

УРОЖАЙНОСТЬ И ПОКАЗАТЕЛИ АДАПТИВНОСТИ НОВЫХ СОРТОВ ОЗИМОЙ МЯГКОЙ ПШЕНИЦЫ В УСЛОВИЯХ НЕЧЕРНОЗЕМЬЯ

Б.И. САНДУХАДЗЕ, академик РАН, ORCID 0000-0001-7184-7645,
E-mail: sanduchadze@mail.ru

Р.З. МАМЕДОВ, кандидат сельскохозяйственных наук,
ORCID 0000-0003-2473-4538, E-mail: mam-ramin@yandex.ru

М.С. КРАХМАЛЁВА, кандидат сельскохозяйственных наук,
ORCID 0000-0002-0861-1514, E-mail: korovushkina.mar@bk.ru

В.В. БУГРОВА, старший научный сотрудник, ORCID 0009-0001-5730-7826

С.В. СОБОЛЕВ, кандидат сельскохозяйственных наук,
ORCID 0009-0008-3144-4495

Э.К. САНДУХАДЗЕ, кандидат сельскохозяйственных наук

Я.С. МОЛОДОВСКИЙ, старший научный сотрудник,
ORCID 0009-0004-0314-5245

Е.В. САВИНОВ, научный сотрудник, ORCID 0009-0003-9767-1555

ФГБНУ «ФЕДЕРАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ЦЕНТР «НЕМЧИНОВКА», Москва

Аннотация. Озимая мягкая пшеница является важнейшей зерновой культурой в РФ, широко возделываемой в разных регионах страны. Селекция на адаптивность считается одним из основных направлений в создании новых сортов озимой мягкой пшеницы. Меняющиеся погодные условия, дифференцированные уровни технологии производства и другие факторы приводят к необходимости создания сортов с высоким уровнем продуктивности, но разными адаптивными характеристиками. В работе рассмотрена урожайность 6 новых сортов озимой мягкой пшеницы Московская 31, Немчиновская 14, Московская 74, Московская 28, Московская 42 и Васильевна, выведенных в ФГБНУ «ФИЦ «Немчиновка» и проходящих Государственное сортоиспытание, в сравнении со стандартным сортом Московская 39 в 2022-2024 гг. Индекс среды, характеризующий условия выращивания сортов, был наибольшим в 2023 году, $I_j = 1,72$, в этом же году урожайность испытываемых сортов была высокой, от 8,45 до 10,23 т/га. В среднем за годы испытания максимальная урожайность выявлена у сортов Московская 28 – 8,52 т/га и Московская 74 – 8,05 т/га, превышение над стандартом составило 1,80 и 1,33 т/га, соответственно. Рассчитаны показатели адаптивности, пластичными сортами являлись Московская 31 ($b_i = 1,39$), Московская 42 ($b_i = 1,29$) и Васильевна ($b_i = 1,17$). Сорт Московская 28 определен как стабильный ($\delta d^2 = 0,92$), также этот сорт стрессоустойчивый ($Y_2 - Y_1 = -1,91$) и генетически гибкий ($(Y_2 + Y_1)/2 = 8,56$). Новые сорта озимой пшеницы, проходящие Государственное сортоиспытание, являются высокоурожайными, и обладают как пластичностью, так и стабильностью.

Ключевые слова: озимая пшеница, сорт, урожайность, пластичность, стабильность.

Для цитирования: Сандухадзе Б.И., Мамедов Р.З., Крахмалёва М.С., Бугрова В.В., Соболев С.В., Сандухадзе Э.К., Молодовский Я.С., Савинов Е.В. Урожайность и показатели адаптивности новых сортов озимой мягкой пшеницы в условиях Нечерноземья. Зернобобовые и крупяные культуры. 2025; 2(54):119-124. DOI: 10.24412/2309-348X-2025-2-119-124

PRODUCTIVITY AND ADAPTABILITY INDICATORS OF NEW WINTER BREAD WHEAT VARIETIES IN NON-CHERNOZEM REGION

**B.I. Sandukhadze, R.Z. Mamedov, M.S. Krakhmalyova, V.V. Bugrova, S.V. Sobolev,
E.K. Sandukhadze, Ya.S. Molodovsky, E.V. Savinov**

Abstract: Winter bread wheat is the most important grain crop in the Russian Federation, widely cultivated in different regions of the country. Breeding for adaptability is considered one of the main directions in the creation of new varieties of winter bread wheat. Changing weather conditions, differentiated levels of production technology, and other factors lead to the need to create varieties with high productivity levels but different adaptive characteristics. The paper considers the yields of 6 new winter bread wheat varieties Moskovskaya 31, Nemchinovskaya 14, Moskovskaya 74, Moskovskaya 28, Moskovskaya 42 and Vasilyevna, bred at the Federal State Budget Scientific Institution "FRC Nemchinovka" and undergoing State variety testing, in comparison with the standard variety Moskovskaya 39 in 2022-2024. The environmental index characterizing the growing conditions of the varieties was the highest in 2023, $I_j = 1.72$, in the same year the yield of the tested varieties was high, from 8.45 to 10.23 t/ha. On average, over the years of testing, the maximum yield was found in the varieties Moskovskaya 28 – 8.52 t/ha and Moskovskaya 74 – 8.05 t/ha, exceeding the standard by 1.80 and 1.33 t/ha, respectively. Adaptability indicators were calculated, the plastic varieties were Moskovskaya 31 ($b_i = 1.39$), Moskovskaya 42 ($b_i = 1.29$) and Vasilevna ($b_i = 1.17$). The Moskovskaya 28 variety is defined as stable ($\delta d^2 = 0.92$), as well as stress-resistant ($Y_2 - Y_1 = -1.91$) and genetically flexible ($(Y_2 + Y_1)/2 = 8.56$). New varieties of winter wheat undergoing State variety testing are high-yielding, and have both plasticity and stability.

Keywords: winter wheat, variety, yield, plasticity, stability.

Озимая мягкая пшеница в силу биологических особенностей является одной из самых высокоурожайных среди хлебных культур и занимает большой удельный вес в зерновом балансе страны. В Нечерноземной зоне РФ особенно велик спрос на урожайные сорта озимой пшеницы, необходимые для обеспечения населения хлебом, хлебобулочными изделиями, крупами, фуражным зерном.

Самые высокие и наиболее устойчивые урожаи зерна зависят от возможности эффективного использования сортом почвенно-климатических условий культивирования, а также способности преодолевать неблагоприятные метеорологические факторы, ухудшающие рост и развитие растений. В связи с этим особое внимание должно уделяться оценке сортов на пластичность и стабильность [1, 2]. Такая оценка позволяет определить какой именно сорт способен раскрыть свой потенциал в конкретных климатических условиях и при какой технологии возделывания.

Главная особенность адаптивной селекции – оценка пластичности, стабильности и адаптивности генотипов, которую в основном проводят на заключительном этапе селекции, когда сорта испытываются в широком диапазоне сред [3, 4, 5, 6].

Цель работы – оценка перспективных сортов озимой мягкой пшеницы селекции ФИЦ «Немчиновка» по урожайности и параметрам адаптивности.

Материал и методы исследований

Исследования проводили в 2022–2024 гг. в лаборатории селекции и первичного семеноводства озимой пшеницы ФИЦ «Немчиновка».

Изучали 7 сортов озимой пшеницы: Московская 31, Немчиновская 14, Московская 74, Московская 28, Московская 42, Васильевна и стандарт Московская 39. Данные сорта созданы в лаборатории селекции и первичного семеноводства озимой пшеницы. Сорт Московская 39 был районирован в 1999 году. Остальные сорта проходят Государственное сортоиспытание, Московская 31, Немчиновская 14 с 2022 года, Московская 74 с 2024 года, Московская 28, Московская 42 и Васильевна с 2023 года.

Полевые опыты проводили на полях селекционного севооборота ФИЦ «Немчиновка», д. Соколово, Новомосковский административный округ, г. Москва в соответствии с Методикой государственного сортоиспытания. Почва участка представлена дерново-подзолистыми суглинистыми грунтами, отличающимися содержанием гумуса 2,1%, слабокислой реакцией (рН 6,6) и запасами подвижных форм калия (81–120 мг K_2O/kg) и фосфора (101–150 мг

P₂O₅/кг) в пахотном слое 0-20 см. Агротехника возделывания озимой пшеницы в опыте общепринятая для зоны. Предшественник озимой пшеницы - чистый пар. Минеральные удобрения вносили под предпосевную культивацию из расчета по д.в. N₄₈P₄₈K₄₈ (азофоска).

Сорта изучали в конкурсном сортоиспытании, площадь делянки 10 м², 4-х кратная повторность, норма высева 5 млн всх. семян на га. Математическую обработку экспериментальных данных проводили по Б.А. Доспехову (1985).

При определении адаптивности по методике S.A. Eberhart, W.A. Russel (1966) были рассчитаны индекс условий среды (I_j), коэффициент экологической пластичности (b_i), показатель стабильности (δd²):

$$I_j = (\sum Y_{ij}/v) - (\sum \sum Y_{ij}/vn),$$

где I_j – индекс условий среды; $\sum Y_{ij}$ – сумма урожайности всех сортов за i-й год; $\sum \sum Y_{ij}$ – сумма урожайности у всех сортов за все годы; v – количество сортов; n – число лет исследований;

$$b_i = \sum Y_{ij} I_j / I_j^2$$

где b_i – коэффициент регрессии (пластичность); $\sum Y_{ij} I_j$ – сумма произведения урожайности i-го сорта за j-й год на соответствующую величину индекса условий среды; $\sum I_j^2$ – сумма квадратов индексов условий среды.

Среднеквадратическое отклонение (стабильность) вычисляется по формуле:

$$\delta d^2 = \sum \delta ij^2 / (n-2)$$

где δij^2 – сумма квадратов отклонений фактической урожайности от теоретической; n – число лет исследований.

Стрессоустойчивость рассчитывали по формуле (Y₂-Y₁), где Y₂ – минимальная урожайность по годам исследования, Y₁ – максимальная.

Генетическую гибкость (Y₂+Y₁)/2 определяли по А.А. Rossielle, J.Hemblin в изложении А.А. Гончаренко [7].

Метеорологические условия в годы проведения исследования значительно различались. Наиболее благоприятным для формирования высокой урожайности озимых культур был вегетационный период 2022-2023 гг., по температурному режиму этот период был близок к среднегодовым значениям, за исключением теплых января и февраля, -6 и -5,7°С соответственно при среднегодовом -8 и -7,2°С. Перезимовка по всем сортам была выше среднего (рис. 1). В годы исследований количество выпавших осадков было неравномерным и заметно отличалось от среднегодовом значений (рис. 2). Наиболее отличным от среднегодовом значений был вегетационный период 2023-2024 гг., в этот год урожайность изученных сортов была наименьшей, от 3,73 до 7,61 т/га.

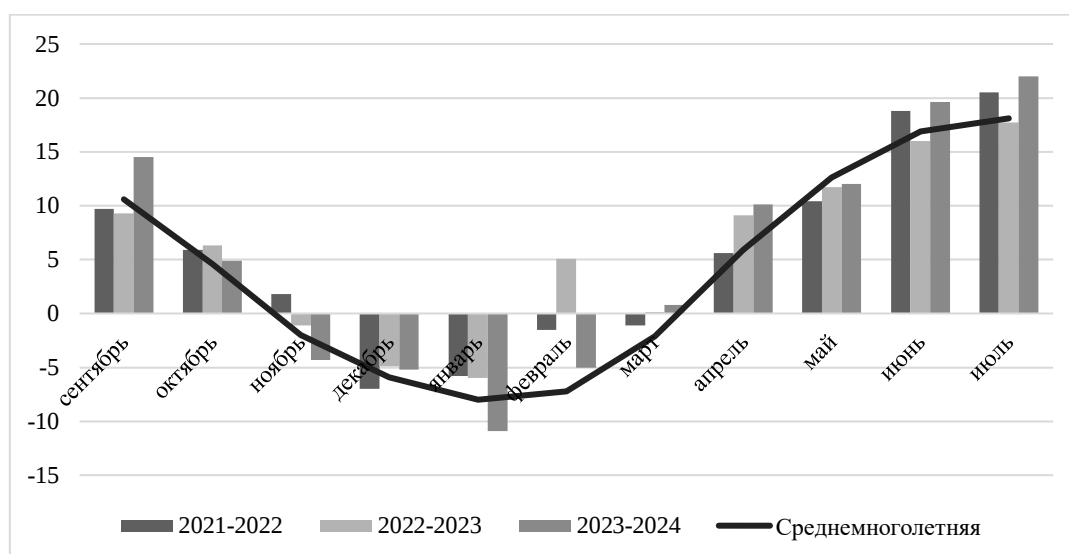


Рис. 1. Среднемесячная температура воздуха, 2022-2024 гг.

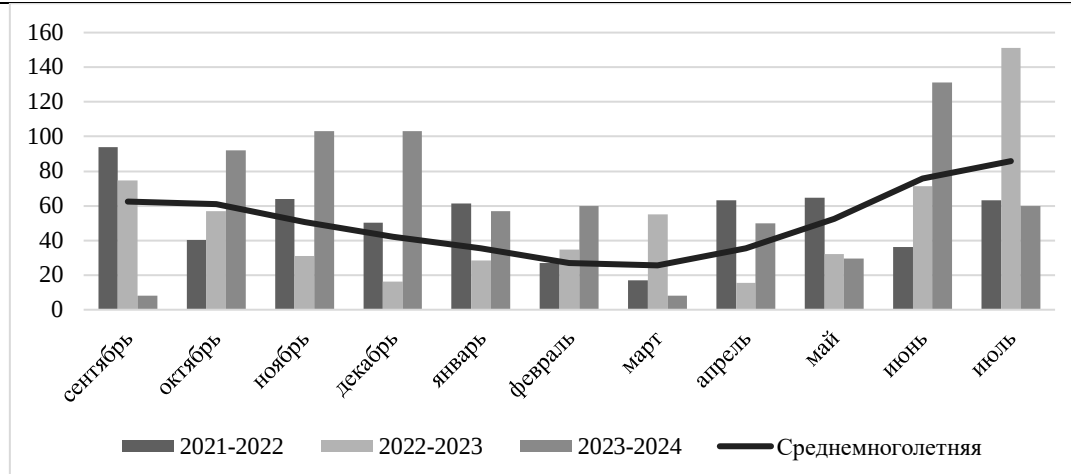


Рис. 2. Сумма осадков по месяцам, 2022-2024 гг.

Результаты и их обсуждение

В целом, урожайность испытуемых сортов по годам исследования различалась. Продуктивность сортов в 2022 и 2023 гг. имела близкие значения – 6,69-10,67 в 2022 году и 8,45-10,23 в 2023 году. Низкая урожайность отмечена в 2024 году – от 3,73 до 7,61 т/га, перезимовка сортов, за исключением Московской 28, была удовлетворительной. По годам исследования наиболее урожайным был сорт Московская 28 – 8,52 т/га, превышение над стандартом составило 1,80 т/га или 26,8%.

Для характеристики условий выращивания были рассчитаны индексы условий среды (Ij). Этот показатель может принимать положительные и отрицательные значения. Лучшие условия для роста и развития генотипов складываются при положительном значении индекса среды, худшие – при отрицательном. В нашей работе лучшие условия для сортов были в 2023 году, индекс условий равен 1,72, что подтверждается высокой урожайностью сортов озимой пшеницы – от 8,45 до 10,23 т/га (табл. 1).

Таблица 1

Урожайность сортов озимой мягкой пшеницы (т/га)

Сорт	Урожайность, т/га				Превышение к St	
	2022	2023	2024	Среднее	т/га	%
Московская 39 St	6,69	8,91	4,56	6,72	-	-
Московская 31	10,00	9,30	3,73	7,68	+0,96	+14,2
Немчиновская 14	8,51	8,45	4,44	7,13	+0,41	+6,1
Московская 74	8,45	10,19	5,50	8,05	+1,33	+19,8
Московская 28	8,43	9,52	7,61	8,52	+1,80	+26,8
Московская 42	7,83	10,23	3,91	7,32	+0,60	+8,9
Васильевна	10,67	8,71	4,25	7,87	+1,15	+17,1
НСР ₀₅	0,25	0,45	0,42			
Индекс среды	1,04	1,72	-2,75			

Оценивая параметры адаптивности, можно отметить сортовые различия у изученных номеров (табл. 2). Сорта Московская 31, Московская 42 и Васильевна имели коэффициент регрессии b_i , пластичность выше 1,0, что позволяет определить эти сорта как пластичные. Сорт Московская 28, напротив, являлся стабильным, $\delta d^2=0,92$, то есть вне зависимости от изменения условий выращивания урожайность сорта будет относительно постоянной.

Важный показатель адаптивности – стрессоустойчивость (Y_2-Y_1), определяемый разностью между максимальной и минимальной урожайностью сорта. Этот показатель характеризует сорт по его устойчивости к стрессовым изменениям условий выращивания. Чем он меньше, тем выше стрессоустойчивость сорта. Сорт Московская 28 имела наименьшую разницу по урожайности по годам исследования – (-1,91), этот сорт наиболее

Генетическая гибкость сорта, рассчитанная как $(Y_2 + Y_1)/2$ отражает среднюю урожайность сорта в контрастных условиях и характеризует его компенсаторную способность. Чем выше данный показатель, тем выше степень соответствия между генотипом сорта и факторами среды. Генетически гибким сортом можно определить Московскую 28 с показателем 8,56.

Таблица 2

Пластичность, стрессоустойчивость и генетическая гибкость сортов озимой мягкой пшеницы, среднее за 2022-2024 гг.

Сорт	Урожайность, т/га		Пластичность b_i	Стабильность, δd^2	Стрессоустойчивость $(Y_2 - Y_1)$	Генет. гибкость $(Y_2 + Y_1)/2$
	Max (Y_1)	Min (Y_2)				
Московская 39 St	8,91	4,56	0,84	4,73	-4,35	6,73
Московская 31	10,0	3,73	1,39	11,80	-6,27	6,86
Немчиновская 14	8,51	4,44	0,96	5,44	-4,07	6,47
Московская 74	10,19	5,50	0,96	5,62	-4,69	5,34
Московская 28	9,52	7,61	0,36	0,92	-1,91	8,56
Московская 42	10,23	3,91	1,29	10,18	-6,32	7,07
Васильевна	10,67	4,25	1,17	10,82	-6,42	7,46

Заключение

Новые сорта озимой мягкой пшеницы селекции ФИЦ «Немчиновка» имели высокую урожайность, от 7,13 до 8,52 т/га за 2022-2024 годы исследования, наибольшая урожайность была у сорта Московская 28. По показателям адаптивности сорта различались, к пластичным сортам можно отнести Московскую 31, Московскую 42 и Васильевну. Стабильным сортом является Московская 28. Селекция озимой мягкой пшеницы, проводимая в ФИЦ «Немчиновка» направлена на создание сортов с неодинаковыми характеристиками адаптивности, подходящими под разные технологии выращивания.

Литература

1. Сандухадзе Б.И., Мамедов Р.З., Крахмалёва М.С., Бугрова В.В. Урожайность сортов озимой мягкой пшеницы, элементы её структуры и адаптивные свойства в условиях Нечерноземной зоны // Зернобобовые и крупяные культуры. – 2021. – № 3 (39). – С. 17-22. – DOI 10.24412/2309-348X-2021-3-17-22. – EDN XGWVMY.
2. Федорова В.А. Экологическая пластичность и стабильность перспективных сортов озимой мягкой пшеницы в зоне Северного Прикаспия // Аграрный научный журнал. – 2021. – № 6. – С. 39-42 DOI 10/28983/asj.y 2021i6pp39-42
3. Рыбась И.А. Повышение адаптивности в селекции зерновых культур (обзор). // Сельскохозяйственная биология. – 2016. – Т. 51, – No 5. – С. 617-626. DOI: 10.15389/agrobiology.2016.5.617rus
4. Nowosad K., Liersch A., Popławska W., Bocianowski J. Genotype by environment interaction for seed yield in rapeseed (*Brassica napus* L.) using additive main effects and multiplicative interaction model // Euphytica. 2016. DOI: 208.10.1007/s10681-015-1620-z
5. Kebede G., Worku W., Jifar H., Feyissa F. Stability analysis for fodder yield of oat (*Avena sativa* L.) genotypes using univariate statistical models under diverse environmental conditions in Ethiopia // Ecological Genetics and Genomics. 2023. Vol. 29, Article number: 100202. DOI: 10.1016/j.egg.2023.100202
6. Трипутин В.М., Кашуба Ю.Н., Ковтуненко А.Н. Адаптивность сортов озимой пшеницы по урожайности зерна // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. – 2024. – № 3(67). – С. 43-48. – DOI 10.18286/1816-4501-2024-3-43-48. – EDN NVTPPQ.

7. Гончаренко А.А. Сравнительная оценка адаптивного потенциала сортов зерновых культур и задачи селекции // Селекция растений: прошлое, настоящее и будущее: сборник материалов I Всероссийской научно-практической конференции с международным участием. – 2017. – С. 42-45

References

1. Sandukhadze B.I., Mamedov R.Z., Krakhmaleva M.S., Bugrova V.V. Productivity of winter soft wheat varieties, elements of its structure and adaptive properties in the conditions of the Non-Chernozem zone. *Zernobobovye i krupyanye kul'tury*, 2021, no. 3(39), pp. 17-22. DOI 10.24412/2309-348X-2021-3-17-22. EDN XGWVMY.
2. Fedorova V.A. Ecological plasticity and stability of promising winter soft wheat varieties in the Northern Caspian region. *Agricultural scientific journal*, 2021, no.6, pp. 39-42, DOI 10/28983/asj.y 2021i6pp39-42
3. Rybas I. A. Increasing adaptivity in grain crop breeding (review). *Agricultural biology*, 2016, Vol. 51, no. 5, pp. 617-626. DOI: 10.15389/agrobiology.2016.5.617rus
4. Nowosad K., Liersch A., Popławska W., Bocianowski J. Genotype by environment interaction for seed yield in rapeseed (*Brassica napus* L.) using additive main effects and multiplicative interaction model. *Euphytica*, 2016. DOI: 208.10.1007/s10681-015-1620-z
5. Kebede G., Worku W., Jifar H., Feyissa F. Stability analysis for fodder yield of oat (*Avena sativa* L.) genotypes using univariate statistical models under diverse environmental conditions in Ethiopia. *Ecological Genetics and Genomics*. 2023. Vol. 29, Article number: 100202. DOI: 10.1016/j.egg.2023.100202
6. Triputin V. M., Kashuba Yu. N., Kovtunenkov A. N. Adaptability of winter wheat varieties by grain yield. *Bulletin of the Ulyanovsk State Agricultural Academy*, 2024, no. 3(67), pp. 43-48. DOI 10.18286/1816-4501-2024-3-43-48. EDN NVTPPQ.
7. Goncharenko A.A. Comparative assessment of the adaptive potential of grain varieties and breeding tasks. Plant breeding: past, present and future: collection of materials of the I All-Russian Scientific and Practical Conference with international participation. 2017, pp. 42-45