.31367/2079-8725-2026-102-1-58-66



PRODUCTIVITY AND ADAPTABILITY OF WINTER COMMON WHEAT VARIETIES OF DIFFERENT BREEDING PERIODS

A.P. Samofalov, Candidate of Agricultural Sciences, leading researcher of the laboratory for breeding and seed production of winter common wheat of intensive type, samofalova.1986@mail.ru, ORCID ID: 0000-0002-1709-2808;

S.V. Podgorny, Candidate of Agricultural Sciences, leading researcher of the laboratory for breeding and seed production of winter common wheat of intensive type, podgorny128@rambler.ru, ORCID ID: 0000-0002-8438-1327;

O.V. Skripka, Candidate of Agricultural Sciences, leading researcher of the laboratory for the breeding and seed production of winter common wheat of intensive type, ORCID ID: 0000-0002-8627-8312;

V.L. Chernova, agronomist of the laboratory for breeding and seed production of winter common wheat of intensive type, ORCID ID: 0000-0002-0451-2711;

A.A. Golovko, agronomist of the laboratory for breeding and seed production of winter common wheat of intensive type, samofalova.1986@mail.ru, ORCID ID: 0000-0002-1709-2808.

FSBSI Agricultural Research Center "Donskoy",

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

The current study was conducted at the FSBSI "ARC "Donskoy" (south of the Rostov region) in 2020-2024. The purpose was to analyze productive and adaptive potential of modern winter common wheat varieties in comparison with varieties of previous years (stages) of breeding. In addition, there have been envisaged to identify the nature of changes

in adaptive properties during the breeding process (according to adaptability parameters); to determine the most dynamic of them for the evaluation of breeding material; to give recommendations for the practical use of varieties based on the data obtained. The objects of the study were 20 winter common wheat varieties included in the Russian State Register and used in agricultural production from 1981 to 2025, divided into five breeding periods. There have been presented the results of a comparative analysis of productivity, adaptability, and plasticity indicators through the breeding periods. There has been established a consistent productivity increase from period to period. Compared to the variety Donskaya bezostaya (period I), the average productivity of modern varieties bred in period V (2020-2025) improved by 2.13 t/ha or 26.1%, the maximum productivity by 3.87 t/ha (43.6%), and the minimum productivity by 0.53 t/ha (7.2%). There has been identified the nature of changes in adaptability indicators in the course of breeding work. According to the parameters of stress resistance, variability, homeostasis, and stability factor, there has been established a tendency of their decrease in the process of breeding. According to the indicators of genetic flexibility, ecological adaptability and stability, and the adaptation coefficient, there has been found a tendency of increase with the maximum expression of the value in modern varieties. Based on a comprehensive rating evaluation of the studied varieties according to productivity and adaptability, there have been identified such best varieties as Vasilich, Aksiniya, Priazovie, Marafon, Donskaya step', Rubin Dona with a combination of stable productivity, regardless of stress conditions, and basic adaptive properties.

Keywords: winter common wheat, variety, period (stage) of varietal change, productivity, adaptability, plasticity, stability.

Введение. Северо-Кавказский регион, частью которого является Ростовская область – один из основных в РФ по площади посева и объёму производства зерна озимой пшеницы. Ведущими направлениями устойчивого наращивания объёмов производства зерна этой культуры являются ресурсосберегающие технологии и создание и внедрение новых сортов, характеризующихся высокой продуктивностью и отзывчивостью к современным агротехнологиям, экологической устойчивостью к конкретным условиям выращивания (Dragavtsev, 2019; Рустамов и др., 2020; Тадеев и Тадеева, 2023; Сафонова и др., 2023).

В системе мероприятий, направленных на повышение производства зерна, улучшении его качества, определяющую роль занимает сортосмена. Замена старых сортов новыми обуславливает более высокую ступень, этап совершенствования той или иной сельскохозяйственной культуры (Левакова и Костаньянц, 2022), а выбор лучших – наиболее доступным, экономически дешёвым и быстрым способом повышения урожайности и валовых сборов зерна (Засыпкина, Филиппов, 2023; Барковская и др., 2018; Suletoviene et al., 2018). Новые сорта, как правило, обеспечивают повышение урожайности на 10-40% и не требуют дополнительных затрат (Верхоламочкин и др., 2021).

Потенциал продуктивности современных сортов озимой пшеницы очень высокий (свыше 10 т/га), но реализуется он у большинства из них только в благоприятных условиях среды, а в неблагоприятных наблюдается тенденция к его снижению, значительно варьирующему по годам под влиянием абиотических и абиотических стрессоров. Причиной этого является недостаточный уровень адаптационных свойств и экологической устойчивости, то есть с повышением уровня интенсивности сортов снижается их адаптивность (Гончаренко, 2016). Установлено, что в связи с понижением устойчивости культур, в том числе и озимой пшеницы, особенно в условиях аридности, потенциальная урожайность реализуется всего лишь на 25-40% (Рыбась, 2016). Поэтому в текущих экономических условиях при ограниченном применении минеральных удобрений селекция озимой пшеницы должна быть направлена не столько на увеличение уже достигнуто-

го уровня потенциальной продуктивности (хотя это не сбрасывается со счетов), а на создание адаптивных форм, обеспечивающих высокую и устойчивую урожайность, как в широком спектре основных стресс-факторов среды, так и узкоспециализированных, приспособленных к конкретным условиям возделывания (Безуглая и др., 2021; Крохмаль и др., 2020).

Для решения этой задачи всё больше внимания уделяется комплексной оценке исходного материала, сортов по параметрам адаптивности и стабильности, а полученные в конкретных условиях данные можно использовать не только в селекционных программах, но и в качестве рекомендаций для производства. Сельхозпроизводителю нужны новые сорта, которые превосходят распространённые старые сорта как по урожайности, так и по адаптивности к неблагоприятным условиям произрастания (Ионова и др., 2021).

В этой связи исследования по изучению изменений адаптивных свойств озимой пшеницы в результате селекции являются актуальными и представляют как практический, так и научный интерес.

Цель исследований – провести сравнительный анализ урожайного и адаптивного потенциала современных сортов озимой мягкой пшеницы с сортами предыдущих лет (этапов) селекции. При этом предусматривалось решение следующих задач: выявить характер изменения адаптивных свойств в процессе селекции (по параметрам адаптивности); определить наиболее динамичные из них для оценки селекционного материала; дать рекомендации по практическому использованию сортов, исходя из полученных данных.

Материалы и методы исследований. Экспериментальная часть исследований выполнялась в 2020-2024 гг. на опытных полях ФГБНУ «АНЦ «Донской», расположенного в южной зоне Ростовской области. Материалом исследований были 20 сортов озимой мягкой пшеницы, созданных за последние 45 лет селекционной работы (условно разбитые на периоды по десятилетиям), находящиеся не только в Госреестре РФ, но и используемых в производстве в настоящее время. Их перечень и краткая характеристика представлены в таблице 1.

Таблица 1. Изучаемые сорта и их краткая характеристика
Table 1. Studied varieties and their brief characteristics

Период селекции	Сорт	Год включения в реестр	Регион допуска*	Качество зерна по реестру	Высота растений, см**	Группа спелости**	Морозостойкость**
I 1981-1990	Донская безостая	1983	5,6,8	сильный	109	средне-ранний	высокая
II 1991-2000	Донская юбилейная	1994	6	сильный	84	средне-ранний	выше средней
III 2001-2010	Ермак	2001	5,6,8	ценный	94	средне-ранний	высокая
	Зерноградка 11	2003	6,8	ценный	105	средне-ранний	высокая
	Танаис	2006	6,8	сильный	90	средне-ранний	выше средней
	Марафон	2009	7,8	ценный	90	средне-ранний	высокая
	Ростовчанка 5	2008	6,8	ценный	82	средне-ранний	выше средней
IV 2011-2020	Аксинья	2014	6	сильный	79	ранний	высокая
	Находка	2015	6	ценный	91	средне-ранний	выше средней
	Шеф	2019	6	сильный	96	средне-ранний	высокая
	Этюд	2019	6,8	ценный	92	ранний	высокая
	Донская степь	2020	6,8	ценный	100	средне-ранний	высокая
V 2021-2025	Юбилей Дона	2021	6,8	сильный	95	средне-ранний	высокая
	Зодиак	2022	6	ценный	93	средне-ранний	высокая
	Рубин Дона	2022	5,8	сильный	90	средне-ранний	высокая
	Раздолье	2023	6,8	ценный	88	средне-спелый	выше средней
	Матрица	2024	5,6	филер	90	средне-спелый	высокая
	Приазовье	2024	5,6	филер	89	средне-спелый	высокая
	Разгуляй	2025	5,6,7	ценный	95	средне-спелый	высокая
	Василич	2025	3,5,6,7,8	сильный	91	средне-спелый	высокая

*3 – Центральный, 5 – Центрально-Чернозёмный, 6 – Северо-Кавказский, 7 – Средневолжский, 8 – Нижневолжский;

** по данным оригинатора (каталог 2025 года);

*** все сорта имеют высокий уровень засухоустойчивости.

Опыты закладывали и проводили по «Методике Госсортоиспытания сельскохозяйственных культур» (2019) и «Методике полевого опыта» (2014). Предшественник – сидеральный пар, учётная площадь делянки 10 м², повторность шестикратная, размещение сортов систематическое, норма высева 4,5 млн всхожих семян на 1 га. Посев осуществлялся сеялкой Wintersteiger, уборка комбайном Wintersteiger в фазу полной спелости.

Расчеты параметров адаптивности и экологической пластичности выполнены по следующим методикам: устойчивость к стрессу (Y₂-Y₁) и минимальная компенсаторная способность ((Y₂+Y₁)/2) по Rossel и Неттевич в изложении Гончаренко (2005), коэффициент стабильности (SF) по Зыкину (2005), реализацию продуктивности по Неттевичу (2001), гомеостатичность (НОМ) по Хангильдину и Литвиненко (1981); показатель уровня стабильности сорта (ПУСС) по Неттевичу и др. (1985); показатели экологической пластичности (b) и стабильности (δ²d) по Eberhart и Russel (1966); коэффициент адаптивности (Ka) по Животкову и др. (1994). Степень модификационной изменчивости признака урожайности (CV, %), наименьшая существенная разность (НСР₀₅) определялись по Доспехову (2014). Ранжирование сортов по показателям урожайности и адаптивности выполнены по методике П.Н. Николаева и др. (2020).

Погодные условия за годы исследований имели контрастные показатели в течение вегетации озимой пшеницы, как по количеству осадков, так и температурному режиму, отличались от среднемноголетних, что позволило более детально провести сравнительный анализ сортов и периодов селекции по урожайности и адаптивности.

2019/2020 с.-х. год характеризовался повышенным температурным режимом, недобром осадков с октября по декабрь (всходы-кущение) на 100,3 мм, март-апрель (кущение-выход в трубку на 61,5 мм и хорошей влагообеспеченностью на уровне среднемноголетних в остальные периоды вегетации озимой пшеницы. Возвратом весенних заморозков во второй половине марта и всего апреля до минус 7,7°С, приведшему к повреждению растений у сортов неустойчивых к этому стрессу, снижению урожайности, которая в среднем по опыту составила 9,57 т/га (НСР₀₅ = 0,34 т/га) индекс условий среды (I), который определяет изменчивость агроклиматических условий минус 0,26.

Условия 2020/2021 и 2022/2023 с.-х. годов были близкими по своим метеоданным и неблагоприятными для роста и развития озимой пшеницы (индекс условий среды минус 1 и минус 2,3), особенно в осенний и весенне-летний период. Осенний период характеризовался засушливостью (количество выпавших осадков составило 28,4 мм и 95 мм или 21,6 и 72,2% от нормы,

период активной вегетации, (апрель-июнь) избыточным увлажнением (264,6 мм или 160,1% от нормы в 2021 г и 241,7 мм или 146,3% в 2023 г), что способствовало не только интенсивному росту вегетативной массы, но и раннему полеганию, развитию болезней, стеканию зерна. Средняя урожайность по опыту в 2021 г составила 8,83 т/га, в 2023 г – 7,81 т/га, при НСР05 = 0,38 и 0,37 т/га, соответственно.

Для 2021/2022 с.-х. года погодные условия по гидротермическому режиму были оптимальными в течение всего вегетационного периода и благоприятным для формирования высокого урожая (средняя урожайность по опыту 11,14 т/га, НСР05 = 0,43 т/га, индекс условий среды +1,30).

2023/2024 с.-х. год по сложившимся погодным условиям отличался от других лет исследований количеством выпавших осадков, а главное их распределением по сезонам, особенно в осенний и весенне-летний периоды, пониженными температурами в мае на 0,9 °С (норма 16,5 °С). В остальные месяцы температурный режим был повышенным и в среднем за год превышал среднемноголетнюю на 3,4 °С. Осадков за осень выпа-

ло 243 мм, зиму – 207 мм, весну - 35,7 мм, лето - 42 мм, за год 537 мм, что составило от среднемноголетней, соответственно: 177,1%, 142,1%, 27,4%, 24,1% и 92,2%. Несмотря на такие жёсткие условия весны и лета в целом год оказался благоприятным для получения максимальной урожайности (среднесортная по опыту составила 11,83 т/га, НСР05 = 0,37 т/га, индекс условий среды +1,99), благодаря осенне-зимним осадкам и пониженному температурному режиму в мае (фазы «колошения-цветения» и «формирования зерновки»).

Результаты и их обсуждение. Последовательный рост урожайности озимой мягкой пшеницы, как в конкретном регионе, так и в целом по стране обусловлен заменой старых сортов новыми, более продуктивным и лучше приспособленными к местным условиям. Полученные результаты исследований в условиях ФГБНУ «АНЦ «Донской» показывают, что только за счёт продуктивной селекционной работы урожайность озимой пшеницы за 45 лет выросла на 2,13 т/га или на 26,6%. Среднегодовая прибавка урожайности в процессе селекции составила 0,047 т/га (табл. 2).

Таблица 2. Урожайность сортов озимой пшеницы разных лет селекции, 2020-2024 гг.

Table 2. Productivity of winter wheat varieties of different breeding years, 2020-2024

Период селекции	Сорт	min (Y2)	max (Y1)	средняя по сорту	± к периоду по средней					
					min		max		средней	
					перво-му	преды-дущему	перво-му	преды-дущему	перво-му	преды-дущему
I	Донская безостая	7,34	8,87	8,17	-	-	-	-	-	-
II	Донская юбилейная	7,12	10,77	8,88	-0,26	-0,26	+1,90	+1,90	+0,71	+0,71
III	Ермак	6,64	11,70	9,45						
	Зерноградка 11	7,77	10,00	8,96						
	Танаис	7,59	11,60	9,30						
	Марафон	8,38	10,61	9,57						
	Ростовчанка 5	7,42	12,58	9,86						
	средняя по периоду	7,56	11,29	9,43	+0,22	+0,44	+2,42	+0,52	+1,25	+0,55
IV	Аксинья	9,11	12,21	10,32						
	Находка	7,85	11,00	9,43						
	Шеф	7,71	12,13	9,90						
	Этюд	7,76	12,20	9,90						
	Донская степь	8,20	13,00	10,53						
	средняя по периоду	8,13	12,12	10,01	+0,79	+0,57	+3,25	+0,83	+1,84	+0,58
V	Юбилей Дона	7,21	12,34	9,65						
	Зодиак	7,30	12,73	9,67						
	Рубин Дона	8,21	12,41	10,15						
	Раздолье	8,13	13,78	10,84						
	Матрица	7,19	12,60	10,05						
	Приазовье	8,30	12,51	10,51						
	Разгуляй	7,77	12,72	10,60						
	Василич	8,88	12,89	10,97						
средняя по периоду	7,87	12,74	10,30	+0,53	-0,26	+3,87	+0,62	+2,13	+0,29	

Наиболее существенный прогресс в результате селекции произошел в росте максимальной урожайности, которая в целом обеспечила увеличение средней урожайности. Она выросла на 3,87 т/га или 43,6 %. В оптимальных условиях роста и развития растений озимой пшеницы средняя максимальная урожайность у сортов последнего (V) периода селекции составила 12,74 т/га, превысив сорта IV периода на 0,62 т/га, третьего - на 1,45 т/га, второго - на 1,97 т/га.

Минимальный рост урожайности сортов озимой пшеницы за 45 лет селекционной работы, складывающийся при неблагоприятных стрессовых условиях, оказался значительно ниже и составил всего лишь 0,53 т/га, т.е. увеличился на 7,2%.

Такая же закономерность сохраняется и при анализе данных урожайности по периодам селекции. Отмечается последовательный рост средней и максимальной урожайности от предыдущего периода к последующему. Так полукарликовый, устойчивый к полеганию сорт Донская юбилейная (II период) обеспечил прибавку к сорту Донской безостой по средней урожайности на 0,71 т/га, сорта третьего периода которому на 0,55 т/га, четвертого к третьему на 0,58 т/га и пятого к четвертому на 0,29 т/га, по максимальной, соответственно: на 1,90 т/га; 0,52 т/га; 0,83 т/га и 0,62. По минимальной урожайности существенное превышение получено только у сортов третьего и четвертого этапов (0,48 и 0,53 т/га).

Большинство современных сортов, а это сорта с допуском к использованию с 2014 года, постоянно

превосходили предшествующие по уровню урожайности как в благоприятные для возделывания озимой пшеницы, так и в неблагоприятные. По величине средней, максимальной и минимальной урожайности лучшими были: Аксинья (10,32; 12,21; 9,11 т/га), Донская степь (10,53; 13,06; 8,20 т/га), Рубин Дона (10,15; 12,73; 8,21 т/га), Приазовье (10,51; 12,51; 8,30 т/га), Разгуляй (10,60; 12,71; 7,77 т/га), Василич (10,97; 12,89; 8,88 т/га).

Вместе с тем приходится констатировать, что высокоурожайные сорта по сравнению с потенциально менее продуктивными более чувствительны к изменению климатических и погодных условий, что приводит к значительной межгодовой вариабельности урожайности. Тенденция изменения климата в сторону глобального потепления, особенно его засушливости практически во все фазы развития озимых культур вызвала и необходимость изучения и выявления динамики изменений факторов стрессоустойчивости, адаптивности и пластичности у сортов озимой пшеницы в результате селекции.

Устойчивость сортов к стрессу является важным показателем адаптивности и экологической пластичности, который определяется по разности между минимальной и максимальной урожайностью (Y2-Y1), чем меньше его значение, тем выше стрессоустойчивость. По данным исследований этот параметр в процессе селекции снижается от сортов первого периода (1981-1990 гг.) к последующим (таблица 3).

Таблица 3. Параметры адаптивности сортов озимой пшеницы разных периодов селекции, (2020-2024 гг.)
Table 3. Adaptability parameters of winter wheat varieties of different breeding periods (2020-2024)

Период селекции	Сорт	Y2-Y1	(Y2+Y1)/2	CV,%	НОМ	SF	b	δ ² d	Ка	ПУСС	Реализованный потенциал урожайности
I	Донская безостая	-1,59	8,11	8,19	65,19	1,24	0,15	0,52	0,83	100,0	92,1
II	Донская юбилейная	-3,65	8,95	16,15	15,06	1,51	0,85	0,12	0,90	60,2	82,4
III	Ермак	-5,06	9,17	20,70	9,01	1,76	1,12	0,60	0,96	88,1	80,8
	Зерноградка 11	-2,23	8,89	9,60	41,94	1,29	0,51	0,02	0,91	194,0	89,6
	Танаис	-4,01	9,60	18,85	12,30	1,53	0,93	0,93	0,94	54,9	80,1
	Марафон	-2,23	9,50	8,98	47,79	1,20	0,52	0,02	0,97	221,5	90,2
	Ростовчанка 5	-5,16	10,00	20,25	9,44	1,69	1,19	0,15	1,00	47,3	78,4
	среднее	-3,74	9,43	15,7	24,1	1,49	0,85	0,34	0,96	121,2	83,8
IV	Аксинья	-3,10	10,66	12,89	25,83	1,13	0,78	0,15	1,06	171,6	84,5
	Находка	-3,15	9,43	15,53	19,27	1,40	0,83	0,37	0,96	69,5	85,7
	Шеф	-4,42	9,92	18,41	12,17	1,57	1,10	0,02	1,02	92,8	82,7
	Этюд	-4,44	9,98	17,76	12,56	1,57	1,05	0,14	0,99	102,6	80,1
	Донская степь	-4,86	10,63	18,81	11,52	1,59	1,20	0,02	1,07	107,9	80,6
	среднее	-3,99	10,12	16,7	16,27	1,45	0,99	0,14	1,02	103,9	82,3
V	Юбилей Дона	-5,13	9,78	22,15	8,49	1,72	1,28	0,18	0,98	71,4	77,9
	Зодиак	-5,43	10,02	22,69	7,85	1,74	1,31	0,20	0,98	97,7	76,0
	Рубин Дона	-4,20	10,31	18,45	13,10	1,47	1,12	0,11	1,00	135,9	81,2
	Раздолье	-5,65	10,96	21,95	8,74	1,69	1,38	0,70	1,10	95,9	78,7
	Матрица	-5,41	9,90	22,38	8,30	1,75	1,36	0,06	1,02	84,1	79,8
	Приазовье	-4,21	10,41	17,90	13,95	1,51	1,13	0,12	1,07	137,0	84,0
	Разгуляй	-4,95	10,25	19,27	11,11	1,64	1,19	0,42	1,08	9,42	83,3
	Василич	-4,01	10,89	15,06	18,17	1,46	1,00	0,31	1,12	136,9	85,1
	среднее	-4,87	10,31	19,4	11,21	1,62	1,22	0,25	1,04	106,6	80,8

Если у Донской безостой (I этап) показатель стрессоустойчивости (Y2-Y1) составлял -1,53, то второго - -3,65, третьего - -3,74, четвертого - -3,99 и пятого - -4,87, т.е. самой низкой она была у высокопродуктивных сортов последних лет селекции. В то же время следует отметить, что на каждом этапе селек-

ции есть сорта с более высокой стрессоустойчивостью, чем средняя по периоду. Лучшими в этом отношении близким к Донской безостой можно отнести сорта III периода Зерноградка 11 и Марафон (по -2,23); Донская юбилейная (II период) - -3,65, Аксинья, Находка (IV период) - -3,10 и -3,15; Василич, Рубин

Дона, Приазовье (V период) – -4,01; -4,20 и -4,21, соответственно.

По генетической гибкости генотипа его компенсаторной способности в контрастных условиях среды, показателем которой является средняя урожайность при стрессовом и нестрессовом $((Y_2+Y_1)/2)$ факторе преимущество имели современные сорта озимой пшеницы V и IV этапов селекции. Показатель их генетической гибкости составил в среднем по периоду – 10,31 и 10,12, у сортов предыдущих этапов III, II, I, соответственно: 9,43; 8,95; 8,11. Наибольший интерес по генетической гибкости представляют сорта со значениями этого показателя более 10,0: Аксинья, Донская степь, Зодиак, Рубин Дона, Раздолье, Приазовье, Разгуляй и Василич. При этом следует ещё раз подчеркнуть, что у многих выделенных сортов сохраняется значительный разрыв между урожайностью полученной в благоприятных и неблагоприятных погодных условиях, который отражает их более сильную реакцию на смену лимитирующих факторов, обуславливает низкую или среднюю стрессоустойчивость, межгодовую вариабельность.

Коэффициент вариации и гомеостатичность – два показателя, которые дополняют друг друга, а их сочетание показывает устойчивость признака в изменяющихся условиях среды. Стабильная урожайность свидетельствует о высокой, а вариабельность наоборот о низкой гомеостатичности генотипа в одних и тех же лимитирующих факторах внешней среды. В исследуемом наборе сортов стабильными являются сорта: Донская безостая (I период) с CV = 8,2%, НОМ = 65,19; Зерноградка 11 и Марафон (III период) с CV = 9,6; 9,0% и НОМ=41,94; 47,79, Аксинья (IV этап) с CV = 12,89%, НОМ = 25,83. У остальных сортов IV и V периодов селекции отмечалась тенденция снижения стабильности в сравнении с вышеуказанными сортами. Для них характерны более высокие коэффициенты вариации (от 17,76 у сорта Этюд до 22,69 у сорта Зодиак) и низкие показатели гомеостатичности (от 7,85 у сорта Зодиак до 13,95 у сорта Приазовье). Исключение из них составили сорта со средней изменчивостью и гомеостатичностью Находка и Василич (с CV = 15,53 и 15,06%, НОМ = 19,27 и 18,17).

Эта же закономерность снижения стабильности в процессе селекции на высокую продуктивность подтверждается параметром «фактор стабильности» (SF). Чем его величина ниже, тем выше устойчивость сорта к неблагоприятным условиям среды. По этому показателю большинство сортов II-V этапов селекции уступали сорту I этапа Донской безостой, SF которой равнялся 1,24. Высокой стабильностью на уровне Донской безостой характеризовались сорта Зерноградка 11 и Марафон (III этап), Аксинья (IV этап) (SF равен 1,29; 1,20 и 1,13). Средняя стабильность отмечена у сортов Находка, Рубин Дона, Василич (IV и V этап).

В тоже время анализ урожайности исследуемых сортов по периодам селекции наглядно демонстрирует способность многих из них давать не только высокий, но и относительно стабильный урожай в широком диапазоне условий выращивания, что свидетельствует о их экологической пластичности и экологической стабильности. Первый показатель – коэффициент линейной регрессии (b), характеризующий отзывчивость сортов на изменение условий выращивания, второй – дисперсия отклонений от линии регрессии, его стабильность в различных условиях среды (δ^2d). В наших исследованиях показатель "b" характеризуется возрастающей величиной от предыдущего этапа селекции

к последующему. Если у сорта Донская безостая (I период) он равен 0,15, у II и III периодов – 0,85, то у современных сортов IV и V – 0,99 и 1,22.

Сильной отзывчивостью на изменение условий ($b_i > 1,1$) по периодам селекции характеризовались сорта Ермак ($b_i = 1,12$), Ростовчанка 5 ($b_i = 1,19$), Шеф ($b_i = 1,10$), Донская степь ($b_i = 1,20$), Юбилей Дона ($b_i = 1,28$), Зодиак ($b_i = 1,31$), Рубин Дона ($b_i = 1,12$), Раздолье ($b_i = 1,38$), Матрица ($b_i = 1,36$), Приазовье ($b_i = 1,13$), Разгуляй ($b_i = 1,12$). Данные сорта относятся к интенсивным и способны формировать высокий уровень урожайности на высоком агрофоне, а также при благоприятных природно-климатических условиях. Вместе с тем для них характерна низкая экологическая устойчивость, что подтверждают значения их стрессоустойчивости и повышенный уровень вариабельности.

Слабая отзывчивость ($b_i < 0,90$) отмечена у сортов Донская безостая ($b_i = 0,15$), Донская юбилейная ($b_i = 0,85$), Зерноградка 11 ($b_i = 0,51$), Марафон ($b_i = 0,52$), Аксинья ($b_i = 0,78$). Такие сорта лучше выращивать на низких агрофонах, где их сравнительно низкая урожайность компенсируется по сравнению с интенсивными более высокой стабильностью за счёт повышенной стрессоустойчивости. И только сорта Танаис, Этюд и Василич имели коэффициент линейной регрессии равный или близкий к единице (0,93-1,05), что свидетельствует об их высокой пластичности. Изменение их урожайности соответствует изменению условий выращивания.

Для производственных условий с целью получения гарантированного стабильно высокого урожая желательно иметь сортовые структуры с сочетанием сортов с высокими, низкими и средними значениями экологической пластичности.

Анализ экологической стабильности показал, что большинство изучаемых в опыте и используемых в производстве сортов являются более стабильным, чем Донская безостая, у которой эта величина составила 0,52. Самая высокая стабильность установлена у сортов Зерноградка 11, Марафон, Шеф, Донская степь, Матрица ($\delta^2d = 0,02-0,06$). Менее стабильными оказались сорта Разгуляй, Ермак, Раздолье, Танаис ($\delta^2d = 0,42-0,93$), остальные сорта по этому показателю занимали промежуточное положение, с варьированием от 0,11 у сорта Рубин Дона до 0,37 у Находки.

Из параметров гомеостатичности наиболее важным является показатель уровня стабильности сорта (ПУСС), который характеризует его способность отзываться на улучшение условий среды, а при их ухудшении поддерживать сравнительно высокий уровень продуктивности. Чем выше относительно стандарта (в наших исследованиях это сорт раннего года районирования Донская безостая), тем лучше, стабильнее сорт. При сравнении данного показателя по периодам селекции прослеживается его снижение на 39,8% во втором, что связано с районированием первых полкарликовых высококачественных сортов, а затем его рост на последующих этапах на 21,2%; 8,9% и 6,6%. Лучшие значения ПУСС имели сорта Марафон (221,5), Зерноградка 11 (194,0), Аксинья (171,6), Приазовье (137,0) и Василич (136,9).

Коэффициент адаптации (Ka), указывающий на продуктивные возможности сорта, характеризовался повышением его в процессе селекции от первого этапа к последующим. Самым высоким этот показатель был у современных сортов IV-V периодов (1,024 и 1,040, оптимальная величина 1,01) превысив сорта преды-

дущих этапов III, II и I на 6,2-8,3%, 13,3-15,4%, 22,9-25,3%, соответственно.

Рассматривая один из параметров оценки сортов в различных условиях среды реализации потенциала их урожайности (РПУ, %) следует подчеркнуть, что в результате селекции произошло некоторое его снижение в сравнении с сортом I периода Донская безостая всего лишь на 8,3-11,3%, т.е. изучаемые сорта, в том числе и последних лет селекции, достаточно полно раскрывают потенциал урожайности в контрастные по метеословиям годы. Лучшими по этому показателю среди сортов всех периодов селекции были Зерноградка 11 (89,6%), Марафон (90,2%), Аксинья (84,5%), Находка (85,7%), Приазовье (84,0%), Василич (85,1%). Данные сорта представляют особую ценность, так как сочетают высокий параметр «РПУ» с низкой изменчивостью урожайности (CV=9,0-17,9%), т.е. способны хорошо противостоять отрицательным воздействиям погодных условий.

Анализ расчетных данных параметров экологической пластичности, стабильности, адаптивности позволил выявить общие тенденции изменений в процессе селекции с последовательным повышением или снижением их показателей от периода к периоду.

Однако использование этих данных в сортовом разрезе вызывает определенные сложности, так как

для одного и того же сорта характерны как максимальные, так и минимальные значения того или иного параметра. Поэтому более объективным и наглядным мерилем адаптивности сорта является комплексная рейтинговая оценка по сумме рангов изученных нами параметров (таблица 4).

Рейтинговая оценка параметров урожайности, адаптивности, пластичности и стабильности позволила по сумме баллов выявить лучшие, входящие в первую десятку, сорта: Василич (64), Аксинья (68), Приазовье (81), Марафон (88), Донская степь (92), Рубин Дона (95), Зерноградка 11 (112), Разгуляй (114) и Раздолье (118).

У нового сорта Василич, занявшего первое место в рейтинге, основной вклад в сумму рангов вносят большинство расчетных параметров с максимальными и средними значениями урожайности, стрессоустойчивости, генетической гибкости, изменчивости, стабильности, коэффициента адаптации, реализации потенциальной урожайности. Сумма рангов сортов Приазовье, Донская степь, Раздолье, Разгуляй складывалась из показателей максимальной и средней урожайности генетической гибкости, отзывчивости на улучшение условий среды и коэффициента адаптации.

Таблица 4. Ранжирование сортов озимой пшеницы по урожайности и параметрам адаптивности (2020-2024 гг.)

Table 4. Ranking of winter wheat varieties according to productivity and adaptability parameters (2020-2024)

Сорт	Ранг по параметру													Сумма рангов
	Y2	Y1	X	Y2-Y1	(Y2+Y1)/2	CV, %	НОМ	SF	bi	δ²d	ПУСС	Ka	РПУ, %	
Донская безостая	14	20	19	1	20	1	1	3	18	12	9	15	1	134
Донская юбилейная	18	17	18	5	18	6	7	8	13	4	18	14	10	156
Ермак	19	14	14	13	17	14	16	17	8	13	14	10	12	181
Зерноградка 11	9	19	17	2	19	3	3	4	17	1	2	13	3	112
Танаис	12	15	16	6	14	11	11	9	12	15	19	12	14	166
Марафон	3	18	13	2	15	2	2	2	16	1	1	11	2	88
Ростовчанка 5	13	7	10	15	9	13	15	13	6	6	20	7	17	151
Аксинья	1	11	6	3	3	4	4	1	15	6	9	5	6	68
Находка	8	16	15	4	16	5	5	5	14	10	17	10	4	136
Шеф	11	13	9	9	11	10	12	10	9	1	13	6	9	123
Этюд	10	12	9	10	10	8	10	10	10	5	8	8	14	124
Донская степь	6	2	4	11	4	11	13	11	5	1	7	4	13	92
Юбилей Дона	16	10	12	14	10	16	18	14	4	7	16	9	18	167
Зодиак	15	4	11	17	8	17	20	15	3	8	10	9	13	156
Рубин Дона	5	9	7	7	6	10	9	7	8	3	6	7	11	95
Раздолье	7	1	2	18	1	15	17	18	1	14	11	2	16	118
Матрица	17	6	8	16	12	18	19	16	2	2	15	6	15	152
Приазовье	4	8	5	8	5	9	8	8	7	4	4	4	7	81
Разгуляй	9	5	3	12	7	12	14	12	6	11	12	3	8	114
Василич	2	3	1	6	2	7	6	6	11	9	5	1	5	64

Основными параметрами, вносящими вклад в сумму рангов сортов Аксинья, Марафон, Зерноградка 11, Рубин Дона, были уровень минимальной урожайности, стрессоустойчивости, изменчивости, гомеостатичности и стабильности.

Выделившиеся по урожайности и адаптивности сорта можно рекомендовать сельхозпроизводителям регионов допуска к более широкому увеличению их посевных площадей для роста урожайности и валовых сборов зерна. В селекционных целях отмеченные сорта могут использоваться в качестве исходного мате-

риала для создания новых сортов с сочетанием высокой продуктивности и адаптивности.

Выводы. За 45 лет селекционной работы по мягкой озимой пшенице интенсивного типа (1981-2025 гг.), условно разбитым на 5 периодов, отмечался последовательный рост урожайности от периода к периоду. У современных сортов пятого периода в сравнении с сортом Донская безостая (I период) он составил в среднем за годы изучения 2,13 т/га или 26,1%. Рост средней урожайности обеспечивался в первую очередь, повышением максимальной урожайности, уровень которой вырос на 3,87 т/га или 43,6%. Потенциал урожайности новых сортов Василич, Разгуляй, Приазовье, Раздолье, Донская степь и другие свыше 12-13 т/га. Минимальная урожайность выросла при этом незначительно, всего лишь на 0,53 т/га или 7,2%, что свидетельствует о недостаточности механизмов адаптации современных сортов.

Анализ расчетных данных по основным параметрам адаптивности позволил разносторонне оценить адаптивные свойства сортов и определить характер их изменений в результате селекционной деятельности от периода к периоду и прежде всего в сравнении с

высокоадаптивным сортом первого периода Донская безостая. По параметрам стрессоустойчивости, изменчивости, гомеостатичности, фактора стабильности выявлена тенденция их снижения в процессе селекции, по показателям генетическая гибкость, экологическая пластичность и стабильность, коэффициент адаптации наблюдается тенденция повышения с максимальной выраженностью величины у современных сортов.

На основе комплексной рейтинговой оценки изучаемых сортов озимой пшеницы по показателям урожайности и адаптивности выявлены лучшие сорта с сочетанием стабильной урожайности независимо от стрессовых условий и основных адаптивных свойств. Это Василич (64), Аксинья (68), Приазовье (81), Марафон (88), Донская степь (92), Рубин Дона (95).

Выделившиеся сорта рекомендуется использовать в селекционных целях и в условиях производства с целью повышения урожайности, её стабильности и валового производства зерна в зонах допуска.

Финансирование. Исследования выполнены в рамках государственного задания FNFN-2025-0006.

Библиографический список

1. Барковская Т.А., Гладышева О.В., Давыдова Н.В. Сорта яровой мягкой пшеницы для Нечерноземья // Земледелие. 2018. №8. С.38-41. DOI: 10.31367/2079-8725-2019—64-4-61-65
2. Безуглая Т.С., Самофалова Н.Е., Иличкина Н.П., Дубинина О.А., Каменева А.С. Адаптивный потенциал новых сортов и линий озимой твёрдой пшеницы в условиях Ростовской области // Зерновое хозяйство России. 2021. № 3(75). С. 27-33. DOI: 10.31367/2079-8725-2021-75-3-27-33
3. Верхоламочкин С.В., Бельченко С.А., Васькина Т.И. Агроэкологическое испытание сортов и гибридов сорго кормового [SORGHUM BICOLOR (L.) MOENCH] в условиях юго-западной части Центральной России // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. 2021. № 3. С. 27-38
4. Гончаренко А.А. Экологическая устойчивость сортов зерновых культур и задачи селекции // Зерновое хозяйство России. 2016. №2(44). С. 31-36
5. Засыпкина И.И., Филлипов Е.Г. Оценка сортов озимого ячменя по величине урожайности и показателям адаптивности в условиях Нижнего Дона // Зерновое хозяйство России. 2023. Т.15, №1. С. 56-63. DOI: 10.31367/2079-8725-2023-84-1-56-63
6. Ионова Е.В., Лиховидова В.А., Газе В.Л. Изменение механизмов адаптивности и урожайности сортово-озимой мягкой пшеницы в засушливых условиях по этапам сортосмены // Зерновое хозяйство России. 2021. № 1(73). С. 3-7. DOI: 10.31367/2079-8725-2021-73-1-3-7
7. Крохмаль А.В., Грабовец А.И., Гординская Е.А. Бирюков К.Н., Барулина Н.И. Селекция тритикале кормового направления на продуктивность и адаптивность // Достижения науки и техники АПК. 2020.Т.34, №6. С. 54-58. DOI: 10.24411/0235-2451-2020-10610
8. Левакова О.В., Костьянц М.И. Галатея – новый сорт озимой мягкой пшеницы для Центрального региона России // Аграрная наука Евро-Севера-Востока. 2022. №1(23). С. 36-43. DOI: 10.30766/2072-9081.2022.23.1.36-43
9. Рустамов Х.Н., Акпаров З.И., Аббасов М.А. Адаптивный потенциал сортов пшеницы твёрдой (*Triticum durum* Desf.) Азербайджана // Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции. 2020. Т.181, №4. С. 22-28. 2022. DOI: 30901/2227-8834-2020-4-22-28
10. Рыбась И.А. Повышение адаптивности в селекции зерновых культур (Обзор) // Сельскохозяйственная биология. 2016. Т.51, №5. С. 617-626. DOI: 10.15389/agrobiology.2016/5.617.rus
11. Сафонова И.В., Аниськов Н.И. Эффективность использования некоторых критериев определения адаптивности на примере сортов озимой ржи // Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции. 2023. Т.184, №2. С. 66-75. DOI: 30901/2227-8834-2023-66-75
12. Тадеева А.А., Тадеева В.В. Урожайность озимой пшеницы в зависимости от сроков и норм высева // Аграрный вестник Урала. 2023. №05(234). С.36-48. DOI: 10.32417/1997-4868-2023-234-05-36-48
13. Dragavtsev V.A. Solutions of technologic problems of breeding yield increasing, which issue from the Theory of eco-genetic organization of quantitative characters // East European Scientific Journal. 2019. Vol. 2(42). P. 11-26
14. Sujetoviene G., Velicka R., Kanapickas A., Knauciuniene Z., Romanovskaja D., Baksiene E., Vaguseviciene I., Klepeckas M., Juknys R. Climate-change-related long-term historical and projected changes to spring barley phenological in Lithuania //The Journal of Agricultural Science. 2018. V. 156. Iss. 9. P. 1061-1069. DOI: <https://doi.org/10.1017/S0021859618000904>

References

1. Barkovskaya T.A., Gladysheva O.V., Davydova N.V. Sorta yarovoi myagkoi pshe-nitsy dlya Nechernozem'ya [Spring common wheat varieties for the Non-Blackearth region] // Zemledelie. 2018. №8. S.38-41. DOI: 10.31367/2079-8725-2019—64-4-61-65
2. Bezuglaya T.S., Samofalova N.E., Ilichkina N.P., Dubinina O.A., Kameneva A.S. Adaptivnyi potentsial novykh sortov i linii ozimoi tverdoi pshe-nitsy v usloviyakh Rostovskoi oblasti [Adaptive potential of new winter durum wheat varieties and lines in the Rostov Region] // Zernovoe khozyaistvo Rossii. 2021. № 3(75). S. 27-33. DOI: 10.31367/2079-8725-2021-75-3-27-33
3. Verkholamochkin S.V., Bel'chenko S.A., Vas'kina T.I. Agroekologicheskoe is-pytanie sortov i gibridov sorgo kormovogo [SORGHUM BICOLOR (L.) MOENCH] v usloviyakh yugo-zapadnoi chasti Tsentral'noi Rossii [Agroecological testing of forage sorghum varieties and hybrids [SORGHUM BICOLOR (L.) MOENCH] in the southwestern part of Central Russia] // Vestnik Kurskoi gosudarstvennoi sel'skokhozyaistvennoi akademii. 2021. № 3. S. 27-38
4. Goncharenko A.A. Ekologicheskaya ustoichivost' sortov zernovykh kul'tur i zadachi selektsii [Environmental sustainability of grain crop varieties and objectives of breeding] // Zernovoe khozyaistvo Rossii. 2016. №2(44). S. 31-36
5. Zasypkina I.I., Filipov E.G. Otsenka sortov ozimogo yachmenya po velichine urozhainosti i pokazatelyam adaptivnosti v usloviyakh Nizhnego Dona [Estimation of winter barley varieties according to productivity and adaptability indicators in the Lower Don region] // Zernovoe khozyaistvo Rossii. 2023. T.15, №1. S. 56-63. DOI: 10.31367/2079-8725-2023-84-1-56-63
6. Ionova E.V., Likhovidova V.A., Gaze V.L. Izmenenie mekhanizmov adaptivno-sti i urozhainosti sortovozimoi myagkoi pshe-nitsy v zasushlyvykh usloviyakh po etapam sortosmeny [Changes in adaptability and productivity mechanisms of winter common wheat varieties under arid conditions at variety rotation stages] // Zernovoe khozyaistvo Rossii. 2021. № 1(73). S. 3-7. DOI: 10.31367/2079-8725-2021-73-1-3-7
7. Krokmal' A.V., Grabovets A.I., Gordinskaya E.A. Biryukov K.N., Barulina N.I. Seleksiya tritikale kormovogo napravleniya na produktivnost' i adaptivnost' [Breeding triticale for fodder productivity and adaptability] // Dostizheniya nauki i tekhniki APK. 2020. T.34, №6. S. 54-58. DOI: 10.24411/0235-2451-2020-10610
8. Levakova O.V., Koston'yants M.I. Galateya – novyi sort ozimoi myagkoi pshe-nitsy dlya Tsentral'nogo regiona Rossii [New winter common wheat variety 'Galateya' for the Central region of Russia] // Agrarnaya nauka Evro-Severa-Vostoka. 2022. №1(23). S. 36-43. DOI: 10.30766/2072-9081.2022.23.1.36-43
9. Rustamov Kh.N., Akparov Z.I., Abbasov M.A. Adaptivnyi potentsial sortov pshe-nitsy tverdoi (Triticum durum Desf.) Azerbaidzhana [Adaptive potential of durum wheat varieties (Triticum durum Desf.) from Azerbaijan] // Trudy po prikladnoi botanike, genetike i selektsii. 2020. T.181, №4. S. 22-28. 2022. DOI: 30901/2227-8834-2020-4-22-28
10. Rybas' I.A. Povyshenie adaptivnosti v selektsii zernovykh kul'tur (Obzor) [Improving adaptability in grain crop breeding (review)] // Sel'skokhozyaistvennaya biologiya. 2016. T.51, №5. S. 617-626. DOI: 10.15389/agrobiol.2016/5.617.rus
11. Safonova I.V., Anis'kov N.I. Effektivnost' ispol'zovaniya nekotorykh kriteriev opredeleniya adaptivnosti na primere sortov ozimoi rzhi [Efficiency of some criteria for determining adaptability using winter rye varieties as an example] // Trudy po prikladnoi botanike, genetike i selektsii. 2023. T.184, №2. S. 66-75. DOI: 30901/2227-8834-2023-66-75
12. Tadeeva A.A., Tadeeva V.V. Urozhainost' ozimoi pshe-nitsy v zavisimosti ot srokov i norm vyseva [Winter wheat productivity depending on sowing dates and seeding rates] // Agrarnyi vestnik Urala. 2023. №05(234). S.36-48. DOI: 10.32417/1997-4868-2023-234-05-36-48
13. Dragavtsev V.A. Solutions of technologic problems of breeding yield increasing, which issue from the Theory of eco-genetic organization of quantitative characters // East Euro-pean Scientific Journal. 2019. Vol. 2(42). P. 11-26
14. Sujetoviene G., Velicka R., Kanapickas A., Knauciuniene Z., Romanovskaja D., Baksiene E., Vaguseviciene I., Klepeckas M., Juknys R. Climate-change-related long-term historical and projected changes to spring barley phenological in Lithuania //The Journal of Agri-cultural Science. 2018. V. 156. Iss. 9. P. 1061-1069. DOI: <https://doi.org/10.1017/S0021859618000904>

Поступила: 08.08.25; доработана после рецензирования: 12.10.25; принята к публикации: 19.01.26.

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. Самофалов А.П. – концептуализация исследования, анализ данных и их интерпретация, подготовка рукописи; Подгорный С.В., Скрипка О.В., Чернова В.Л. Головки А.А. – подготовка, закладка и проведение полевого опыта, статистическая обработка данных.

Все авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.