

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

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

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

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

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

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

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



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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

и внесены в Государственный реестр селекционных достижений в процессе проведения исследования в 2021 и 2023 гг. соответственно. Для определения адаптивных показателей сортов озимой пшеницы при различающихся агротехнологических условиях (срок посева) посев проводили в три срока (первый – 20 августа, второй – 1 сентября и третий – 10 сентября) сеялкой ССФК-7 в 5 повторениях, учетная площадь делянки – 10 м<sup>2</sup>, размещение делянок рендомизированное, предшественник чистый пар. Применяемая агротехника – общепринятая для возделывания озимых зерновых культур в Западной Сибири. Все сорта изучались на естественном фоне без внесения удобрения и средств защиты от болезней и вредителей. Уборку проводили при наступлении фазы полной спелости прямым комбайнированием селекционным зерноуборочным комбайном Samro-130. Опыт заложен в соответствии с принятой методикой Б. А. Доспехова (2014). Полевые и лабораторные наблюдения, учеты и оценки проводили в соответствии с общепринятой Методикой государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур (2019). Для оценки метеорологических условий использовали гидротермический коэффициент (ГТК) Селянинова (1937).

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Примечание. НСР<sub>0,5</sub>: по показателю «зимостойкость»: срок – 1,1; год – 1,1; сорт – 1,4;  
 по показателю «урожайность»: срок – 0,07; год – 0,07; сорт – 0,10;  
 по показателю «количество продуктивных стеблей на  $M^2$ »: срок – 19; год – 19; сорт – 25;  
 по показателю «масса 1000 зерен»: срок – 0,4; год – 0,4; сорт – 0,5

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

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

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

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

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

**Таблица 3. Параметры адаптивности образцов озимой пшеницы по признаку «урожайность» (в среднем за 2019–2022 гг.)**  
**Table 3. Adaptability parameters of winter wheat samples according to the trait 'productivity' (mean in 2019–2022)**

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Наибольшее среднее количество продуктивных стеблей по опыту сформировал сорт Краснообская озимая (492 шт./м<sup>2</sup>) (табл. 5).

**Таблица 5. Параметры адаптивности образцов озимой пшеницы по признаку «количество продуктивных стеблей на м<sup>2</sup>» (в среднем за 2019–2022 гг.)**  
**Table 5. Adaptability parameters of winter wheat samples according to the trait 'number of productive stems per m<sup>2</sup>' (mean in 2019–2022)**

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

#### Библиографические ссылки

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

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

#### References

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

---

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

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

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

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

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

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