

## АДАПТИВНЫЙ ПОТЕНЦИАЛ СОРТОВ ОЗИМОЙ МЯГКОЙ ПШЕНИЦЫ В УСЛОВИЯХ ПЕНЗЕНСКОЙ ОБЛАСТИ

**С. В. Косенко**, кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник лаборатории селекционных технологий, s.kosenko.pnz@fncl.ru, ORCID ID: 0000-0003-3214-153X  
Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Федеральный научный центр лубяных культур» (ФГБНУ ФНЦ ЛК),  
170041, г. Тверь, Комсомольский пр., д. 17/56; e-mail: info@fncl.ru

В статье представлены результаты многолетних исследований (2014–2023 гг.) урожайности, параметров адаптивности и взаимодействие «генотип × среда» сортов озимой мягкой пшеницы в условиях лесостепи Пензенской области. Целью настоящих исследований явилось определение реакции сортов озимой мягкой пшеницы в меняющихся агроклиматических условиях по урожайности. Условия вегетации в отмеченные годы различались по температурному режиму и количеству выпавших осадков, что послужило хорошим фоном для проведения исследований по изучаемому вопросу. Объектом изучения послужили 9 районированных сортов, допущенных к возделыванию в Средневолжском регионе, и 5 сортов озимой мягкой пшеницы селекции ФГБНУ ФНЦ ЛК. В качестве стандарта использовали районированный сорт озимой мягкой пшеницы Фотинья. Годы исследования сортов разделены на благоприятные, типичные (средние) и неблагоприятные (засушливые, избыточно увлажненные). Урожайность озимой мягкой пшеницы в благоприятные годы составила в среднем 5,68 т/га, в типичные годы – в среднем 4,32 т/га и неблагоприятные годы – в среднем 2,19 т/га. В результате определения реакции сортов озимой мягкой пшеницы в меняющихся агроклиматических условиях по урожайности доказано значительное влияние условий среды и генотипа. Для селекционного использования предложены ценные и стабильные генотипы озимой мягкой пшеницы Бирюза, Скипетр, Дон-эко, Аленушка, Памяти Кривобоcheка, Сурская Ника, Дарго, которые следует размещать на высоком и среднем агрофоне. Сорта Фотинья и Клавдия 2 обладают высокой адаптацией к неблагоприятным условиям возделывания и будут иметь преимущество над другими сортами на среднем и низком агрофоне.

**Ключевые слова:** озимая мягкая пшеница, сорт, урожайность, адаптивность, генотип, среда.

**Для цитирования:** Косенко С. В. Адаптивный потенциал сортов озимой мягкой пшеницы в условиях Пензенской области // Зерновое хозяйство России. 2024. Т. 16, № 2. С. 75–79.  
DOI: 10.31367/2079-8725-2024-91-2-75-79.



## ADAPTIVE POTENTIAL OF WINTER COMMON WHEAT VARIETIES IN THE PENZA REGION

**S. V. Kosenko**, Candidate of Agricultural Sciences, leading researcher of the laboratory for breeding technologies, s.kosenko.pnz@fncl.ru, ORCID ID: 0000-0003-3214-153X  
Federal State Budget Research Institution “Federal Research Center for Bast Fiber Crops” (FSBRI CBFC),  
170041, Tver region, Tver, Komsomolsky Av., 17/56; e-mail: info@fncl.ru

The current paper has presented the results of long-term study (2014–2023) of productivity, adaptability parameters and correlation between a genotype and environment of winter common wheat varieties in the forest-steppe conditions of the Penza region. The purpose of the study was to determine the response of winter common wheat varieties in changing agroclimatic conditions according to productivity. The vegetation conditions during the years of study varied in temperature and amount of precipitation, which served as a good background for conducting research on the issue in question. The objects for the study were 9 zoned varieties approved for cultivation in the Middle Volga region and 5 winter common wheat varieties developed by the FSBRI CBFC. The zoned winter common wheat variety ‘Fotiniya’ was used as a standard. The years of the varieties’ study were divided into favorable, typical (mean) and unfavorable (dry, excessively wet). Winter common wheat productivity in favorable years averaged 5.68 t/ha, in typical years it was 4.32 t/ha and 2.19 t/ in unfavorable years. As a result of determining the response of winter common wheat varieties in changing agroclimatic conditions according to productivity, there was proven a strong effect of environmental conditions and genotype. There have been proposed for breeding use such valuable and stable genotypes of winter common wheat as ‘Biryuzha’, ‘Skipetr’, ‘Don-eko’, ‘Alyonushka’, ‘Pamyati Krivobocheka’, ‘Surskaya Nika’, ‘Dargo’, which should be placed on a high and medium agricultural background. The varieties ‘Fotiniya’ and ‘Klavdiya 2’ are highly adaptable to unfavorable cultivation conditions and will have an advantage over other varieties in medium and low agricultural backgrounds.

**Keywords:** winter common wheat, variety, productivity, adaptability, genotype, environment.

**Введение.** Среднее Поволжье, куда входит Пензенская область, характеризуется значительным разнообразием природно-климатических и погодных условий. К числу особенно значимых агрометеорологических факторов, влияющих на урожайность, валовые сборы и качество полевых культур, следует отнести

неустойчивое по зонам, годам и месяцам распределение осадков, высокую вероятность различных типов засух, особенно весенних, суховеи, недостаточную влагообеспеченность почвы на момент озимого сева, колебания высоты снежного покрова по годам и т.д. (Крупин и др., 2019).

Академик А. А. Жученко (2004) считает, что обеспечение устойчивого роста величины и качества урожая сельскохозяйственных культур связано с повышением экологической устойчивости самих культурных видов за счет селекции и агротехники, подбора культур и сортов-взаимострахователей, их адаптивного макро-, мезо- и микрорайонирования, увеличения видового и сортового разнообразия агроэкосистем, использования адаптивной и гибкой структуры посевных площадей, конструирования экологически устойчивых агроландшафтов и т.д.

Основные правила построения ценозов нами рассматриваются как способ наиболее эффективного использования экологического оптимума среды обитания растениями в резко контрастных погодных условиях (Kendal, 2019; Horn et al., 2018). Решение этих и других вопросов позволит скорректировать селекционные программы и сосредоточиться на устранении узких мест в селекционном процессе.

Целью настоящих исследований явилось определение реакции сортов озимой мягкой пшеницы в меняющихся агроклиматических условиях по урожайности.

**Материалы и методы исследований.** Исследования проводили в 2014–2023 гг. в лесостепной зоне Пензенской области. Климат зоны умеренно-континентальный. Метеорологические условия периода вегетации озимой мягкой пшеницы за эти годы различались по температурному режиму и количеству выпавших осадков, что послужило хорошим фоном для проведения исследований по изучаемому вопросу. Вегетационный период в неблагоприятные 2015 и 2019 гг. был в разной степени засушливым, гидротермический коэффициент от возобновления вегетации до восковой спелости у стандартного сорта Фотинья колебался в пределах 0,8 и 0,5 соответственно. Условия возделывания озимой мягкой пшеницы в 2016, 2017, 2022 и 2023 гг. были благоприятными, гидротермический коэффициент

по межфазному периоду «возобновление вегетации – восковая спелость» у стандарта составлял от 1,22 до 1,30. Вегетационный период озимой мягкой пшеницы в типичные 2014, 2018, 2020, 2021 гг. проходил при средних условиях увлажнения и умеренных температурах воздуха, гидротермический коэффициент составлял от 1,1 до 1,16.

В качестве объектов исследования были заложены два двухфакторных опыта. Первый опыт. По фактору А (сорт) изучали 9 вариантов, а именно: Клавдия 2, Мироновская 808, Оренбургская 105, Московская 39, Безенчукская 380, Надежда, Бирюза, Скипетр, Дон-эко; по фактору В (годы) – 2014–2023 годы. Второй опыт. По фактору А (сорт) изучали 5 вариантов, а именно: Аленушка, Памяти Кривобочка, Сурская Ника, Дарго, Лютесценс 26/03-1-06; по фактору В (годы) – 2019–2023 годы. В качестве стандарта использовали районированный сорт озимой мягкой пшеницы Фотинья. Посев проводили в 1-й декаде сентября по предшественнику чистый пар на неудобренном фоне сеялкой СН-10Ц. Площадь делянки 10 м<sup>2</sup>, повторность опыта шестикратная. Норма высева 5,5 млн всхожих зерен/га.

Фенологические наблюдения проводили по Методике государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур (1989). При статистической обработке полученных данных применяли дисперсионный анализ (Доспехов, 2014).

**Результаты и их обсуждение.** Урожайность – наиболее важный показатель ценности сортов и является главным в их селекции. Решение этой проблемы невозможно без детального изучения изменчивости урожайности зерна в зависимости от генотипа и условий выращивания. Результаты двухфакторного анализа свидетельствуют о наличии значимых эффектов генотипа, среды и их взаимодействия на показатели урожайности озимой мягкой пшеницы (табл. 1).

**Таблица 1. Результаты многофакторного дисперсионного анализа по выявлению доли влияния факторов на урожайность озимой мягкой пшеницы (2014–2023 гг.)**

**Table 1. Results of multi-factor analysis of variance to identify the share of the effect of factors on winter common wheat productivity (2014–2023)**

Источник варьирования	Сумма квадратов отклонений, (SS)	Степени свободы, (df)	Средний квадрат, (ms)	Критерий Фишера, (F)	Доля влияния фактора, %
2014–2023 гг.					
Общее	255,52	299	–	–	100
Сорта (фактор А)	7,72	9	1,25	72,84**	25,1
Годы (фактор В)	212,76	9	21,25	674,24***	61,3
Взаимодействие АхВ	28,06	81	15,44	4,78*	12,0
Случайные отклонения	6,98	200	0,03	–	1,6
2019–2023 гг.					
Общее	54,78	74	–	–	100
Сорта (фактор А)	4,64	4	1,14	86,81**	28,6
Годы (фактор В)	33,47	4	8,37	181,97***	51,7
Взаимодействие АхВ	13,86	16	0,92	9,76*	15,5
Случайные отклонения	2,81	50	0,05	–	4,2

Примечание. \* – 0,05; \*\* – 0,01; \*\*\* – 0,001.

При этом наибольшее влияние оказывают условия среды (61,3 %) и генотип (25,1 %). На долю специфического взаимодействия «генотип × среда» приходится лишь 12,0 %. Высокая величина дисперсии среды ( $m_s = 21,25$ ), которая больше, чем дисперсия взаимодействия «генотип × среда» ( $m_{sg} = 15,44$ ), указывает на разнообразие почвенно-климатических условий в годы исследований. В новом наборе сортов в течение пяти лет также преобладает изменчивость, вызванная воздействием внешней среды, – 51,7 %. Однако увеличилась доля факторов, обусловленных генотипом (28,6 %) и взаимодействием «генотип × среда» (15,5 %). Таким образом, можно сделать заключение, что новые сорта обладают широкой нормой реакции, более отзывчивы на улучшение условий среды.

Годы исследования сортов разделены на благоприятные, типичные (средние) и неблагоприятные (засушливые, избыточно увлажненные). Большая часть исследуемых годов (40,0 %) относится к благоприятным (40,0 %) и типичным по условиям возделывания, 20 % оказались неблагоприятными для всех сортов.

В среднем урожайность озимой мягкой пшеницы в благоприятные годы составила в среднем 5,68 т/га, в типичные годы – в среднем 4,32 т/га и неблагоприятные годы – в среднем 2,19 т/га.

Если в условиях Самары и Саратова основными показателями адаптивности сорта являются засухоустойчивость и жаростойкость (Сюков и др., 2019; Шьюрова и др., 2019), то в Пензенской области к лимитирующим факторам можно отнести как засуху, так и избыточное увлажнение, которое приводит к полеганию растений, поражению болезнями. Это свидетельствует о значимости проблемы устойчивости сортов к абиотическим и биотическим факторам.

Анализируя распределение изучаемых сортов по урожайности, следует отметить, что наиболее приспособленными к условиям Пензенской области являются сорта озимой мягкой пшеницы Фотинья, Клавдия, Бирюза, Скипетр, Дон-эко. По отношению к среднегрупповому уровню вышеуказанные сорта имели более высокую урожайность зерна за 2014–2023 гг. (в среднем 4,19, 4,68, 4,35, 4,50 и 4,23 т/га соответственно) (табл. 2).

**Таблица 2. Урожайность озимой мягкой пшеницы относительно их среднегрупповой продуктивности в различные по метеорологическим условиям годы, т/га**  
**Table 2. Productivity of winter common wheat according to their mean group productivity in years of various weather conditions, t/ha**

Сорта	Районированные сорта							
	Благоприятные годы: 2016, 2017, 2022, 2023		Типичные годы: 2014, 2018, 2020, 2021		Неблагоприятные годы: 2015, 2019		В среднем за 2014–2023 годы	
	т/га*	%**	т/га*	%**	т/га*	%**	т/га*	%**
Среднегрупповая продуктивность	5,68	100	4,32	100	2,19	100	4,06	100
Фотинья	5,72	101	4,11	93	2,76	126	4,19	103
Клавдия 2	6,17	111	4,79	110	3,10	142	4,68	115
Мироновская 808	5,15	91	3,53	82	1,95	89	3,54	87
Оренбургская 105	5,25	93	4,13	96	2,10	96	3,83	94
Московская 39	5,05	89	4,18	97	1,75	80	3,66	90
Безенчукская 380	5,07	90	3,85	89	1,70	78	3,54	87
Надежда	5,54	98	4,58	106	2,20	100	4,10	103
Бирюза	6,21	110	4,73	109	2,10	96	4,35	107
Скипетр	6,57	116	4,92	114	2,00	91	4,50	110
Дон-эко	6,02	106	4,49	104	2,19	100	4,23	104
НСР <sub>05</sub>	0,19	–	0,26	–	0,16	–	0,21	–
	Новые сорта							
	Благоприятные годы: 2022, 2023		Типичные годы: 2020, 2021		Неблагоприятные годы: 2019		В среднем за 2019–2023 годы	
	т/га*	%**	т/га*	%**	т/га*	%**	т/га*	%**
Среднегрупповая продуктивность								
Фотинья	7,61	100	4,46	100	2,88	100	4,98	100
Алёнушка	6,75	89	3,68	83	2,66	92	4,36	88
Памяти Кривобочка	8,21	108	4,73	106	3,06	106	5,33	107
Сурская Ника	7,58	100	4,54	102	2,94	102	5,02	101
Дарго	7,96	105	4,99	112	2,88	100	5,28	106
Лютесценс 26/03-1-06	7,67	101	4,68	105	2,82	98	5,06	102
НСР <sub>05</sub>	7,52	99	4,11	92	2,90	101	4,84	97
НСР <sub>05</sub>	0,38	–	0,23	–	0,13	–	0,26	–

Примечание. \* средняя урожайность, т/га; \*\* урожайность в % по отношению к среднегрупповой продуктивности.

Важный показатель современных сортов – устойчивость к стрессовым условиям произрастания, выражающийся в разности между урожайностью в неблагоприятный и благоприятный год ( $Y_2 - Y_1$ ). Чем она меньше, тем выше стрессоустойчивость и шире диапазон адаптивных возможностей сорта (Bornhofen et al., 2017; Simion et al., 2018). Однако при общей положительной оценке по адаптивности, сорта имеют существенные различия в их реакции на условия среды. В целом стрессоустойчивость изученных сортов была средней, сорта Фотинья и Клавдия 2 показали наименьшую стрессоустойчивость, за счет исключительной засухоустойчивости в неблагоприятные годы сформировали достаточно высокую урожайность зерна – 2,76 и 3,10 т/га соответственно, что на 126 и 142 % выше среднегрупповой продуктивности. Они отзывчивы на благоприятные и засушливые условия, но в то же время плохо переносят избыточное увлажнение. У них наблюдается наименьшая разница урожайности зерна между благоприятными и неблагоприятными годами (2,96 и 3,07 т/га соответственно). Для сравнения: у сорта Скипетр при высокой вариабельности урожайности по годам разница достигает 4,57 т/га.

Среди сортов нового поколения лучшими по адаптивности к резко меняющимся условиям зоны показали себя сорта Аленушка (допущен к использованию с 2023 г.), Памяти Кривобочка (допущен к использованию

с 2024 г.), Сурская Ника и Дарго (переданы в Государственное сортоиспытание). По отношению к среднегрупповой вышеуказанные сорта имели более высокую урожайность зерна за 2019–2023 гг. (в среднем 5,33, 5,02, 5,28 и 5,06 т/га соответственно). У них удачно сочетается пластичность и стабильность урожайности по годам. Все вышеуказанные сорта интенсивного типа.

**Выводы.** В результате определения реакции сортов озимой мягкой пшеницы в меняющихся агроклиматических условиях по урожайности доказано высокое влияние условий среды и генотипа. Для селекционного использования предложены ценные и стабильные генотипы озимой мягкой пшеницы Бирюза, Скипетр, Дон-эко, Аленушка, Памяти Кривобочка, Сурская Ника, Дарго, которые следует размещать на тщательно подготовленных предшественниках с достаточными запасами продуктивной влаги и минерального питания (высоких и средних технологий). Они являются интенсивными сортами, положительно отзываемыми на улучшение агрофона. Сорта Фотинья и Клавдия 2 обладают высокой адаптацией к неблагоприятным условиям возделывания и будут иметь преимущество над другими сортами на среднем и низком агрофоне.

**Финансирование.** Работа выполнена при поддержке Минобрнауки России в рамках Государственного задания Федерального научного центра лубяных культур (№ FGSS-2022-0008).

#### Библиографические ссылки

1. Доспехов, Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). 5 издание, перераб. и дополн. Стереотип изд. М.: Альянс. 2014. 351 с.
2. Жученко, А.А. Ресурсный потенциал производства зерна в России. Москва, 2004. 1109 с.
3. Крупин П.Ю., Дивашук М.Г., Карлов Г.И. Использование генетического потенциала многолетних дикорастущих злаков в селекционном улучшении пшеницы (обзор) // Сельскохозяйственная биология. 2019. № 54(3). С. 409–425. DOI: 10.15389/agrobiology.2019.3.409rus
4. Методика государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур. Выпуск 1. Общая часть. М.: Колос. 2019. 329 с.
5. Сюков В.В., Захаров В.Г., Мальчиков П.Н., Кривобочек В.Г., Никонов В.И., Василова Н.З., Ганеев В.А., Гулаева Н.В., Менибаев А.И. Эффективность статистических методов оценки адаптивности генотипов яровой мягкой пшеницы вдоль экологического вектора // Аграрный научный журнал. 2019. № 2. С. 4–12. DOI: 10.28983/asj.y2019i2pp4-12
6. Шьюрова Н.А., Субботин А.Г., Жужукин В.И., Нарушев В.Б., Мухатова Ж.Н., Башинская О.С. Селекционная оценка сортообразцов и линий яровой твердой пшеницы в засушливых условиях Нижнего Поволжья // Успехи современного естествознания. 2019. № 12 (часть 2). С. 236–242. DOI: 10.17513/use.37295
7. Bornhofen E., Benin G., Storck L., Guilherme L., Thiago W., Matheus D., Stoco G., Marchioro S.V. Statistical methods to study adaptability and stability of wheat genotypes // Bragantia. 2017. Vol. 76(1), P. 1–10. DOI: 10.1590/1678-4499.557
8. Horn L., Shimelis H., Sarsu F., Mwadzingeni L., Laing M.D. Genotype-by-environment interaction for grain yield among novel cowpea (*Vigna unguiculata* L.) selections derived by gamma irradiation // The Crop Journal. 2018. Vol. 6(3), P. 306–313. DOI: 10.1016/j.cj.2017.10.002
9. Kendal, E. Comparing durum wheat cultivars by genotype  $\frac{1}{2}$  yield  $\frac{1}{2}$  trait and genotype  $\frac{1}{2}$  trait biplot method // Chilean Journal of Agricultural Research. 2019. Vol. 79(4), P. 512–522. DOI: 10.4067/S0718-58392019000400512
10. Simion T., Mohammed W., Amsalu B. Genotype by environment interaction and stability analysis 979 of cowpea (*Vigna unguiculata* L. Walp) genotypes for yield in Ethiopia // Journal of Plant Breeding and Crop Science. 2018. Vol. 10(9), P. 249–257. DOI: 10.5897/JPBCS2018.07539

#### Reference

1. Dospikhov, 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 dopoln. Stereotip izd. M.: Al'yans. 2014. 351 s

2. Zhuchenko, A.A. Resursnyi potentsial proizvodstva zerna v Rossii [Resource potential of grain production in Russia]. Moskva, 2004. 1109 s.
3. Krupin P. Yu., Divashuk M. G., Karlov G. I. Ispol'zovanie geneticheskogo potentsiala mnogoletnikh dikorastushchikh zlakov v selektsionnom uluchshenii pshenitsy (obzor) [Use of the genetic potential of perennial wild cereals in the breeding improvement of wheat (review)] // Sel'skokhozyaistvennaya biologiya. 2019. № 54(3). S. 409–425. DOI: 10.15389/agrobiology.2019.3.409rus
4. Metodika gosudarstvennogo sortoispytaniya sel'skokhozyaistvennykh kul'tur [Methodology of the State Variety Testing of agricultural crops]. Vypusk 1. Obshchaya chast'. M.: Kolos. 2019. 329 s.
5. Syukov V.V., Zakharov V.G., Mal'chikov P. N., Krivobochek V.G., Nikonov V.I., Vasilova N.Z., Ganeev V.A., Gulaeva N.V., Menibaev A.I. Effektivnost' statisticheskikh metodov otsenki adaptivnosti genotipov yarovoi myagkoi pshenitsy vdol' ekologicheskogo vektora [Efficiency of statistical estimation of the adaptability of spring common wheat genotypes along the environmental vector] // Agrarnyi nauchnyi zhurnal. 2019. № 2. S. 4–12. DOI: 10.28983/asj.y2019i2pp4-12
6. Sh'yurova N.A., Subbotin A. G., Zhuzhukin V.I., Narushev V.B., Mukhatova Zh.N., Bashinskaya O. S. Selektionnaya otsenka sortoobraztsov i linii yarovoi tvrdoi pshenitsy v zasushlivykh usloviyakh Nizhnego Povolzh'ya [Breeding estimation of spring durum wheat variety samples and lines in the arid conditions of the Lower Volga region] // Uspekhi sovremennogo estestvoznaniya. 2019. № 12 (chast' 2). S. 236–242. DOI: 10.17513/use.37295
7. Bornhofen E., Benin G., Storck L., Guilherme L., Thiago W., Matheus D., Stoco G., Marchioro S. V. Statistical methods to study adaptability and stability of wheat genotypes // Bragantia. 2017. Vol. 76(1), R. 1–10. DOI: 10.1590/1678-4499.557
8. Horn L., Shimelis H., Sarsu F., Mwadzingeni L., Laing M. D. Genotype-by-environment interaction for grain yield among novel cowpea (*Vigna unguiculata* L.) selections derived by gamma irradiation // The Crop Journal. 2018. Vol. 6(3), R. 306–313. DOI: 10.1016/j.cj.2017.10.002
9. Kendal, E. Comparing durum wheat cultivars by genotype  $\frac{1}{2}$  yield  $\frac{1}{2}$  trait and genotype  $\frac{1}{2}$  trait biplot method // Chilean Journal of Agricultural Research. 2019. Vol. 79(4), R. 512–522. DOI: 10.4067/S0718-58392019000400512
10. Simion T., Mohammed W., Amsalu B. Genotype by environment interaction and stability analysis 979 of cowpea (*Vigna unguiculata* L. Walp) genotypes for yield in Ethiopia // Journal of Plant Breeding and Crop Science. 2018. Vol. 10(9), R. 249–257. DOI: 10.5897/JPCBS2018.07539

Поступила: 24.03.24; доработана после рецензирования: 22.04.24; принята к публикации: 22.04.24.

**Критерии авторства.** Автор статьи подтверждает, что имеет на статью полное права и несет ответственность за плагиат.

**Конфликт интересов.** Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

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

**Автор прочитал и одобрил окончательный вариант рукописи.**