

Кристина Владимировна Зенкина

Дальневосточный НИИ сельского хозяйства – обособленное подразделение Хабаровского ФИЦ ДВО РАН, Хабаровск, Россия
polosataya-zebra@mail.ru

ПАРАМЕТРЫ АДАПТИВНОСТИ ПШЕНИЦЫ МЯГКОЙ ЯРОВОЙ В УСЛОВИЯХ СРЕДНЕГО ПРИАМУРЬЯ

Цель исследований – оценить адаптивную реакцию образцов яровой мягкой пшеницы на условия Среднего Приамурья. Исследования осуществлялись в 2000–2024 гг. на опытных полях Дальневосточного научно-исследовательского института сельского хозяйства (Россия, г. Хабаровск). Почва опытного участка – лугово-бурая оподзоленно-глеевая тяжелосуглинистая, содержание гумуса – 3,6–3,8 %, реакция среды кислая ($pH_{\text{сол.}} < 4,5$). Объект исследований – сорта пшеницы Хабаровчанка, Зарянка, Лира-98, селекционные линии 14/2-00, 118/1-99. Годы исследований характеризовались различными метеорологическими условиями в период вегетации растений: засуха (2001, 2003, 2008, 2022, 2023 гг.), умеренная увлажненность (2002, 2004, 2005, 2007, 2011, 2012, 2013, 2017, 2020, 2021, 2024 гг.), переувлажнение (2000, 2006, 2009, 2010, 2014, 2015, 2016, 2018, 2019 гг.). Почвенно-климатические условия Среднего Приамурья на 81,7 % повлияли на формирование урожайности образцов пшеницы мягкой яровой. Сорта Зарянка, Лира-98 и селекционные линии 14/2-00, и 118/1-99 реализуют свой геометрический потенциал продуктивности в условиях региона. Сорт Хабаровчанка формировал стабильную невысокую продуктивность семян и в неблагоприятных условиях незначительно снижал свою урожайность за счет выносливости. Выделены селекционные линии с наибольшей урожайностью зерна – 14/2-00 (292 г/м²) и 118/1-99 (300 г/м²), которые относятся к высокоинтенсивным генотипам. Селекционная линия 118/1-99 отличалась наибольшей реализацией потенциальной продуктивности, засухоустойчивостью, высокой экологической пластичностью, стабильностью и высокой адаптацией к условиям региона. Минимальные значения суммы рангов урожайности (55) и рангов параметров адаптивности (29) у селекционной линии пшеницы мягкой яровой 118/1-99 свидетельствуют о наибольшей способности проявлять адаптивные реакции на условия возделывания и высокой хозяйственной ценности генотипа.

Ключевые слова: пшеница мягкая яровая, урожайность, адаптивность, пластичность, стабильность, засухоустойчивость пшеницы

Для цитирования: Зенкина К.В. Параметры адаптивности пшеницы мягкой яровой в условиях Среднего Приамурья // Вестник КрасГАУ. 2025. № 7. С. 35–43. DOI: 10.36718/1819-4036-2025-7-35-43.

Kristina Vladimirovna Zenkina

Far Eastern Research Institute of Agriculture – a separate division of the Khabarovsk Federal Research Center of the Far Eastern Branch of the Russian Academy of Sciences, Khabarovsk, Russia
polosataya-zebra@mail.ru

ADAPTABILITY PARAMETERS OF SOFT SPRING WHEAT IN THE MIDDLE AMUR REGION CONDITIONS

The aim of the study is to evaluate the adaptive response of spring soft wheat samples to the conditions of the Middle Amur Region. The studies were carried out in 2000–2024 on the experimental fields of the Far Eastern Research Institute of Agriculture (Russia, Khabarovsk). The soil of the experimental plot is meadow-brown podzolic-gley heavy loamy, the humus content is 3.6–3.8 %, the reaction of the environ-

ment is acidic ($\text{pH}_{\text{sol.}} < 4.5$). The object of the study is the Khabarovchanka, Zaryanka, Lira-98 wheat varieties, breeding lines 14/2-00, 118/1-99. The years of research were characterized by different meteorological conditions during the vegetation period of plants: drought (2001, 2003, 2008, 2022, 2023), moderate moisture (2002, 2004, 2005, 2007, 2011, 2012, 2013, 2017, 2020, 2021, 2024), waterlogging (2000, 2006, 2009, 2010, 2014, 2015, 2016, 2018, 2019). Soil and climatic conditions of the Middle Amur Region influenced the formation of the yield of soft spring wheat samples by 81.7 %. The varieties Zaryanka, Lira-98 and the selection lines 14/2-00 and 118/1-99 realize their geometric productivity potential in the conditions of the region. The Khabarovchanka variety formed stable low seed productivity and in unfavorable conditions slightly reduced its yield due to endurance. Selection lines with the highest grain yield were identified – 14/2-00 (292 g/m²) and 118/1-99 (300 g/m²), which belong to high-intensity genotypes. Selection line 118/1-99 was distinguished by the highest realization of potential productivity, drought resistance, high ecological plasticity, stability and high adaptation to regional conditions. The minimum values of the sum of yield ranks (55) and ranks of adaptability parameters (29) in the selection line of soft spring wheat 118/1-99 indicate the greatest ability to exhibit adaptive reactions to cultivation conditions and high economic value of the genotype.

Keywords: soft spring wheat, productivity, adaptability, plasticity, stability, drought resistance of wheat

For citation: Zenkina KV. Adaptability parameters of soft spring wheat in the Middle Amur Region conditions. *Bulletin of KSAU*. 2025;(7):35-43. (In Russ.). DOI: 10.36718/1819-4036-2025-7-35-43.

Введение. Пшеница (*Triticum aestivum* L.) – важнейшая зерновая культура, выращиваемая во всем мире и обеспечивающая национальную продовольственную безопасность страны. Продуктивность пшеницы зависит от многих факторов: сорт (генотип), почвенно-климатические условия и технология возделывания, поэтому современные сорта должны быть высоко адаптированными и устойчивыми к неблагоприятным факторам среды [1]. Важнейшим направлением селекции пшеницы является создание сортов с высоким и стабильным формированием урожая. Селекция к стрессовым условиям региона подразумевает экологически пластичный материал, поэтому необходима его комплексная оценка, чтобы получить более полную информацию о реакции генотипов на условия среды [2]. Урожайность сортов является сложным признаком, имеющим полигенный контроль, формирование которого преимущественно регулируется климатическими условиями в течение вегетационного периода. Экстремальные условия, связанные с температурой и влагообеспеченностью растений, – это наиболее частая причина снижения продуктивности или резких ее колебаний по годам. [3]. Главный абиотический стресс и фактор риска потерь урожая при возделывании пшеницы – засуха, особенно в условиях происходящей аридизации климата [4].

Адаптивность рассматривается в качестве важнейшего свойства, которое необходимо учитывать в селекционной работе, которая связана

с гомеостазом, поддерживающим постоянство генотипа [5, 6], поэтому для проведения анализа перспективности конкретного селекционного материала используют различные параметры адаптивности (приспособленности), пластичности (отзывчивости), стабильности (устойчивости), гомеостатичности (буферности) и другие показатели, дающие объективную характеристику сорта, отражающие потенциал генотипа и его поведение в различных условиях возделывания, которые используются в практических целях при планировании сортовых технологий возделывания пшеницы мягкой яровой [7, 8]. Территория Среднего Приамурья относится к зоне рискованного земледелия и характеризуется муссонным климатом с неравномерным распределением тепла и осадков по месяцам, с ярко выраженными проявлениями засухи и переувлажнения в течение вегетации растений. Погодные условия региона способствуют развитию заболеваний, а обильное количество осадков в период молочно-восковой спелости приводит к значительному полеганию растений, все это приводит к недобору урожая пшеницы в данной экологической зоне. Основная задача селекции в Дальневосточном НИИСХ – увеличение урожайности зерна пшеницы с повышением ее экологической устойчивости к неблагоприятным стрессорам окружающей среды, поэтому исследования нормы реакции генотипов в продолжительных наблюдениях особенно актуальны для повышения эффективности селекционной работы.

Цель исследований – оценить адаптивную реакцию образцов яровой мягкой пшеницы на условия Среднего Приамурья.

Задачи: установить и оценить параметры пластичности, стабильности, засухоустойчивости и адаптивности сортов и линий мягкой яровой пшеницы по урожайности зерна за длительный период в почвенно-климатических условиях Среднего Приамурья.

Объекты и методы. Объектом исследования были селекционные линии и сорта пшеницы яровой мягкой, которые проходили испытание с 2000 по 2024 г. на опытных полях Дальневосточного НИИ сельского хозяйства – обособленного подразделения Хабаровского ФИЦ ДВО РАН (Россия, г. Хабаровск):

- сорт Хабаровчанка (*Приморская 1737* × *Индус 66*) – свидетельство № 6155 от 12.01.1993 г. Разновидность – *erythrospermum*. Авторы сорта: Е.Г. Лысых, Е.Н. Мешкова, И.В. Ломакина, И.М. Шиндин, С.В. Воронова, В.П. Конечная;

- сорт Зарянка (*1482Н Эритроспермум 862/75* × (*Exp. III RVS* × *Лютесценс 50*)) – патент № 0874 от 12.02.2001 г. Разновидность – *erythrospermum*. Авторы сорта: И.В. Ломакина, Е.Н. Мешкова, И.М. Шиндин, З.С. Рубан, В.Ф. Черпак, С.В. Воронова;

- сорт Лира-98 (*WW 16151* × *Lobbet*) – патент № 21296 от 29.03.2002 г. Разновидность – *lutescens*. Авторы сорта: И.В. Ломакина, Е.Н. Мешкова, И.М. Шиндин, З.С. Рубан, В.Ф. Черпак, С.В. Воронова;

- линия 14/2-00 [(*Амурская 74* × *СВ 163-1*) × *Безостая 1*] × (*1895 Н* × *Надежда 2*);

- линия 118/1-99 ((*Хабаровчанка* × *Монакинка*) × (*Московская 35* × *1895 Н*)).

Почва участка – лугово-бурая оподзоленно-глеевая тяжелосуглинистая: содержание гумуса – 3,6–3,8 %, обменного калия – 277–304 мг/кг почвы, подвижного фосфора – 99–155 мг/кг почвы, кислая реакция среды (рН_{сол.} < 4,5). Изучение образцов пшеницы проводили в соответствии с Методикой государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур [9]. Предшественник – черный пар. Посев проводили сеялкой ССФК-7М в оптимальные сроки (II–III декада апреля) в 2000–2003, 2008, 2014, 2016–2024 гг., поздние сроки (I–II декада мая) в 2004, 2006, 2007, 2011–2013, 2015 гг. и очень поздние сроки для региона (III декада мая) в 2005, 2010 гг. Норма высева – 5,0 млн всхожих зерен на гектар. Повторность – трехкратная.

Площадь делянки – 12 м². Уборку проводили комбайном Хеге-125.

Рассчитывали показатели адаптивности [10, 11]:

- коэффициент вариации (V) – стандартизированное отклонение, выраженное в процентах к средней арифметической [12];

- размах (d) – разница между минимальными и максимальными значениями урожайности;

- индекс выносливости (TOL) – разница между продуктивностью в благоприятных и оптимальных условиях;

- геометрическая средняя продуктивность (СМР) – корень произведения продуктивности в неблагоприятные и благоприятные годы;

- коэффициент адаптивности (КА) – отношение средней урожайности сорта к среднесортowej по опыту;

- коэффициент интенсивности (КИ) – отношение средней урожайности сорта к среднесортowej в благоприятные годы;

- генотипический эффект (Ei) – отношение средней урожайности образцов к среднесортowej по опыту;

- фактор стабильности (SF) – отношение урожайности сорта в неблагоприятных условиях к лимитированным;

- индекс засухоустойчивости (DSI) – отношение средней и оптимальной продуктивности сорта к среднесортowому значению в благоприятных и стрессовых условиях;

- агрономическая засухоустойчивость (A) – отношение урожайности в благоприятных условиях к оптимальным, выраженное в процентах;

- селекционная ценность (Sc) – отношение минимальных и максимальных значений урожайности к среднему значению;

- гомеостатичность (Hom) – отношение средней урожайности к среднему квадратичному отклонению;

- реализация потенциала сорта (РПУ) – отношение разницы максимальной и минимальной к средней продуктивности.

Индекс условий среды, экологическую пластичность (b_i) и стабильность (Sd) рассчитывали по S.A. Eberhart, W.A. Russell в изложении В.А. Зыкина [13].

Расчет потери урожайности зерна от пыльной головни определяли по формуле К.М. Степанова и А.Е. Чумакова [14].

Метеорологические условия в годы исследований имели существенные различия и позво-

лили провести оценку образцов пшеницы по показателям адаптивного потенциала: 2001, 2003, 2008, 2022, 2023 – засушливые; 2002, 2004, 2005, 2007, 2011–2013, 2017, 2020, 2021, 2024 – умеренно увлажненные; 2000, 2006, 2009, 2010, 2014–2016, 2018, 2019 – переувлажненные (табл. 1). Наиболее благоприятные условия для формирования высокой урожайности

образцов пшеницы сложились в 2001, 2006–2008, 2012, 2014, 2016, 2017, 2019–2022, 2024 гг., о чем свидетельствуют положительные значения индексов условий среды. В 2009 г. из-за длительных проливных дождей в период молочно-восковой спелости отмечали полное полегание посевов, что значительно затруднило уборку пшеницы.

Таблица 1

Основные метеорологические показатели вегетационных сезонов
The main meteorological indicators of the growing seasons

Год	Средняя температура воздуха, °С			Осадки, мм			ГТК	Индекс условий среды, ед.
	май	июнь	июль	май	июнь	июль		
2000	13,4	17,6	21,4	78	57	200	1,8	–3,5
2001	13,9	17,2	20,2	68	32	61	0,9	6,3
2002	15,1	17,3	19,7	36	50	150	1,3	–10,8
2003	13,0	19,8	21,0	32	16	78	0,6	–15,1
2004	12,3	17,8	20,5	111	88	84	1,5	–7,3
2005	9,8	20,6	21,1	118	17	89	1,2	–14,4
2006	13,6	16,6	22,0	69	131	224	2,2	1,7
2007	12,3	19,2	22,1	87	74	113	1,4	3,5
2008	11,2	20,2	23,6	66	18	82	0,8	4,9
2009	14,9	16,1	20,1	85	159	138	2,1	–
2010	13,1	22,7	20,8	69	107	169	1,7	–11,9
2011	12,6	16,4	23,7	54	80	106	1,3	–8,6
2012	14,3	20,7	21,0	69	40	177	1,4	4,9
2013	13,5	19,8	22,1	37	86	128	1,3	–0,5
2014	12,7	19,8	21,7	73	114	223	2,1	5,3
2015	11,0	17,2	20,5	104	175	172	2,6	–1,7
2016	13,0	17,4	22,0	121	137	116	2,0	2,1
2017	14,4	16,5	22,6	46	90	111	1,3	8,7
2018	13,9	16,7	21,7	26	208	149	2,0	–5,4
2019	13,6	15,9	21,6	117	98	191	2,2	13,8
2020	14,4	15,2	21,1	28	117	137	1,5	1,5
2021	12,3	18,8	24,9	72	125	45	1,2	9,6
2022	12,3	17,7	23,0	54	86	57	1,0	3,0
2023	13,4	18,7	22,7	32	64	68	0,8	–3,1
2024	11,4	15,5	21,4	46	171	69	1,6	16,4
Норма (1981–2010 гг.)	12,4	18,1	21,3	63	74	133	1,4	–

Результаты и их обсуждение. Продолжительность вегетационного периода – важный показатель, который зависел как от сроков посева, так и от условий года. При оптимальном сроке посева (II–III декада апреля) продолжительность вегетации (от посева до восковой спелости) у образцов пшеницы в среднем составила 80–82 дня, минимальная – 70–72 дня,

максимальная – 88–90 дней. При посеве в поздние сроки (I–II декада мая) продолжительность вегетации у образцов пшеницы составила 79–81 день, минимальная – 74–75 дней, максимальная – 81–82 дня. При посеве в очень поздний срок (III декада мая) длина вегетации пшеницы составила в среднем 69–70 дней, минимальная – 63–64 дня, максимальная – 72–74 дня.

Все изученные образцы пшеницы при посеве в оптимальный срок относились к группе средне-спелых, различия по сортам и линиям были незначительны (1 день).

Одна из наиболее опасных и вредоносных болезней пшеницы – пыльная головня, способная существенно увеличивать потери урожайности зерна и его качество. В среднем за годы исследований поражение стеблей у сорта Хабаровчанка составило 0,087 %; у сорта Зарянка – 0,003; у сорта Лира-98 – 0,004; у линии 14/2-00 – 0,004; у линии 118/1-19 – 0,012 %. Снижение урожайности образцов пшеницы на естественном инфекционном фоне от пыльной головни составило 5,89–5,96 %.

В почвенно-климатических условиях Среднего Приамурья важным критерием пригодности возделывания сортов пшеницы является ее ус-

тойчивость к полеганию, так как регион характеризуется муссонным характером климата, периодическими ливневыми дождями и сильными ветрами. Устойчивость к полеганию у сортов Хабаровчанка, Зарянка, Лира-98 в среднем за годы исследований находилась в пределах 4 баллов (по пятибалльной шкале), селекционные линии 14/2-00, 118/1-99 отличались высокой устойчивостью – 5 баллов.

В результате дисперсионного анализа отмечено существенное влияние почвенно-климатических условий Среднего Приамурья ($F_{\text{крит.}} > F_{\text{факт.}}$) на формирование урожайности образцов пшеницы мягкой яровой, доля влияния фактора составила 81,7 % (табл. 2). Доля влияния сорта составила наименьший процент – 2,6 %.

Таблица 2

Дисперсионный анализ урожайности образцов пшеницы мягкой яровой
Variance analysis of yield of soft spring wheat samples

Источник вариации	Сумма квадратов отклонений (SS)	Число степеней свободы (Df)	Дисперсия (MS)	Фактическое значение отношения Фишера ($F_{\text{факт.}}$)	Критическое значение отношения Фишера ($F_{\text{крит.}}$)
Сорт	258,9	4	64,7	3,8	2,5
Год	8254,0	23	358,9	20,8	1,6
Сорт x год	1584,4	92	17,2		
Итого	10097,3				

Для оценки влияния погодных условий на формирование продуктивности зерна рассчитаны уравнения линейной регрессии для линий и сортов пшеницы мягкой яровой в зависимости от индекса условий среды (x) с высоким уровнем надежности (95 %):

Хабаровчанка $Y = 27,49 + 0,89 \cdot x$, $R^2 = 0,89$;
 Зарянка $Y = 27,87 + 0,95 \cdot x$, $R^2 = 0,84$;
 Лира-98 $Y = 25,82 + 0,95 \cdot x$, $R^2 = 0,87$;
 14/2-00 $Y = 29,24 + 1,07 \cdot x$, $R^2 = 0,81$;
 118/1-99 $Y = 30,07 + 1,14 \cdot x$, $R^2 = 0,84$.

При увеличении индекса условий среды на 1 единицу урожайность семян у сорта Хабаровчанка увеличивалась на 89 г/м², у сорта Зарянка – на 95; у сорта Лира-98 – на 95; у селек-

ционной линии 14/2-00 – на 107; у селекционной линии 118/1-99 – на 114 г/м². Коэффициенты детерминации показывают, что 81–89 % вариации урожайности пшеницы объясняются метеорологическими условиями окружающей среды.

Среднесортная урожайность сортов и линий пшеницы за годы исследований (2000–2024 гг.) составила 281 г/м², минимальная – 130 г/м² (2003 г.), максимальная – 445 г/м² (2024 г.). Установлено, что селекционные 14/2-00 и 118/1-99 формируют большую урожайность, чем сорта Хабаровчанка, Зарянка и Лира-98, на 34–42 г/м² (табл. 3). Максимальная продуктивность отмечена у селекционной линии 118/1-99 в 2017 г. – 510 г/м², но в неблагоприятных условиях в 2003 г. данный показатель существенно снижался – на 396 г/м².

Урожайность и адаптивность образцов пшеницы мягкой яровой
Productivity and adaptability of soft spring wheat samples

Показатель		Сорт, селекционная линия пшеницы				
		Хабаровчанка	Зарянка	Лири-98	14/2-00	118/1-99
Урожайность, г/м ²	средняя	275	278	258	292	300
	минимальная	140	135	107	132	114
	максимальная	406	466	448	491	510
Геометрическая средняя продуктивность (СМР)		23,8	25,1	219	255	241
Коэффициент вариации (V)		34,5	31,7	29,9	29,1	28,4
Размах (d)		0,7	0,7	0,8	0,7	0,8
Коэффициент адаптивности (КА)		1,0	1,0	0,9	1,0	1,1
Коэффициент интенсивности (КИ)		0,9	1,0	1,0	1,1	1,1
Индекс выносливости (TOL)		13,1	18,8	19,0	19,9	21,0
Генотипический эффект (E _i)		1,0	1,0	0,9	1,0	1,1
Экологическая пластичность (b _i)		0,9	1,0	1,0	1,1	1,2
Стабильность (Sd)		0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
Фактор стабильности (SF)		2,0	2,1	2,4	2,2	2,6
Индекс засухоустойчивости (DSI)		0,1	0,1	0,2	0,1	0,2
Агрономическая засухоустойчивость (A)		290,0	345,2	418,7	372,0	447,4
Селекционная ценность (Sc)		9,5	8,1	6,2	7,9	6,7
Гомеостатичность (Hom)		3,4	3,2	3	2,9	2,8
Реализация потенциала сорта (РПУ)		96,8	118,9	132,2	122,9	131,8

В результате исследований установлено, что урожайность зерна у образцов пшеницы мягкой яровой сильно изменялась по годам, коэффициент вариации свидетельствует о нестабильном формировании продуктивности в агрометеорологических условиях региона ($V > 20\%$). Уровень стабильности сортов Хабаровчанка, Зарянка и селекционной линии 14/2-00 в изменяющихся условиях возделывания выше ($d = 0,7$), чем у сорта Лири-98 и линии 118/1-99 ($d = 0,8$). Наибольшая потенциальная урожайность, демонстрирующая предельную теоретически возможную максимальную продуктивность генотипов, отмечена у сортов Зарянка (РПУ = 118,9), Лири-98 (РПУ = 132,2) и линий 14/2-00 (РПУ = 122,9), 118/1-99 (РПУ = 131,8), при этом сорт Зарянка и линия 14/2-00 формируют преобладающую геометрическую продуктивность ($СМР > 25,0$), свидетельствующую о более высокой устойчивости данных образцов к стрессу.

Наиболее стабильное формирование урожайности установлено у сорта Хабаровчанка ($SF = 2,0$), что характеризует высокую селекционную ценность данного генотипа ($Sc = 9,5$), поэтому сорт Хабаровчанка был стандартным сортом для селекции и длительное время его возделывали товаропроизводители всех форм собственности в регионе. Индекс выносливости

показывает, что урожайность сорта Хабаровчанка в наименьшей степени уменьшается в неблагоприятных условиях ($TOL = 13,1$), сорт способен минимизировать последствия критических ситуаций ($Hom = 3,4$) и подходит для экстенсивной технологии возделывания в данной экологической зоне ($b_i < 1,0$).

Селекционные линии 14/2-00 и 118/1-99 предпочитают высокий уровень технологии выращивания и относятся к интенсивным ($КИ > 1,0$), при этом наибольшей адаптивной реакцией на изменение условий обладает селекционная линия 118/1-99 ($КА = 1,1$). Данные селекционные линии отличаются высокой отзывчивостью, что подтверждают показатели экологической пластичности ($b_i > 1,0$). Реализация потенциальной продуктивности, позволяющая оценить потенциал генотипа в спектре климатических условий, в наибольшей степени отмечена у линии 118/1-99 ($E_i > 1$).

Засуха значительно влияет на рост и развитие растений, и как следствие, на урожайность зерна пшеницы. Показатель засухоустойчивости у сорта Лири-98 и линии 118/1-99, основанный на разнице продуктивности в условиях стресса и без стресса, свидетельствует о наибольшей способности переносить засуху региона ($DSI = 0,2$). Параметр агрономической засухоустойчивости

подтверждает, что Лира-98 и 118/1-99 в условиях существенного недостаточного увлажнения формировали оптимальную урожайность зерна ($A = 418,7$ и $A = 447,4$ соответственно).

В результате исследований выявлена взаимосвязь между продуктивностью образцов пшеницы мягкой яровой и параметрами адаптивности, которые тесно связаны между собой. Урожайность семян пшеницы коррелирует с коэффициентом вариации V ($r = -0,90$), индексом выносливости TOL ($r = 0,97$) и реализацией потенциальной продуктивности сорта РПУ ($r = 0,96$). Коэффициент вариации (V) взаимосвязан с коэффициентом отзывчивости KI ($r = -0,94$), индексом выносливости TOL ($r = -0,95$), показателем экологической пластичности b_i ($r = -0,90$), агрономической засухоустойчивостью A ($r = -0,91$), гомеостатичностью Hom ($r = 0,99$), реализацией потенциальной продуктивности сорта РПУ ($r = -0,93$). Размах урожайности (d) интегрирован с фактором стабильности SF ($r = 0,91$) и индексом засухоустойчивости DSI ($r = 1,00$). Коэффициент адаптивности (KA) имеет непосредственное отношение с генотипическим эффектом E_i ($r = 1,00$), а коэффициент интенсивности (KI) – с индексом толерантности TOL ($r = 0,92$), с экологической пластичностью ($r = 0,94$) и гомеостатичностью ($r = -0,94$). Индекс толерантности (TOL) связан с реализацией потенциальной продуктивности сорта РПУ ($r = 0,93$) и гомеостатичностью Hom ($r = -0,91$), которая зависит от экологической пластичности b_i ($r = -0,93$). Показатели засухоустойчивости DSI ($r = 0,91$) и агрономической засухоустойчивости A ($r = 0,97$) влияют на фактор стабильности (SF). Реализация потенциала сорта (РПУ) неразрывно связана с агрономической засухоустойчивостью A ($r = 0,95$), селекционной ценностью Sc ($r = -0,96$) и гомеостазом Hom ($r = -0,88$). Гомеостатичность Hom ($r = -0,91$) и селекционная ценность Sc ($r = -0,95$) оказывают влияние на агрономическую засухоустойчивость (A). Наиболее значимые показатели, которые имеют сильную взаимосвязанность между собой, – коэффициент вариации (V), индекс выносливости (TOL), агрономическая засухоустойчивость (A) и гомеостатичность (Hom). Полученные взаимосвязи показателей адаптивности между собой и с урожайностью пшеницы мягкой яровой свидетельствует о пригодности их использования для определения реакции сортов и линий в почвенно-климатических условиях Среднего Приамурья.

Для комплексной оценки линий и сортов пшеницы мягкой яровой проведено ранжирова-

ние урожайности и показателей адаптивности, где первый ранг – самый высокий. В результате классификации установлено, что сорт Хабаровчанка формирует среднюю урожайность, но показывает низкую приспособительную реакцию на условия возделывания (5 ранг), суммарный ранг урожайности составил 75, суммарный ранг адаптивности составил 48. Линия 14/2-00 и сорт Зарянка характеризуются небольшой продуктивностью и средней приспособленностью к неблагоприятным факторам окружающей среды, их суммарный ранг урожайности составил 59 и 70, ранг адаптивности составил 37 и 41 соответственно. Сорт Лира-98 в среднем каждый второй год формировал самую низкую урожайность (5 ранг) и отличался низкой экологической устойчивостью к стрессорам, суммарный ранг урожайности составил 98, ранг адаптивности составил 43. Наибольшей хозяйственной ценностью и возможностью проявлять адаптивные способности в регионе в совокупности с наибольшей урожайностью обладает линия 118/1-99, суммарный ранг урожайности составил 55, ранг адаптивности составил 29.

Заключение. За длительный период изучения с 2000 по 2024 г. потери урожайности пшеницы от пыльной головки на естественном инфекционном фоне составили 5,89–5,96 %. Рассчитаны уравнения регрессии между продуктивностью и индексами условий среды, полученные коэффициенты детерминации свидетельствуют о существенном влиянии агрометеорологических условий окружающей среды на изменчивость урожайности пшеницы мягкой яровой – 81–89 %.

В результате исследований выделены селекционные линии пшеницы мягкой яровой с наибольшей урожайностью зерна – 14/2-00 (292 г/м²), 118/1-99 (300 г/м²) и высокой устойчивостью к полеганию (5 баллов). Наиболее стабильное формирование урожайности семян по годам установлено у сорта Хабаровчанка ($SF = 2,0$), что обуславливает его высокую селекционную ценность ($Sc = 9,5$), выносливость ($TOL = 13,1$) и гомеостаз ($Hom = 3,4$). Линия 118/1-99 ($A = 447,4$) и сорт Лира-98 ($A = 418,7$) способны формировать оптимальный уровень урожайности и переносить периоды засухи в регионе ($DSI = 0,2$). По ранжированию урожайности (сумма рангов 55) и параметров адаптивности (сумма рангов 29) отмечена селекционная линия 118/1-99 с высокой хозяйственной ценностью, обладающая оптимальной адаптивной реакцией на стрессовые условия региона.

Список источников

1. Исмагилов К.Р., Шакирзянов А.Х., Каримов И.К., и др. Экологическая пластичность сортов яровой пшеницы в предуральской степи республики Башкортостан // Вестник КрасГАУ. 2022. № 9. С. 80–86. DOI: 10.36718/1819-4036-2022-9-80-86. EDN: OADYBX.
2. Клыков А.Г., Муругова Г.А., Тимошинова О.А., и др. Адаптивный потенциал сортов и линий зерновых и крупяных культур приморской селекции // Вестник ДВО РАН. 2022. № 3. С. 18–32. DOI: 10.37102/0869-7698_2022_223_03_2. EDN: JTHNXP.
3. Якунина Н.А., Поползухина Н.А., Паршуткин Ю.Ю. Оценка сортов и линий яровой мягкой пшеницы на устойчивость к засухе в условиях южной лесостепи Западной Сибири с использованием индексов засухоустойчивости // Вестник НГАУ. 2024. Т. 70, № 1. С. 178–184. DOI: 10.31677/2072-6724-2024-70-1-178-184. EDN: ISPODK.
4. Новохатин В.В., Шеломенцева Т.В., Драгавцев В.А. Новый комплексный подход к изучению динамики повышения адаптивности и гомеостатичности у сортов мягкой яровой пшеницы (на примере длительной истории селекции в Северном Зауралье) // Сельскохозяйственная биология. 2022. Т. 57, № 1. С. 81–97. DOI: 10.15389/agrobiology.2022.1.81rus. EDN: DAYGED.
5. Трипутин В.М., Ковтуненко А.Н., Кашуба Ю.Н. Оценка урожайности образцов озимой мягкой пшеницы по параметрам экологической пластичности в условиях южной лесостепи Омской области // Зерновое хозяйство России. 2022. Т. 14, № 2. С. 7–11. DOI: 10.31367/2079-8725-2022-80-2-7-11. EDN: LSDPHW.
6. Новохатин В.В., Зуев Е.В., Шеломенцева Т.В., и др. Показатели экологической изменчивости у сортов яровой мягкой пшеницы в условиях Тюменской области // Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции. 2023. Т. 184. № 3. С. 70–78. DOI: 10.30901/2227-8834-2023-3-70-78. EDN: LANXRI.
7. Байкасенов Р.К., Ярцев Г.Ф., Мордвинцев М.П. Оценка гомеоадаптивности сортов яровой мягкой пшеницы по урожайности зерна в условиях Оренбуржья // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2022. Т. 97, № 5. С. 36–43. EDN: PCNCML.
8. Барковская Т.А., Гладышева О.В., Кокорева В.Г. Оценка адаптивности и потенциальной продуктивности яровой мягкой пшеницы в условиях Рязанской области // Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2023. Т. 24, № 1. С. 58–65. DOI: 10.30766/2072-9081.2023.24.1.58-65. EDN: FTMXNZ.
9. Методика государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур. Вып. 1. Общая часть. М., 2019. 329 с.
10. Сафонова И.В., Аниськов Н.И. Индексная оценка засухоустойчивости и адаптивности перспективных сортов диплоидной озимой ржи в контрастных условиях выращивания // Аграрный вестник Урала. 2023. Т. 236, № 7. С. 32–45. DOI: 10.32417/1997-4868-2023-236-07-32-45. EDN: NRAFWU.
11. Калыбекова Ж.Т., Цыганков В.И., Зуев Е.В., и др. Использование индексов засухоустойчивости при изучении коллекции яровой мягкой пшеницы в условиях Актюбинской области // Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции. 2022. Т. 183, № 3. С. 85–95. DOI: 10.30901/2227-8834-2022-3-85-95. EDN: CAIFYY.
12. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта. М.: Агропромиздат, 2011. 351 с. EDN: QLCQEP.
13. Зыкин В.А., Белан И.А., Юсов В.С., и др. Методика расчета и оценки параметров экологической пластичности сельскохозяйственных растений. Уфа, 2005. 99 с. EDN: QIOOZH.
14. Степанов К.М., Чумаков А.Е. Прогноз болезней сельскохозяйственных растений. Л., 1972. 64 с.

References

1. Ismagilov KR, Shakirzyanov AKh, Karimov IK, et al. Spring wheat varieties ecological plasticity in the republic of Bashkortostan cis-ural steppe. *Bulletin of KSAU*. 2022;(9):80-86. (In Russ.). DOI: 10.36718/1819-4036-2022-9-80-86. EDN: OADYBX.

2. Klykov AG, Murugova GA, Timoshinova OA, et al. The adaptive potential of varieties and lines of grain and cereal crops bred in Primorye Territory. *Vestnik of the FEB RAS*. 2022;(3):18-32. (In Russ.). DOI: 10.37102/0869 7698_2022_223_03_2. EDN: JTHHXP.
3. Yakunina NA, Popolzukhina NA, Parshutkin YuYu. Assessment of spring broad wheat varieties and lines for drought resistance in the conditions of the southern forest-steppe of Western Siberia using drought resistance indices. *Bulletin of NSAU*. 2024;70(1):178-184. (In Russ.). DOI: 10.31677/2072-6724-2024-70-1-178-184. EDN: ISPODK.
4. Novokhatin VV, Shelomentseva TV, Dragavtsev VA. A novel integrative approach to study the dynamics of an increase in common spring wheat adaptivity and homeostaticity (on the example of breeding programs in the Northern Trans-Ural. *Agricultural biology*. 2022;57(1):81-97. DOI: 10.15389/agrobiol.2022.1.81rus. (In Russ.). EDN: DAYGED.
5. Triputin VM, Kovtunen AN, Kashuba YuN. Estimation of the winter bread wheat productivity according to the parameters of ecological adaptability in the southern forest-steppe of the Omsk region. *Grain farming in Russia*. 2022;14(2):7-11. (In Russ.). DOI: 10.31367/2079-8725-2022-80-2-7-11. EDN: LSDPHW.
6. Novokhatin VV, Zuev EV, Shelomentseva TV, et al. Indicators of environment variability in spring bread wheat cultivars under the conditions of Tyumen Province. *Proceeding on Applied Botany, Genetics and Breeding*. 2023;184(3):70-78. (In Russ.). DOI: 10.30901/2227-8834-2023-3-70-78. EDN: LANXRI.
7. Baykasenov RK, Yartsev GF, Mordvintsev MP. Evaluation of homeoadaptability of spring soft wheat varieties by grain yield in the Orenburg region. *Izvestia Orenburg State Agrarian University*. 2022;97(5):36-43. (In Russ.). EDN: PCNCML.
8. Barkovskaya TA, Gladysheva OV, Kokoreva VG. Evaluation of the adaptability and potential productivity of spring soft wheat in the conditions of the Ryazan region. *Agricultural Science Euro-North-East*. 2023;24(1):58-65. (In Russ.). DOI: 10.30766/2072-9081.2023.24.1.58-65. EDN: FTMXHZ.
9. *Metodika gosudarstvennogo sortoispytaniya sel'skohozyajstvennykh kul'tur*. Iss. 1. Obshchaya chast'. Moscow, 2019. 329 p. (In Russ.).
10. Safonova IV, Aniskov NI. Index assessment of drought resistance of promising varieties of diploid winter rye in contrastive growing conditions. *Agrarian Bulletin of the Urals*. 2023;7(236):32-45. (In Russ.). DOI 10.32417/1997-4868-2023-236-07-32-45. EDN: NRAFWU.
11. Kalybekova ZhT, Tsygankov VI, Zuev EV, et al. The use of drought resistance indices in the study of the spring bread wheat collection under the conditions of Aktobe Region. *Proceedings on Applied Botany, Genetics and Breeding*. 2022;183(3):85-95. (In Russ.). DOI: 10.30901/2227-8834-2022-3-85-95. EDN: CAIFYF.
12. Dospekhov BA. *Metodika polevogo opyta*. Moscow: Agropromizdat, 2011. 351 p. (In Russ.). EDN: QLCQEP.
13. Zykin VA, Belan IA, Yusov VS, et al. *Metodika rascheta i ocenki parametrov ekologicheskoy plastichnosti sel'skohozyajstvennykh rastenij*. Ufa, 2005. 99 p. (In Russ.). EDN: QIOOZH.
14. Stepanov KM, Chumakov AE. *Prognoz boleznij sel'skohozyajstvennykh rastenij*. Leningrad, 1972. 64 p. (In Russ.).

Статья принята к публикации 21.04.2025 / The article accepted for publication 21.04.2025.

Информация об авторах:

Кристина Владимировна Зенкина, старший научный сотрудник лаборатории селекции и биотехнологии зернобобовых культур и сои, кандидат сельскохозяйственных наук

Information about the authors:

Kristina Vladimirovna Zenkina, Senior Researcher, Laboratory of Selection and Biotechnology of Leguminous Crops and Soybeans, Candidate of Agricultural Sciences