

## ОЦЕНКА АДАПТИВНЫХ СВОЙСТВ СОРТОВ ОЗИМОЙ МЯГКОЙ ПШЕНИЦЫ СЕЛЕКЦИИ ФГБНУ «АНЦ «ДОНСКОЙ»

**Е.И. Некрасов**, кандидат сельскохозяйственных наук, младший научный сотрудник лаборатории селекции и семеноводства озимой мягкой пшеницы полуинтенсивного типа, 89585748977@yandex.ru, ORCID ID: 0000-0002-9505-7899;

**Д.М. Марченко**, кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник лаборатории селекции и семеноводства озимой мягкой пшеницы полуинтенсивного типа, wiza101@mail.ru, ORCID ID: 0000-0002-5251-3903;

**М.М. Иванисов**, кандидат сельскохозяйственных наук, научный сотрудник лаборатории селекции и семеноводства озимой мягкой пшеницы полуинтенсивного типа, ivaniso561991@yandex.ru, ORCID ID: 0000-0001-7395-0910  
ФГБНУ «Аграрный научный центр «Донской»,  
347740, Ростовская обл., г. Зерноград, Научный городок, 3; e-mail: vniizk30@mail.ru

Важным аспектом в селекционных программах является увеличение потенциала урожайности озимой пшеницы. В то же время от современных генотипов требуется не только высокая продуктивность с соответствующим качеством зерна, но и устойчивость к неблагоприятному воздействию условий выращивания. Таким образом, изучение генотипа по взаимодействию с окружающей средой является неотъемлемым компонентом при поиске путей для дальнейшего повышения продуктивности сортов. Цель этого исследования состояла в том, чтобы определить стабильность и взаимодействие генотипа с окружающей средой сортов озимой мягкой пшеницы селекции ФГБНУ «АНЦ «Донской». В опыте изучали 14 сортов озимой мягкой пшеницы, выращенных по предшественнику подсолнечник в 2018–2021 годах. В результате исследований было установлено, что на формирование урожайности оказал наибольшее влияние фактор «год» – 53,72%, на фактор «сорт» приходилось 20,17%, а совокупность факторов «год × сорт» оценивалась в 22,40%. В среднем за годы исследований урожайность по сортам изменялась от 4,81 т/га (Дон 107) до 5,38 т/га (Золотой колос). Высокую отзывчивость на изменение условий среды показали сорта Лидия ( $b_i = 1,04$ ), Жаворонок ( $b_i = 1,32$ ), Капризуля ( $b_i = 1,41$ ), Лилит ( $b_i = 1,44$ ), Подарок Крыму ( $b_i = 1,59$ ) и Краса Дона ( $b_i = 1,64$ ). Высокими показателями гомеостатичности и низкими значениями коэффициента вариации характеризовались сорта Полина ( $Hom = 94,27$ ;  $Cv = 8,90\%$ ) и Аюта ( $Hom = 238,85$ ;  $Cv = 5,73\%$ ).

**Ключевые слова:** озимая мягкая пшеница, сорт, урожайность, экологическая пластичность, гомеостатичность.

**Для цитирования:** Некрасов Е.И., Марченко Д.М., Иванисов М.М. Экологическая пластичность сортов озимой мягкой пшеницы // Зерновое хозяйство России. 2022. Т. 14. № 2. С. 54–58. DOI: 10.31367/2079-8725-2022-80-2-54-58.



## ESTIMATION OF ADAPTABLE PROPERTIES OF WINTER BREAD WHEAT VARIETIES DEVELOPED BY THE FSBSI “ARC “DONSKOY”

**E.I. Nekrasov**, Candidate of Agricultural Sciences, junior researcher of the laboratory for breeding and seed production of winter bread wheat of half-intensive type, 89585748977@yandex.ru, ORCID ID: 0000-0002-9505-7899;

**D.M. Marchenko**, Candidate of Agricultural Sciences, leading researcher of the laboratory for breeding and seed production of winter bread wheat of half-intensive type, wiza101@mail.ru, ORCID ID: 0000-0002-5251-3903;

**M.M. Ivanisov**, Candidate of Agricultural Sciences, researcher of the laboratory for breeding and seed production of winter bread wheat of half-intensive type, ivaniso561991@yandex.ru, ORCID ID: 0000-0001-7395-0910  
Agricultural Research Center “Donskoy”,  
347740, Rostov region, Zernograd, Nauchny Gorodok, 3; e-mail: vniizk30@mail.ru

An important aspect in breeding programs is to increase a potential of winter wheat productivity. At the same time, modern genotypes are required to possess not only high productivity with appropriate grain quality, but also resistance to the unfavorable effects of growing conditions. Thus, the study of the genotype according to its interaction with the environment is an integral component in the search for ways to further productivity increase of varieties. The purpose of the current study was to identify the stability and interaction of the genotype with the environment in the winter bread wheat varieties developed by the FSBSI “ARC “Donskoy”. In the study there were used 14 varieties of winter bread wheat grown after sunflower in 2018–2021. As a result of the study, there was found that the factor “year” had the greatest effect on productivity (53.72%), the factor “variety” influences on productivity on 20.17%, and the correlation of the factors “year × variety” affected on productivity on 22.40%. On average, through the years of study, the varieties’ productivity ranged from 4.81 t/ha (the variety ‘Don 107’) to 5.38 t/ha (the variety ‘Zolotoy Kolos’). The varieties ‘Lidiya’ ( $b_i = 1.04$ ), ‘Zhavoronok’ ( $b_i = 1.32$ ), ‘Kaprizulya’ ( $b_i = 1.41$ ), ‘Lilit’ ( $b_i = 1.44$ ), ‘Podarok Krymu’ ( $b_i = 1.59$ ) and ‘Krasa Dona’ ( $b_i = 1.64$ ) have shown a strong responsiveness to the changes of the environment. The varieties ‘Polina’ ( $Hom = 94.27$ ;  $Cv = 8.90\%$ ) and ‘Ayuta’ ( $Hom = 238.85$ ;  $Cv = 5.73\%$ ) were characterized by high homeostatic indices and low values of the coefficient of variance.

**Keywords:** winter bread wheat, variety, productivity, ecological adaptability, homeostaticity.

**Введение.** Пшеница (*Triticum aestivum*) является одной из главных зерновых культур и основным продуктом питания во всем мире, поскольку она растет как в умеренных, так и в более теплых регионах, устойчива к засухе и морозам. Пшеничное зерно питательно, оно состоит из крахмала, клетчатки, витаминов В и Е, железа и антиоксидантов. Кроме того, в нем содержится клейковина, способная формировать полностью эластичное тесто для выпечки хлеба, а также является во всем мире важным ингредиентом в секторе пищевой промышленности для приготовления различных продуктов питания (Gupta, 2021).

В настоящее время *Triticum aestivum* L. – одна из основных возделываемых культур в Ростовской области. Ее преимущество в сравнении с яровой пшеницей заключается в способности формирования более высокой продуктивной кустистости, веса зерна с колоса и массы 1000 зерен, которые, в свою очередь, вносят основной вклад в урожайность сортов (Некрасова, 2014; Костылев и др., 2015).

Известно, что фундаментально важным аспектом в селекционных программах является увеличение потенциала урожайности озимой пшеницы (Потанин и др., 2014; Некрасова и др., 2017). В то же время от современных генотипов требуется не только высокая урожайность с соответствующим качеством зерна, но и устойчивость к влиянию неблагоприятных факторов среды. Таким образом, изучение генотипа по взаимодействию с окружающей средой является неотъемлемым компонентом при поиске путей для дальнейшего повышения продуктивности сортов.

Стабильность урожая в различных экологических условиях может обеспечить высокая адаптивность сорта, которая определяется гомеостатичностью его генотипа. Применение селекционных программ, направленных на повышение гомеостаза, приобретает особое значение для регионов с недостаточной влагообеспеченностью. При этом на протяжении всей научной работы важна комплексная оценка сортов для использования его в качестве источников и доноров. Чтобы изучить сорт с позиции целесообразности выращивания в различных климатических условиях и выявить непосредственную реакцию на воздействие этого фактора, используются такие характеристики, как экологическая пластичность и стабильность изучаемых генотипов. На основе взаимодействия «генотип – среда» разработаны метод и статистическая база исследований адаптивности. В своем исследовании Эберхарт и Рассел (1966) рассчитали по среднему урожаю зерна коэффициент регрессии и дисперсию ошибки регрессии, которые определяют экологическую адаптивность сортов (Рипбергер и др., 2015).

Цель этого исследования состояла в том, чтобы определить стабильность и взаимодействие генотипа с окружающей средой сортов озимой мягкой пшеницы селекции ФГБНУ «АНЦ «Донской».

**Материалы и методы исследований.** В опыте изучали 14 сортов озимой мягкой пшеницы селекции ФГБНУ «АНЦ «Донской» в 2018–2021 гг., выращенных по предшественнику подсолнечник. Посев проводили сеялкой Wintersteiger Plotseed на делянках площадью 10 м<sup>2</sup> в четырехкратной повторности. Стандартный сорт – Дон 107. Полевые оценки, учеты, наблюдения, выполняли согласно Методике государственного сортоиспытания (1989).

Зона возделывания представлена обыкновенным черноземом с содержанием гумуса 3,6–4,0%, имеет сильно выраженную карбонатность.

Климат характеризуется как зона неустойчивого увлажнения с преимуществом засушливых периодов. Среднегодовое количество осадков 588,8 мм, среднегодовая температура 9,7 °С.

Посев проводили сеялкой Wintersteiger Plotseed на делянках площадью 10 м<sup>2</sup> в четырехкратной повторности, стандартный сорт Дон 107. Полевые оценки, учеты, наблюдения выполняли согласно Методике государственного сортоиспытания (1989). Оценку экологической пластичности и стабильности осуществляли по методике S.A. Ebeahart, W.A. Russell в изложении В.А. Зыкина (2005), гомеостатичности – по методике В.В. Хангильдина и Н.А. Литвиненко (1981). Математическую обработку данных проводили по методике Б.А. Доспехова (2014).

Годы проведения исследований были различными по влагообеспеченности. Так 2018 и 2020 гг. характеризовались как засушливые (недобр осадков по сравнению со среднегодовой нормой составил 135,2 и 125,1 мм соответственно) с превышением среднесуточной температуры воздуха на 2,1 и 1,6 °С. В 2019 и 2021 гг. также наблюдался дефицит осадков, но в меньших количествах (на 64,7 и 19,6 мм соответственно), а температура воздуха была выше на 1,8 и 2,0 °С.

**Результаты и их обсуждение.** Поскольку на реализацию генетического потенциала урожайности пшеницы в значительной степени оказывают влияние факторы внешней среды, то изучение фенотипической пластичности и адаптивности этих генотипов в интересующих почвенно-климатических условиях является актуальным (Стасюк и др., 2021).

За период исследований урожайность по сортам *Triticum aestivum* L. изменялась от 4,81 т/га (Дон 107, стандарт) до 5,38 т/га (Золотой колос).

По данному признаку в 2018 г. выделены сорта Лидия (5,58 т/га), Ермак (5,59 т/га), Золотой колос (5,67 т/га), Лилит (5,72 т/га), Капризуля (5,84 т/га) и Краса Дона (5,93 т/га), достоверно превысившие стандарт Дон 107 (4,96 т/га) на 0,62–0,97 т/га.

В 2019 г. наибольшая урожайность получена у сортов Ермак (5,16 т/га), Золотой Колос (5,28 т/га) и Премьера (5,54 т/га). Достоверное

превышение над стандартом Дон 107 (4,68 т/га) на 0,60 и 0,86 т/га отмечено у сортов Золотой колос и Премьера.

По данному признаку в 2020 г. выделены сорта Ермак (4,30 т/га), Лилит (4,67 т/га),

Полина (4,69 т/га), Лидия (4,73 т/га), Изюминка (4,77 т/га), Золотой колос (4,85 т/га), Вольный Дон (5,06 т/га) и Аюта (5,17 т/га), достоверно превысившие стандарт Дон 107 (4,04 т/га) на 0,26–1,13 т/га (табл. 1).

**Таблица 1. Урожайность сортов и индекс условий среды (2018–2021 гг.)**  
**Table 1. Productivity of the varieties and an environmental index (2018–2021)**

Сорт	Год				Средняя урожайность, т/га
	2018	2019	2020	2021	
Дон 107, ст.	4,96	4,68	4,04	5,54	4,81
Ермак	5,59	5,16	4,30	5,75	5,20
Изюминка	5,34	4,52	4,77	5,76	5,10
Лидия	5,58	4,42	4,73	5,96	5,17
Капризуля	5,84	4,54	4,16	5,94	5,12
Лилит	5,72	4,23	4,67	6,43	5,26
Краса Дона	5,93	4,56	4,01	6,14	5,16
Вольный Дон	5,34	4,78	5,06	6,20	5,35
Жаворонок	5,43	4,80	4,06	6,00	5,07
Полина	5,28	4,83	4,69	5,01	4,95
Подарок Крыму	5,09	4,70	3,57	6,08	4,86
Премьера	5,16	5,54	3,38	5,23	4,83
Золотой колос	5,67	5,28	4,85	5,70	5,38
Аюта	5,05	4,83	5,17	5,20	5,06
Средняя урожайность, т/га	5,43	4,78	4,39	5,78	5,09
НСР <sub>05</sub>	0,49	0,60	0,25	0,35	–
I <sub>j</sub> *	+0,33	-0,32	-0,70	+0,69	–

\* Индекс условий среды.

В 2021 г. по урожайности стандарт Дон 107 (5,54 т/га) превысили сорта Капризуля (5,94 т/га), Лидия (5,96 т/га), Жаворонок (6,00 т/га), Подарок Крыму (6,08 т/га), Краса Дона (6,14 т/га), Вольный Дон (6,20 т/га) и Лилит (6,43 т/га), прибавка составила 0,40–0,89 т/га.

После анализа значений индексов условий среды было установлено, что 2018 и 2021 гг. сложились благоприятно для формирования урожайности изучаемых сортов (I<sub>j</sub> = +0,33 и +0,69 соответственно), а 2019 и 2020 гг. оказа-

лись недостаточно благоприятными для возделывания данной культуры (I<sub>j</sub> = -0,32 и -0,70 соответственно).

В результате изучения влияния генотипа (фактор А), условий выращивания (фактор В) и их взаимодействия на формирование урожайности было установлено, что действие фактора «год» составляло 53,72%, на фактор «сорт» приходилось 20,17%, а на совокупность факторов «сорт × год» – 22,40% (табл. 2).

**Таблица 2. Результаты двухфакторного дисперсионного анализа сортов по урожайности**  
**Table 2. Results of the two-way analysis of variance of the varieties according to productivity**

Источник вариации	Сумма квадратов	Степени свободы	Дисперсия	F <sub>факт</sub>	F <sub>таб. 095</sub>	Влияние, %
Фактор А (сорт)	7,19	13	0,55	6,65	1,9	20,17
Фактор В (год)	47,33	3	15,77	189,55	2,8	53,72
Взаимодействие А × В	19,74	39	0,50	6,08	1,7	22,40

По мнению ученых (Würschum et al., 2018), выращивание адаптированных и пластичных сортов – один из менее затратных способов удовлетворить задачи экономики, дающий возможность повысить урожайность сельскохозяйственных культур и улучшить ее качество с небольшими дополнительными затратами.

Чтобы выяснить, как изменяется урожайность генотипов под воздействием окружающей среды, был рассчитан коэффициент линейной регрессии (b<sub>i</sub>). Было выявлено, что значения данного показателя варьировали

в пределах от 0,08 у сорта (Аюта) до 1,64 у сорта (Краса Дона) (табл. 3).

Генотипы Аюта, Полина, Золотой колос, Изюминка, Вольный Дон, стандарт Дон 107 и Ермак демонстрировали слабую адаптивную способность по отношению к перемене условий выращивания (b<sub>i</sub> = от 0,08 до 0,98). Полное соответствие изменения урожайности изменению условий выращивания зафиксировано у сорта Премьера (b<sub>i</sub> = 1), высокая отзывчивость отмечена у сортов Лидия, Жаворонок, Капризуля, Лилит, Подарок Крыму и Краса Дона (b<sub>i</sub> = от 1,04 до 1,64).

**Таблица 3. Распределение сортов в соответствии с коэффициентом линейной регрессии ( $b_i$ ), (среднее за 2018–2021 гг.)**  
**Table 3. Distribution of the varieties according to the linear regression coefficient ( $b_i$ ), (mean in 2018–2021)**

Признак	Коэффициент линейной регрессии		
	$b_i < 1$	$b_i = 1$	$b_i > 1$
Урожайность, т/га	Аюта (0,08)	Премьера (1)	Лидия (1,04)
	Полина (0,32)	–	Жаворонок (1,32)
	Золотой колос (0,61)	–	Капризуля (1,41)
	Изюминка (0,81)	–	Лилит (1,44)
	Вольный Дон (0,82)	–	Подарок Крыму (1,59)
	Дон 107 стандарт (0,96)	–	Краса Дона (1,64)
	Ермак (0,98)	–	–

Коэффициенты вариации сортов озимой мягкой пшеницы изменялись от 5,73 (Аюта) до 36,99% (Подарок Крыму). Слабой изменчивостью урожайности характеризовались сорта Полина и Аюта ( $C_v = 8,90$  и  $5,73\%$ ),

средняя изменчивость отмечена у образцов Золотой Колос, Изюминка и Вольный Дон ( $C_v = 12,85–19,90\%$ ), у остальных изучаемых сортов зафиксирована сильная изменчивость данного признака ( $C_v = > 20\%$ ) (табл. 4).

**Таблица 4. Величины гомеостатичности и экологической стабильности сортов по изменению урожайности (среднее за 2018–2021 гг.)**  
**Table 4. Values of homeostaticity and ecological stability of the varieties according to productivity changes (mean in 2018–2021)**

Сорт	Урожайность, т/га		Коэффициент вариации ( $C_v$ ), %	Гомеостатичность, (Hom)	Среднеквадратическое отклонение ( $\sigma^2d$ )
	max	min			
Дон 107, ст.	5,54	4,04	22,46	14,26	0,04
Ермак	5,75	4,30	21,64	16,57	0,07
Изюминка	5,76	4,77	19,00	27,09	0,09
Лидия	5,96	4,42	24,06	13,96	0,14
Капризуля	5,94	4,16	30,56	9,41	0,05
Лилит	6,43	4,23	32,86	7,28	0,27
Краса Дона	6,14	4,01	34,86	6,95	0,04
Вольный Дон	6,20	4,78	19,90	18,91	0,17
Жаворонок	6,00	4,06	28,48	9,18	0,02
Полина	5,28	4,69	8,90	94,27	0,04
Подарок Крыму	6,08	3,57	36,99	5,24	0,13
Премьера	5,54	3,38	35,13	6,36	0,85
Золотой колос	5,70	4,85	12,85	49,20	0,02
Аюта	5,20	4,83	5,73	238,85	0,04

Показатель гомеостатичности варьировал от 5,24 (Подарок Крыму) до 238,85 (Аюта). Чем незначительнее изменяется урожайность, тем выше становятся значения гомеостатичности сортов, что показывает их способность противостоять неблагоприятному влиянию условий среды (стабильность). В наших исследованиях коэффициент корреляции между изменчивостью и гомеостатичностью был сильным отрицательным ( $r = -0,75$ ).

Наиболее стабильными, у которых отмечены высокие показатели гомеостатичности и низкие значения коэффициента вариации при дополнении данных среднеквадратического отклонения, являлись сорта Полина (Hom = 94,27;  $C_v = 8,90\%$ ) и Аюта (Hom = 238,85;  $C_v = 5,73\%$ ).

**Выводы.** В результате исследований было установлено, что среднее значение за годы исследований по урожайности у сортов озимой мягкой пшеницы изменялось от 4,81 т/га (Дон 107) до 5,38 т/га (Золотой колос). Высокую отзывчивость на изменение условий среды показали сорта Лидия ( $b_i = 1,04$ ), Жаворонок ( $b_i = 1,32$ ), Капризуля ( $b_i = 1,41$ ), Лилит ( $b_i = 1,44$ ), Подарок Крыму ( $b_i = 1,59$ ) и Краса Дона ( $b_i = 1,64$ ). Высокими показателями гомеостатичности и низкими значениями коэффициента вариации при дополнении данных среднеквадратического отклонения характеризовались сорта Полина (Hom = 94,27;  $C_v = 8,90\%$ ) и Аюта (Hom = 238,85;  $C_v = 5,73\%$ ).

#### Библиографические ссылки

1. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). 6-е изд., перераб. и доп. Стереотип изд. 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. Костылев П.И., Некрасова О.А. Изучение типов наследования ряда признаков мягкой озимой пшеницы и ее комбинационной способности // Зерновое хозяйство России. 2015. № 6(42). С. 10–15.

4. Некрасова О.А. Типы наследования высоты растений у гибридов F1 мягкой озимой пшеницы // Аграрный вестник Урала. 2014. № 11(129). С. 12–15.
5. Некрасова О.А., Костылев П.И., Некрасов Е.И. Изучение типов наследования массы 1000 зерен у гибридов F1 мягкой озимой пшеницы // Зерновое хозяйство России. 2017. № 1(49). С. 20–23.
6. Потанин В.Г., Алейников А.Ф., Степочкин П.И. Новый подход к оценке экологической пластичности сортов растений // Вавиловский журнал генетики и селекции. 2014. Т. 18, № 3. С. 548–552.
7. Рипбергер Е.И., Боме Н.А., Траутц Д. Изменчивость высоты растений гибридных форм яровой мягкой пшеницы (*Triticum aestivum* L.) как способ их адаптации в различных эколого-географических условиях // Вавиловский журнал генетики и селекции. 2015. 19(2). С. 185–190. DOI: 10.18699/VJ15.02.
8. 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.
9. Хангильдин В.В., Литвиненко Н.А. Гомеостатичность и адаптивность сортов озимой пшеницы. Научно-технический бюллетень ВСГИ. 1981. № 1. С. 8–14.
10. Gupta R., Meghwal, M., Prabhakar P.K. Bioactive compounds of pigmented wheat (*Triticum aestivum*): Potential benefits in human health. Trends Food Sci // Technol. 2021. 110. P. 240–252. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2021.02.003>.
11. Würschum T., Leiser W.L., Langer S.M., Tucker M.R., Longin C.F.H. Phenotypic and genetic analysis of spike and kernel characteristics in wheat reveals long-term genetic trends of grain yield components // Theor. Appl. Genet. 2018. 131(10). P. 2071–2084. <https://doi.org/10.1007/s00122-018-3133-3>.

### References

1. Dospekhov B.A. Metodika polevogo opyta (s osnovami statisticheskoi obrabotki rezul'tatov issledovaniy) [Methodology of a field trial (with the basics of statistical processing of the study results)]. 6-e izd., pererab. i dop. Stereotip izd. M.: Al'yans, 2014. 352 s.
2. Zykin V.A., Belan I.A., Yusov V.S. Metodika rascheta i otsenki parametrov ekologicheskoi plastichnosti sel'skokhozyaistvennykh rasteniy [Methodology for calculating and estimating the parameters of ecological adaptability of agricultural plants]. Ufa: BashGAU, 2005. 100 s.
3. Kostylev P.I., Nekrasova O.A. Izuchenie tipov nasledovaniya ryada priznakov myagkoi ozimoi pshenitsy i ee kombinatsionnoi sposobnosti [The study of the types of inheritance of a number of traits of winter bread wheat and its combination ability] // Zernovoe khozyaistvo Rossii. 2015. № 6(42). S. 10–15.
4. Nekrasova O.A. Tipy nasledovaniya vysoty rasteniy u gibridov F1 myagkoi ozimoi pshenitsy [Types of plant height inheritance in F1 hybrids of winter bread wheat] // Agrarnyi vestnik Urala. 2014. № 11(129). S. 12–15.
5. Nekrasova O.A., Kostylev P.I., Nekrasov E.I. Izuchenie tipov nasledovaniya massy 1000 zeren u gibridov F1 myagkoi ozimoi pshenitsy [The study of inheritance types of 1000-grain weight in F1 hybrids of winter bread wheat] // Zernovoe khozyaistvo Rossii. 2017. № 1(49). S. 20–23.
6. Potanin V.G., Aleinikov A.F., Stepochkin P.I. Novyi podkhod k otsenke ekologicheskoi plastichnosti sortov rasteniy [A new approach to estimating the ecological adaptability of plant varieties] // Vavilovskii zhurnal genetiki i selektsii. 2014. Т. 18, № 3. С. 548–552.
7. Ripberger E.I., Bome N.A., Trautts D. Izmenchivost' vysoty rasteniy gibridnykh form yarovoi myagkoi pshenitsy (*Triticum aestivum* L.) kak sposob ikh adaptatsii v razlichnykh ekologo-geograficheskikh usloviyakh [Variability of plant height of hybrid forms of spring bread wheat (*Triticum aestivum* L.) as a way of their adaptation in different ecological and geographical conditions] // Vavilovskii zhurnal genetiki i selektsii. 2015. 19(2). S. 185–190. DOI: 10.18699/VJ15.02.
8. 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 breeding lines of bread wheat (*Triticum aestivum* L.) according to the yield structure elements in the environmental conditions of Western Siberia and Tatarstan] // Sel'skokhozyaistvennaya biologiya. 2021. Т. 56, № 1. С. 78–91. DOI: 10.15389/agrobiology. 2021.1.78rus.
9. Khangil'din V.V., Litvinenko N.A. Gomeostatichnost' i adaptivnost' sortov ozimoi pshenitsy [Homeostaticity and adaptability of the winter wheat varieties]. Nauchno-tehnicheskii byulleten' VSGI. 1981. № 1. С. 8–14.
10. Gupta R., Meghwal, M., Prabhakar P.K. Bioactive compounds of pigmented wheat (*Triticum aestivum*): Potential benefits in human health. Trends Food Sci // Technol. 2021. 110. R. 240–252. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2021.02.003>.
11. Würschum T., Leiser W.L., Langer S.M., Tucker M.R., Longin C.F.H. Phenotypic and genetic analysis of spike and kernel characteristics in wheat reveals long-term genetic trends of grain yield components // Theor. Appl. Genet. 2018. 131(10). R. 2071–2084. <https://doi.org/10.1007/s00122-018-3133-3>.

Поступила: 14.03.22; доработана после рецензирования: 25.03.22; принята к публикации: 25.03.22.

**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.** Некрасов Е.И. – концептуализация исследований, выполнение полевых опытов, анализ данных и их интерпретация, подготовка рукописи; Марченко Д.М., Иванисов М.М. – выполнение полевых опытов и анализ данных.

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