

КОНКУРСНОЕ СОРТОИСПЫТАНИЕ ОЗИМОЙ МЯГКОЙ ПШЕНИЦЫ В УСЛОВИЯХ ПЕНЗЕНСКОЙ ОБЛАСТИ

С. В. Косенко, кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник лаборатории селекционных технологий, kosenkosv@mail.ru, ORCID ID: 0000-0001-5698-8618
ФГБНУ «Федеральный научный центр лубяных культур»,
170041, Тверская обл., г. Тверь, пр. Комсомольский, д. 17/56

В статье изложены результаты проведенных исследований в питомнике конкурсного сортоиспытания в лесостепной зоне Пензенской области линий озимой мягкой пшеницы за 2016–2020 годы. Целью исследований являлось изучение и оценка селекционных линий озимой мягкой пшеницы конкурсного сортоиспытания по основным хозяйственно-биологическим признакам и выделение образцов с комплексом хозяйственно ценных признаков и свойств, при которых стабильно сохраняется уровень урожайности. Объектом для исследования послужили 35 линий озимой мягкой пшеницы селекции ФГБНУ ФНЦ ЛК. В качестве стандарта использовали районированный сорт озимой мягкой пшеницы Фотинья. Урожайность линий озимой мягкой пшеницы в конкурсном сортоиспытании колебалась от 4,31 т/га у линии Эритроспермум 17/01-1-08 до 4,85 т/га у линии Эритроспермум 12/00-16-04. По урожайности стандартный сорт Фотинья достоверно превысили 13 линий, прибавки которых составили от 0,37 до 0,92 т/га, $HCP_{05} = 0,24$ т/га. За период исследования проведена комплексная оценка линий озимой мягкой пшеницы на выявление лучших из них носителей хозяйственно ценных признаков, что позволит ускорить создание новых высокопродуктивных сортов с высоким уровнем адаптивности к условиям лесостепи Среднего Поволжья. Интерес для селекции представляют линии Эритроспермум 12/00-16-04, Эритроспермум 29/03-2-06, Эритроспермум 21/00-3-08, Эритроспермум 18/04-3-08, Эритроспермум 17/01-7-08, выделившиеся по комплексу показателей (высокая урожайность – в среднем 4,38–4,85 т/га, зимостойкость – более 90 %, скороспелость, устойчивость к полеганию – 9 баллов, натурная масса зерна – 767–780 г/л, стекловидность – 86–90 %, содержание клейковины в зерне – 28,2–32,2 %, содержание белка в зерне – 14,8–17,1 %). Выделившиеся линии рекомендуются для включения в селекционные программы по созданию высокопродуктивных генотипов озимой мягкой пшеницы.

Ключевые слова: озимая мягкая пшеница, линия, конкурсное сортоиспытание, урожайность, зимостойкость, качество зерна

Для цитирования: Косенко С. В. Конкурсное сортоиспытание озимой мягкой пшеницы в условиях Пензенской области // Зерновое хозяйство России. 2023. Т. 15, № 3. С. 36–41. DOI: 10.31367/2079-8725-2023-86-3-36-41.



COMPETITIVE VARIETY TESTING OF WINTER COMMON WHEAT IN THE CONDITIONS OF THE PENZA REGION

S.V. Kosenko, Candidate of Agricultural Sciences, leading researcher of the laboratory for breeding technologies, kosenkosv@mail.ru, ORCID ID: 0000-0001-5698-8618
FSBSI "Federal Research Center of Fiber Crops",
170041, Russian Federation, Tver, Komsomolsky Av., 17/56

The current paper has presented the results of winter common wheat, studied in the nursery of the Competitive Variety Testing in the forest-steppe zone of the Penza region for 2016–2020. The purpose of the study was to estimate breeding lines of winter common wheat of the Competitive Variety Testing according to the main economic and biological traits and to identify samples with a complex of economically valuable traits and properties, in which the productivity level is stably maintained. The objects of the study were 35 winter common wheat lines developed by the FSBSI "Federal Research Center of Fiber Crops". The zoned variety of winter common wheat 'Fotinya' was used as a standard one. The productivity of winter common wheat lines in the competitive variety testing ranged from 4.31 t/ha (the line 'Erythrosperrum 17/01-1-08') to 4.85 t/ha (the line 'Erythrosperrum 12/00-16-04'). According to productivity, the standard variety 'Fotinya' significantly exceeded 13 lines, the increase of which ranged from 0.37 to 0.92 t/ha, $HCP_{05} = 0.24$ t/ha. During the study period, there was carried out a comprehensive estimation of winter common wheat lines to identify the best of them as carriers of economically valuable traits, which can promote developing new highly productive varieties with a high level of adaptability to the conditions of the forest-steppe of the Middle Volga region. The lines 'Erythrosperrum 12/00-16-04', 'Erythrosperrum 29/03-2-06', 'Erythrosperrum 21/00-3-08', 'Erythrosperrum 18/04-3-08', 'Erythrosperrum 17/01-7-08' are of great interest for breeding, since they have been distinguished by a set of indicators (with a mean yield of 4.38–4.85 t/ha, more than 90 % of winter resistance, early maturity, 9 points of resistance to lodging, natural grain weight of 767–780 g/l, 86–90 % of kernel hardness, 28.2–32.2 % of gluten in grain, 14.8–17.1 % of protein in grain). The selected lines have been recommended for inclusion in breeding programs for the development of highly productive winter common wheat genotypes.

Keywords: winter common wheat, line, the Competitive Variety Testing, productivity, winter resistance, grain quality

Введение. Озимая мягкая пшеница (*Triticum aestivum*) является важнейшей продовольственной культурой России, занимающей значительную долю в структуре зернового клина. Озимая мягкая пшеница (*Triticum aestivum* L.) – биологически очень сложная куль-

тура. Специфика условий лесостепи Среднего Поволжья усугубляет эту сложность. Довольно продолжительная вегетация влечет за собой сильную зависимость урожайности от ее погодных условий. Повышение урожайности и ее стабильности обусловлено достижениями селекции, созданием сортов, обладающих адаптивностью к агроклиматическим условиям региона возделывания, генетической защитой от неблагоприятных факторов, высоким потенциалом хозяйственно ценных признаков (Алабушев, 2019; Ly et al., 2018; Mohammadi et al., 2016).

Для успешного создания сортов, сочетающих высокую урожайность с устойчивостью к биотическим и абиотическим факторам, необходимо изучение закономерностей изменений основных хозяйственно ценных признаков под влиянием сортовых особенностей, природно-климатических условий и их взаимодействия в конкретных экологических условиях, которые дадут возможность обосновывать подбор родительских форм для гибридизации и проводить отбор селекционно ценных рекомбинантов в расщепляющихся поколениях (Luján Basile et al., 2019; Clarke et al., 2021; Raza et al., 2019).

Целью исследований являлось изучение и оценка селекционных линий озимой мягкой пшеницы конкурсного сортоиспытания по основным хозяйственно-биологическим признакам и выделение образцов с комплексом хозяйственно ценных признаков и свойств, при которых стабильно сохраняется уровень урожайности.

Материалы и методы исследований.

Объектом для исследования послужили 35 линий озимой мягкой пшеницы селекции ФГБНУ ФНЦ ЛК. В качестве стандарта использовали районированный сорт озимой мягкой пшеницы Фотинья. Исследования проводили в 2016–2020 гг. в лесостепной зоне Пензенской области. Климат зоны умеренно-континентальный. Почвы опытного участка – выщелоченный чернозем среднесиловый среднесуглинистый, мощность пахотного горизонта 35–40 см. Среднее содержание гумуса в пахотном слое 6,38 % (по Тюрину и Кононовой), легкогидролизуемых форм азота – 6,41; P_2O_5 – 14,96; K_2O – 16,9 мг/100 г почвы (по Чирикову). Кислотность водной вытяжки составила 5,5 ед. рН.

Условия вегетации в годы исследований различались по температурному режиму и количеству выпавших осадков, что послужило хорошим фоном для проведения исследований по изучаемому вопросу. Вегетационный период озимой мягкой пшеницы в 2018 и 2019 гг. проходил при недостаточном водообеспечении (осадков выпало в 2018 г. 74,9 мм, что ниже среднесуточной нормы на 70,6 мм, и в 2019 г. – 101,2 мм, что ниже среднесуточной нормы на 41,3 мм), ГТК за период «отрастание – восковая спелость» составлял 0,5 и 0,8 соответственно, что впоследствии привело к снижению массы 1000 зерен и недобору урожая. Хорошие

условия увлажнения и умеренные температуры воздуха отмечены в период «отрастание – восковая спелость» в 2016, 2017 и 2020 гг., ГТК составлял 1,1; 1,18 и 1,12 соответственно.

Закладку питомника конкурсного сортоиспытания проводили в 1-й декаде сентября по предшественнику чистый пар на неодобренном фоне сеялкой СН-10 Ц. Площадь деланки – 10 м², повторность опыта шестикратная. Нормы высева – 5,5 млн всхожих зерен/га.

Оценку зимостойкости, фенологические наблюдения проводили по Методике государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур (под ред. М. А. Федина, 1989). Устойчивость растений к полеганию оценивали два раза за вегетационный период по методике ВИР (Пополнение, сохранение в живом виде и изучение мировой коллекции пшеницы, эгилопса и тритикале, 1999). Физико-химические показатели качества зерна (масса 1000 зерен, стекловидность, натура зерна, количество и качество клейковины, содержание белка в зерне) определяли стандартными методами, изложенными в Методике государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур (1988). При статистической обработке полученных данных применяли дисперсионный анализ (Доспехов, 2014).

Результаты и их обсуждение. Важнейшим признаком продуктивности озимой пшеницы является урожайность зерна изучаемых сортов. Урожайность зерна – это интегральный показатель продуктивности растений, результат взаимодействия всех количественных признаков растения с условиями внешней среды. Основной причиной колебания урожаев зерновых культур является изменение погодных условий в период вегетации. Реакция сортов на те или иные условия обусловлена комплексом признаков и свойств, заложенных в генотипе. Сорта, которые сохраняют высокую урожайность независимо от влияния биотических и абиотических факторов среды, являются экологически пластичными (Косенко, 2020; Kobata et al., 2018; Eltaher et al., 2021).

Урожайность линий озимой мягкой пшеницы в конкурсном сортоиспытании колебалась от 4,31 т/га у линии Эритроспермум 17/01-1-08 до 4,85 т/га у линии Эритроспермум 12/00-16-04. По урожайности стандартный сорт Фотинья достоверно превысила 13 линий, прибавки которых составили от 0,37 до 0,92 т/га, $HCP_{05} = 0,24$ т/га (табл. 1).

Наивысшая урожайность (в среднем по опыту 5,81 т/га) отмечена в условиях благоприятного 2017 года. Максимальную урожайность сформировал сорт Эритроспермум 26/01-1-08 – 6,56 т/га.

Самая низкая урожайность отмечена в условиях 2019 г. (год отличался высокими среднесуточными температурами воздуха и недостатком осадков в период завязывания и формирования зерна), в среднем по опыту она составила 2,78 т/га. Самая высокая урожайность отмечена у линии Эритроспермум 37/01-1-08 – 3,10 т/га.

Таблица 1. Урожайность линий озимой мягкой пшеницы в конкурсном сортоиспытании (2016–2020 гг.)
Table 1. Productivity of the winter common wheat lines in the Competitive Variety Testing (2016–2020)

Сорта	Урожайность, т/га						
	2016 г.	2017 г.	2018 г.	2019 г.	2020 г.	среднее	± st
Фотинья, st	4,00	4,96	3,48	2,66	4,54	3,93	–
Эр.12/00-16-04	5,63	5,84	4,85	3,06	4,88	4,85	0,92
Лют. 29/03-3-05	4,57	5,92	3,98	2,96	5,09	4,50	0,57
Эр. 29/03-2-06	5,00	6,44	4,05	2,56	5,43	4,70	0,77
Лют. 26/03-1-06	4,64	5,74	4,32	2,90	5,37	4,59	0,66
Лют. 42/03-1-07	4,65	6,51	4,38	2,70	4,53	4,55	0,62
Эр. 26/01-1-08	3,99	6,56	3,79	2,36	5,18	4,38	0,45
Эр. 21/00-3-08	5,18	6,33	4,31	2,81	4,95	4,72	0,79
Эр.17/01-1-08	4,51	5,17	3,82	2,85	5,20	4,31	0,38
Лют. 36/03-1-08	4,40	5,39	4,53	2,36	4,84	4,30	0,37
Эр. 37/01-1-08	4,36	6,25	4,13	3,10	5,33	4,63	0,70
Эр. 18/04-3-08	3,95	5,99	4,32	3,00	4,66	4,38	0,45
Эр. 17/01-7-08	4,73	4,91	4,15	2,90	5,25	4,39	0,46
Эр. 18/04-10-09	4,65	5,34	3,68	2,76	5,28	4,34	0,41
Среднее по опыту	4,63	5,81	4,17	2,78	5,04	–	–
НСР ₀₅	0,20	0,33	0,20	0,09	0,37	0,24	–

В среднем за годы изучения стабильно высокой урожайностью независимо от погодных условий периода вегетации отличились следующие линии: Эритроспермум 12/00-16-04 – 4,85 т/га; Лютесценс 29/03-3-05 – 4,50 т/га; Эритроспермум 29/03-2-06 – 4,70 т/га; Лютесценс 26/03-1-06 – 4,59 т/га; Лютесценс 42/03-1-07 – 4,55 т/га; Эритроспермум 26/01-1-08 – 4,38 т/га; Эритроспермум 21/00-3-08 – 4,72 т/га; Эритроспермум 17/01-1-08 – 4,31 т/га; Лютесценс 36/03-1-08 – 4,30 т/га; Эритроспермум 37/01-1-08 – 4,63 т/га; Эритроспермум 18/04-3-08 – 4,38 т/га; Эритроспермум 17/01-7-08 – 4,39 т/га; Эритроспермум 18/04-10-09 – 4,34 т/га. Во все годы исследования наблюдали высокую корреляционную связь урожайности зерна с массой зерна главного колоса (от $r = 0,550 \pm 0,072^{***}$ до $r = 0,686 \pm 0,063^{***}$)

и урожайности зерна с массой зерна с растения (от $r = 0,632 \pm 0,065^{***}$ до $r = 0,725 \pm 0,058^{***}$).

Важное значение для озимой мягкой пшеницы имеет зимостойкость. Зимостойкость интегральна, она включает в себя устойчивость ко множеству абиотических и биотических стрессоров – низким отрицательным температурам, резким перепадам температур, ледяной корке, выпреванию, вымоканию, зимней засухе, мартовским заморозкам (Salina et al., 2015).

Зимостойкость озимой мягкой пшеницы в годы исследований изменялась. Наивысшая зимостойкость (в среднем 95 %) в среднем по опыту отмечалась в условиях благоприятного 2020 г., несколько ниже (в среднем 93 %) – в 2018 году. Резко снизилась зимостойкость в 2017 г. (причиной гибели растений послужило выпревание), в среднем по опыту она составила 69 % (табл. 2).

Таблица 2. Хозяйственно-биологическая характеристика сортов озимой мягкой пшеницы в конкурсном сортоиспытании (2016–2020 гг.)
Table 2. Economic and biological characteristics of the winter common wheat lines in the Competitive Variety Testing (2016–2020)

Сорт	Зимостойкость, %		Период отрастания – колошение, сут.		Высота растений, см		Устойчивость к полеганию, балл
	min–max	$\bar{x}$	min–max	$\bar{x}$	min–max	$\bar{x}$	
Фотинья, st	79–97	92	56–66	61	69–127	114	7
Эр.12/00-16-04	73–97	91	53–65	58	65–116	102	9
Лют.29/03-3-05	66–98	88	53–67	61	65–121	105	8
Эр.29/03-2-06	72–96	91	53–64	58	55–115	92	9
Лют.26/03-1-06	70–96	82	56–66	61	73–126	109	9
Лют.42/03-1-07	70–94	82	56–66	61	65–134	108	9
Эр. 26/01-1-08	68–96	91	55–70	63	50–128	102	9
Эр.21/00-3-08	83–98	91	52–62	56	70–134	109	9
Эр.17/01-1-08	71–99	91	53–64	58	70–118	104	9
Эр.30/01-3-08	57–96	81	56–66	62	65–124	106	9
Лют.36/03-1-08	63–96	81	57–68	61	70–121	104	8
Эр.37/01-1-08	60–95	85	56–66	62	65–126	109	9
Эр.18/04-3-08	65–96	87	54–64	58	70–123	103	9
Эр.17/01-7-08	77–94	82	56–67	62	62–120	105	9
Эр.3/05-1-09	68–98	83	53–68	61	60–124	102	8
Эр.18/04-10-09	66–98	91	57–67	62	65–121	107	8
Среднее по опыту	57–99	85	50–70	59	55–134	105	8,5
НСР ₀₅	–	0,67	–	0,22	–	0,74	0,41

Стабильно высоким уровнем перезимовки (более 90 %) в полевых условиях отличились следующие линии: Эритроспермум 12/00-16-04; Эритроспермум 29/03-2-06; Эритроспермум 26/01-1-08; Эритроспермум 21/00-3-08; Эритроспермум 17/01-1-08; Эритроспермум 18/04-10-09. Корреляционная связь перезимовки с урожайностью во все годы была слабой, но достоверной и положительной (от $r = 0,159 \pm 0,080^*$ до $r = 0,384 \pm 0,075^{**}$).

По вегетационному периоду линии варьировали от раннеспелой группы у линии Эритроспермум 21/00-3-08 (в среднем 56 суток от возобновления вегетации до колошения) до среднепоздней группы у линии Эритроспермум 26/01-1-08 (в среднем 63 дня). Линии Эритроспермум 12/00-16-04, Эритроспермум 29/03-2-06, Эритроспермум 21/00-3-08, Эритроспермум 17/01-1-08, Эритроспермум 18/04-3-08 выколашивались на 3–5 суток раньше стандартного сорта Фотинья. Достоверной корреляционной связи между продолжительностью периода «отрастание – колошение» и урожаем не выявлено, что показывают коэффициенты корреляции – $0,102 \pm 0,079$; $0,089 \pm 0,081$; $0,94 \pm 0,078$; $0,98 \pm 0,080$ в 2016, 2017, 2018, 2019 и 2020 гг. соответственно.

Высота растений в среднем по опыту в годы исследований варьировала в пределах 92 см у линии Эритроспермум 29/03-2-06 до 114 см у сорта Фотинья.

В среднем за годы изучения стабильно высокой устойчивостью к полеганию (в среднем 9 баллов) независимо от погодных условий периода вегетации отличились следующие линии: Эритроспермум 12/00-16-04; Эритроспермум 29/03-2-06; Лютесценс 26/03-

1-06; Лютесценс 42/03-1-07; Эритроспермум 26/01-1-08; Эритроспермум 21/00-3-08; Эритроспермум 17/01-1-08; Эритроспермум 30/01-3-08; Эритроспермум 37/01-1-08; Эритроспермум 18/04-3-08; Эритроспермум 17/01-7-08. Коэффициенты корреляции между высотой растения и урожайностью зерна во все годы были невысокими, но достоверными на 1%-м уровне значимости (от $0,26 \pm 0,078$ до $0,32 \pm 0,081$).

Одной из главных целей селекции озимой мягкой пшеницы является создание высокоурожайных сортов, обладающих хорошим качеством зерна. Роль генотипа в формировании качества зерна является определяющей (Кравченко и др., 2020), поэтому селекция на качество имеет первостепенное значение.

Стекловидность, натурная масса зерна, содержание клейковины и белка в зерне в определенной степени зависели от года выращивания. Наименьшей изменчивостью по годам характеризовался показатель натуры ($C_n = 0,3–5,2\%$ в зависимости от сорта), наибольшей – содержание клейковины в зерне ($C_v = 6,8–24,1\%$). Натура зерна в среднем по опыту варьировала от 740 г/л у линии Лютесценс 36/03-1-08 до 780 г/л у линии Эритроспермум 12/00-16-04, стекловидность зерна – от 74 % у линии Лютесценс 36/03-1-08 до 90 % у линии Лютесценс 42/03-1-07, содержание клейковины в зерне – от 28,1 % у линии Эритроспермум 17/01-7-08 до 32,2 % у линии Эритроспермум 18/04-3-08, содержание белка в зерне – от 13,6 % у линии Эритроспермум 37/01-1-08 до 17,5 % у линии Лютесценс 26/03-1-06.

Для селекции представляют интерес линии, выделившиеся по комплексу технологических свойств (табл. 3).

Таблица 3. Линии озимой мягкой пшеницы конкурсного сортоиспытания, выделенные по комплексу показателей качества зерна (2016–2020 гг.)
Table 3. The winter common wheat lines of the Competitive Variety Testing identified by a set of grain quality indicators (2016–2020)

Сорта, линии	Натурная масса зерна, г/л	Стекловидность зерна, %	Содержание клейковины, %	Показатель ИДК-1, ед	Содержание белка, %
Фотинья, st	777	85	28,1	75	16,7
Эр.12/00-16-04	780	87	28,6	75	15,7
Эр.29/03-2-06	760	86	28,2	72	14,8
Лют.26/03-1-06	772	88	28,4	72	17,5
Эр.21/00-3-08	767	89	28,4	80	14,4
Лют. 36/03-1-08	765	90	31,2	80	15,4
Эр.18/04-3-08	780	90	32,2	80	17,1
Эр.17/01-7-08	770	89	28,8	80	16,6
Среднее по опыту	744±2,39	81±0,40	27,2±0,66	74±1,79	14,4±0,22
НСР ₀₅	1,04	0,62	0,06	0,83	0,09

Выводы. В результате проведенных исследований в условиях лесостепной зоны Пензенской области, выделены перспективные линии Эритроспермум 12/00-16-04, Эритроспермум 29/03-2-06, Эритроспермум 21/00-3-08, Эритроспермум 18/04-3-08, Эритроспермум 17/01-7-08 для селекции на продуктивность, которые сочетают высокую

урожайность (в среднем 4,38–4,85 т/га) с высокой зимостойкостью (больше 90%), скороспелостью, устойчивостью к полеганию (9 баллов) и высоким качеством зерна (натурная масса зерна 767–780 г/л, содержание клейковины в зерне 28,2–32,2 %, содержание белка в зерне 14,8–17,1 %). Выделившиеся линии рекомендуются для включения в селекционные програм-

мы по созданию высокопродуктивных генотипов озимой мягкой пшеницы.

Финансирование. Работа выполнена при поддержке Минобрнауки России в рамках

Государственного задания Федерального научного центра лубяных культур (№ FGSS-2022-0008).

Библиографические ссылки

1. Алабушев А. В. Экспортные поставки и современное состояние рынка зерна пшеницы в России и мире // Достижения науки и техники АПК. 2019. Т. 33, № 2. С. 68–70. DOI: 10.24411/0235-2451-2019-10216.
2. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). 5 изд., перераб. и доп., стереотип. М.: Альянс, 2014. 351 с.
3. Косенко С. В. Изучение адаптивной способности озимой мягкой пшеницы по урожайности и качеству зерна в условиях лесостепи Среднего Поволжья // Аграрный научный журнал. 2020. № 10. С. 41–45. DOI: 10.28983/asj.y2020i10pp41-45.
4. Кравченко Н. С., Некрасова О. А., Игнатьева Н. Г., Олдырева И. М., Алты-Садых Ю. Н. Качество зерна сортов и линий озимой мягкой пшеницы в условиях Ростовской области // Зерновое хозяйство России. 2020. № 6(72). С. 101–107. DOI: 10.31367/2079-8725-2020-72-6-101-107.
5. Методика государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур: зерновые, крупные, зернобобовые, кукуруза и кормовые культуры / под ред. М. А. Федина. М.: Колос, 1989. 194 с.
6. Методика государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур. М., 1985. Вып. 1. 270 с.
7. Пополнение, сохранение в живом виде и изучение мировой коллекции пшеницы, эгилопса и тритикале: методические указания ВИР / Р. А. Удачин, В. Е. Зуев [и др.]; под ред. А. Ф. Мережко. СПб., 1999. 82 с.
8. Clarke D., Hess T. M., Haro-Monteagudo D., Semenov M. A., Knox J. W. Assessing future drought risks and wheat yield losses in England // Agricultural and Forest Meteorology. 2021. Vol. 297, Article number: 108248. DOI: 10.1016/j.agrformet.2020.108248.
9. Eltaher S., Baenziger P. S., Belamkar V., Emara H. A., Nower A. A., Salem K. F. M., Alqu-dah A. M., Sallam A. GWAS revealed effect of genotype x environment interactions for grain yield of Nebraska winter wheat // BMC Genomics. 2021. Vol. 22, Article number: 2. DOI: 10.1186/s12864-020-07308-0.
10. Kobata T., Koç M., Barutçular C., Tanno K., Inagaki M. Harvest index is a critical factor influencing the grain yield of diverse wheat species under rain-fed conditions in the Mediterranean zone of southeastern Turkey and northern Syria // Plant Production Science. 2018. Vol. 21(2), P. 71–82. DOI: 10.1080/1343943X.2018.1445534.
11. Ly D., Huet S., Gauffreteau A., Rincet R., Touzy G., Mini A., Jannink J.-L., Cormier F., Paux E., Lafarge S., Le Gouis J., Charmet G. Whole-genome prediction of reaction norms to environmental stress in bread wheat (*Triticum aestivum* L.) by genomic random regression // Field crops research. 2018. Vol. 216, P. 32–41. DOI: 10.1016/j.fcr.2017.08.020.
12. Luján Basile S. M., Ramírez I. A., Crescente J. M., Conde M. B., Demichelis M., Abbate P., Rogers W. J., Pontaroli A. C., Helguera M., Vanzetti L. S. Haplotype block analysis of an Argentinean hexaploid wheat collection and GWAS for yield components and adaptation. BMC Plant Biology. 2019. Vol. 19(1), Article number: 553. DOI: 10.1186/s12870-019-2015-4.
13. Mohammadi M., Ghogh H., Khanzadeh H., Hosseinpour T., Armion M. Assessment of yield stability of spring bread wheat genotypes in multi-environment trials under rainfed conditions of Iran using the AMMI model // Crop Breeding Journal. 2016. Vol. 6(2), P. 59–66. DOI: 10.22092/CBJ.2016.107108.
14. Raza A., Razzaq A., Mahmood S. S., Zou X., Zhang X., Lv Y., Xu J. Impact of climate change on crops adaptation and strategies to tackle its outcome: a review // Plants (Basel). 2019. Vol. 8(2), Article number: 34. DOI: 10.3390/plants8020034.
15. Salina E. A., Adonina I. G., Stasyuk A. I., Leonova I. N., Badaeva E. D., Shishkina A. A., Kroupin P. Y., Divashuk M. G., Staricova E. V., Khuat T. M., Karlov G. I., Syukov V. V. A Thinopyrum intermedium chromosome in bread wheat cultivars as a source of genes conferring resistance to fungal diseases. Euphytica. 2015. Vol. 204, Article number: 1. P. 91–101.

References

1. Alabushev A. V. Eksportnye postavki i sovremennoe sostoyanie rynka zerna pshenitsy v Rossii i mire [Export and the current state of the wheat grain market in Russia and the world] // Dostizheniya nauki i tekhniki APK. 2019. T. 33, № 2. S. 68–70. DOI: 10.24411/0235-2451-2019-10216.
2. Dospekhov B. A. Metodika polevogo opyta (s osnovami statisticheskoi obrabotki rezul'tatov issledovaniy) [Methodology of a field trial (with the basics of statistical processing of the study results)]. 5 izdanie, pererab. i dop., stereotip. M.: Al'yans, 2014. 351 s.
3. Kosenko S. V. Izuchenie adaptivnoi sposobnosti ozimoi myagkoi pshenitsy po urozhainosti i kachestvu zerna v usloviyakh lesostepi Srednego Povolzh'ya [Study of the adaptability of winter common wheat in terms of productivity and grain quality in the conditions of the forest-steppe of the Middle Volga region] // Agrarnyi nauchnyi zhurnal. 2020. № 10. S. 41–45. DOI: 10.28983/asj.y2020i10pp41-45.
4. Kravchenko N. S., Nekrasova O. A., Ignat'eva N. G., Oldyreva I. M., Alty-Sadykh Yu. N. Kachestvo zerna sortov i linii ozimoi myagkoi pshenitsy v usloviyakh Rostovskoi oblasti [Grain quality of winter common wheat varieties and lines in the conditions of the Rostov region] // Zernovoe khozyaistvo Rossii. 2020. № 6(72). S. 101–107. DOI: 10.31367/2079-8725-2020-72-6-101-107.
5. Metodika gosudarstvennogo sortoispytaniya sel'skokhozyaistvennykh kul'tur: zernovye, krupyanye, zernobobovye, kukuruza i kormovye kul'tury [Methodology for state variety testing of agricultural crops: cereals, cereals, legumes, corn and fodder crops] / pod red. M. A. Fedina. M.: Kolos, 1989. 194 s.

6. Metodika gosudarstvennogo sortoispytaniya sel'skokhozyaistvennykh kul'tur [Methodology of the State Variety Testing of agricultural crops]. M., 1985. Vyp. 1. 270 s.
7. Popolnenie, sokhranenie v zhivom vide i izuchenie mirovoi kolleksii pshenitsy, egilopsa i tritikale: metodicheskie ukazaniya VIR [Replenishment, preservation in vitro and study of the world collection of wheat, aegilops and triticale: methodical recommendations of VIR] / R. A. Udachin, V. E. Zuev [i dr.]; pod red. A. F. Merezhko. SPb., 1999. 82 s.
8. Clarke D., Hess T. M., Haro-Monteagudo D., Semenov M. A., Knox J. W. Assessing future drought risks and wheat yield losses in England // *Agricultural and Forest Meteorology*. 2021. Vol. 297, Article number: 108248. DOI: 10.1016/j.agrformet.2020.108248.
9. Eltaher S., Baenziger P. S., Belamkar V., Emara H. A., Nower A. A., Salem K. F. M., Alqu-dah A. M., Sallam A. GWAS revealed effect of genotype x environment interactions for grain yield of Nebraska winter wheat // *BMC Genomics*. 2021. Vol. 22, Article number: 2. DOI: 10.1186/s12864-020-07308-0.
10. Kobata T., Koç M., Barutçular C., Tanno K., Inagaki M. Harvest index is a critical factor influencing the grain yield of diverse wheat species under rain-fed conditions in the Mediterranean zone of southeastern Turkey and northern Syria // *Plant Production Science*. 2018. Vol. 21(2), P. 71–82. DOI: 10.1080/1343943X.2018.1445534.
11. Ly D., Huet S., Gauffreteau A., Rincet R., Touzy G., Mini A., Jannink J.-L., Cormier F., Paux E., Lafarge S., Le Gouis J., Charmet G. Whole-genome prediction of reaction norms to environmental stress in bread wheat (*Triticum aestivum* L.) by genomic random regression // *Field crops research*. 2018. Vol. 216, P. 32–41. DOI: 10.1016/j.fcr.2017.08.020.
12. Luján Basile S. M., Ramírez I. A., Crescente J. M., Conde M. B., Demichelis M., Abbate P., Rogers W. J., Pontaroli A. C., Helguera M., Vanzetti L.S. Haplotype block analysis of an Argentinean hexaploid wheat collection and GWAS for yield components and adaptation. *BMC Plant Biology*. 2019. Vol. 19(1), Article number: 553. DOI: 10.1186/s12870-019-2015-4.
13. Mohammadi M., Ghogh H., Khanzadeh H., Hosseinpour T., Armion M. Assessment of yield stability of spring bread wheat genotypes in multi-environment trials under rainfed conditions of Iran using the AMMI model // *Crop Breeding Journal*. 2016. Vol. 6(2), P. 59–66. DOI: 10.22092/CBJ.2016.107108.
14. Raza A., Razzaq A., Mehmood S.S., Zou X., Zhang X., Lv Y., Xu J. Impact of climate change on crops adaptation and strategies to tackle its outcome: a review // *Plants (Basel)*. 2019. Vol. 8(2), Article number: 34. DOI: 10.3390/plants8020034.
15. Salina E. A., Adonina I. G., Stasyuk A. I., Leonova I. N., Badaeva E. D., Shishkina A. A., Kroupin P.Y., Divashuk M. G., Staricova E. V., Khuat T. M., Karlov G. I., Syukov V. V. A Thinopyrum intermedium chromosome in bread wheat cultivars as a source of genes conferring resistance to fungal diseases. *Euphytica*. 2015. Vol. 204, Article number: 1. P. 91–101.

Поступила: 01.04.23; доработана после рецензирования: 28.04.23; принята к публикации: 28.04.23.

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

Автор прочитал и одобрил окончательный вариант рукописи.