

Вестник Курганской ГСХА. 2023. № 3 (47). С. 13–19

Vestnik Kurganskoj GSHA. 2023; (3–47): 13–19

Научная статья

УДК 633.11:631.82

Код ВАК 4.1.3

EDN: GIZULX

ОЦЕНКА ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ ПЛАСТИЧНОСТИ ЯРОВОЙ ПШЕНИЦЫ СОРТА ДАЛЬГАУ 1 В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ПРИМЕНЕНИЯ МИКРОУДОБРЕНИЙ

Сергей Алексеевич Фокин¹, Ирина Викторовна Куркова²

^{1,2} Дальневосточный государственный аграрный университет, Благовещенск, Россия

¹ fok.s.a@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-3882-4211>

² kurkova10@inbox.ru, <https://orcid.org/0000-0002-2086-6077>

Аннотация. Цель исследований – выявить отзывчивость сорта яровой мягкой пшеницы ДальГАУ 1 и степень экологической пластичности на применение микроудобрений. Исследования проведены на опытном поле Дальневосточного государственного аграрного университета в период с 2017–2021 гг. Схема опыта включала семь вариантов в 4-кратной повторности: 1) контроль; 2) N₃₀P₃₀ (фон); 3) фон + Mo (обработка семян); 4) фон + Mo (обработка семян + опрыскивание растений); 5) фон + Mo (обработка семян) + Cu (опрыскивание растений); 6) фон + Mo (опрыскивание растений); 7) фон + Cu (опрыскивание растений). Индекс условий среды (Ij), отзывчивость сортов (bi) и их стабильность (s²_д) определяли по математической модели S. A. Eberhart and W. A. Russell в изложении В. А. Зыкина, В. В. Мешкова, В. А. Салеги, дисперсионный анализ и коэффициент вариации – по методике Б. А. Доспехова. Наиболее урожайным в 2017–2019 годах был вариант фон + Mo (обработка семян + опрыскивание растений) прибавка урожая по сравнению с контролем составила от 3,7 до 8,5 ц/га, в 2020 году фон + Mo (обработка семян) + Cu (опрыскивание растений), а в 2021 году фон + Mo (опрыскивание растений), урожайность увеличилась на 7,3 и 5,4 ц/га соответственно. Сорт ДальГАУ 1, имея одинаковую урожайность (27,7–27,8), совершенно по-разному ведет себя по вариантам применяемых удобрений фон + Mo (обработка семян) – bi = 1,07 и фон + Mo (обработка семян) + Cu (опрыскивание растений) – bi = 0,92. На основе проведенного расчета экологической пластичности и стабильности выявлено, что к стабильным можно отнести растения с урожайностью, полученной по вариантам 1 и 5, к пластичным по вариантам – 2, 3, 4, 6 и 7.

Ключевые слова: яровая пшеница, урожайность, экологическая пластичность и стабильность, адаптивность, индекс среды, коэффициент вариации.

Для цитирования: Фокин С.А., Куркова И.В. Оценка экологической пластичности яровой пшеницы сорта ДальГАУ 1 в зависимости от применения микроудобрений // Вестник Курганской ГСХА. 2023. № 3 (47). С. 13–19. EDN: GIZULX.

Scientific article

ASSESSMENT OF THE ECOLOGICAL PLASTICITY OF SPRING WHEAT OF THE DALGAU 1 VARIETY DEPENDING ON MICRONUTRIENT APPLICATION

Sergey A. Fokin¹, Irina V. Kurkova²

^{1,2} Far Eastern State Agrarian University, Blagoveshchensk, Russia

¹ fok.s.a@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-3882-4211>

² kurkova10@inbox.ru, <https://orcid.org/0000-0002-2086-6077>

Abstract. The purpose of the research is to identify the responsiveness of the spring soft wheat variety DalGAU 1 and the degree of environmental plasticity to micronutrients application. The research was conducted at the experimental field of the Far Eastern State Agrarian University in the period from 2017 to 2021. The scheme of the experiment included seven variants in 4-fold repetition: 1) control; 2) N₃₀P₃₀ (basal fertilizer); 3) basal fertilizing + Mo (seed treatment); 4) basal fertilizing + Mo (seed treatment + plant spraying); 5) basal fertilizing + Mo (seed treatment) + Cu (plant spraying); 6) basal fertilizing + Mo (plant spraying); 7) basal fertilizing + Cu (plant spraying). The index of environmental conditions (I_j), the responsiveness of varieties (b_i) and their stability (s²_d) were determined using the mathematical model of S.A. Eberhart and W.A. Russell as presented by V.A. Zykin, V.V. Meshkov, V.A. Sapegi, the variance analysis and coefficient of variation according to the B.A. Dospikhov's method. The most productive variant in 2017–2019 was basal fertilizing + Mo (seed treatment + plant spraying), the yield increase compared to the control one was from 3.7 to 8.5 metric centner/ha, in 2020 basal fertilizing + Mo (seed treatment) + Cu (plant spraying), and in 2021 basal fertilizing + Mo (plant spraying), the yield increased by 7.3 and 5.4 metric centner/ha, respectively. The DalGAU 1 variety, having the same yield (27.7–27.8), behaves completely differently according to the variants of applied basal fertilizers + Mo (seed treatment) – b_i = 1.07 and basal fertilizers + Mo (seed treatment) + Cu (plant spraying) b_i = 0.92. Based on the calculation of ecological plasticity and stability, it was revealed that the plants with yields obtained according to variants 1 and 5 can be classified as stable, and as plastic according to variants 2, 3, 4, 6 and 7.

Keywords: spring wheat, yield, ecological plasticity and stability, adaptability, environment index, coefficient of variation.

For citation: Fokin S.A., Kurkova I.V. Assessment of the ecological plasticity of spring wheat of the DalGAU 1 variety depending on micronutrient application. Vestnik Kurganskoj GSHA. 2023; (3–47): 13–19. EDN: GIZULX (In Russ).

Введение. Яровая мягкая пшеница (*Triticum aestivum* L.) имеет большое значение во всем мире как источник продовольствия для населения и кормового зерна для сельскохозяйственных животных [1]. Российская Федерация в настоящее время занимает лидирующие позиции по производству зерна яровой пшеницы. За последнее десятилетие в стране произошло увеличение посевных площадей, занятых этой культурой, увеличился валовой сбор зерна и повысилась урожайность [2].

Урожай – прежде всего функция климата, а также почвы, сорта и производственного опыта ведения хозяйства. Критерием, определяющим значимость того или иного фактора, является наличие или отсутствие статистической связи между величиной урожайности и значением рассматриваемого фактора. О значимости сорта в росте урожайности зерновых культур не существует единого мнения. Так, по мнению специалистов США, 50 % прироста урожая достигается за счет внедрения новых сортов и гибридов, а 50 % – за счет совершенствования технологии. Отечественный и мировой опыт интенсификации производства зерна показал, что до половины всей прибавки урожая от факторов интенсификации приходится на сорт, но одним только внедрением сортов увеличения производства и заготовки высококачественного зерна не добиться. Нужно обязательно применять интенсивную агротехнологию, которая требует значительного увеличения культуры производства [3–5].

В свою очередь рациональное применение различных средств химизации, в том числе удобрений как составной части агротехнологии, является ключевым рычагом интенсификации земледелия наряду с сортом. Важнейшей задачей становится обоснование оптимальных экономически выгодных норм внесения удобрений с поправкой на генетическую специфику корневого питания конкретного сорта, что позволяет повысить их окупаемость и рентабельность производства зерна. Необходимо добиваться того, чтобы сорта и технологии их возделывания обеспечивали единую функциональную целостность в определённых условиях [6–7].

По данным автора Т. А. Барковской [8], яровая пшеница среди зерновых культур наиболее требовательна к минеральному питанию в связи с низкой усваивающей способностью корневой системы, особенно в начальный период развития [9]. Использование минеральных удобрений, прежде всего азотных, повышает урожайность и улучшает качество зерна [8].

Важнейшим условием, обеспечивающим вы-

сокую урожайность сельскохозяйственных культур при современном и качественном выполнении других агротехнических приемов, является применение минеральных удобрений. Отечественный и зарубежный опыт показывает, что на долю удобрений приходится 30–50 % дополнительного урожая [6–7; 10].

В. Н. Ремесло (1982), Э. Д. Неттевич (1992) утверждают, что в производственных условиях урожайность перспективных сортов зерновых культур реализуется только до 50–60 %. Для полной реализации возможностей сортов в первую очередь следует учитывать их отзывчивость на применение макро- и микроудобрений.

Для формирования достаточно высокой урожайности необходимо обеспечить растения запасом необходимых питательных веществ, так называемых макроэлементов, прежде всего азота, фосфора и калия, а также микроэлементов – молибдена, меди, цинка и др. [11–12].

В результате чего нами была поставлена цель – выявить отзывчивость сорта яровой мягкой пшеницы ДальГАУ 1 и степень экологической пластичности на применение микроудобрений.

Для достижения цели были поставлены следующие задачи исследований:

- 1 Выявить отзывчивость сорта яровой пшеницы ДальГАУ 1 на применение микроудобрений;
- 2 Рассчитать экологическую пластичность сорта яровой пшеницы ДальГАУ 1.

Материалы и методы. Для оценки экологической пластичности изучался сорт яровой мягкой пшеницы ДальГАУ 1 в зависимости от применения микроудобрений на опытном поле Дальневосточного государственного аграрного университета в 2017–2021 гг. Почва опытного поля – лугово-черноземовидная. Предшественник в севообороте – соя. Под предпосевную культивацию вручную внеслись минеральные удобрения (азотные – аммиачная селитра, азотно-фосфорные – аммофос). Обработка семян пшеницы перед посевом проводилась раствором молибдата аммония из расчёта 0,3 кг/ц семян, вегетирующих растений пшеницы в фазу кущения, молибдатом аммония в дозе 0,2 кг/га и хелатом меди в форме ЭДТА в дозе 0,3 кг/га, исходя из нормы расхода рабочего раствора – 200 л/га. Посев яровой пшеницы сорта ДальГАУ 1 осуществлялся в 3 декаде апреля рядовым способом сеялкой СС-11 «Альфа».

Сорт яровой мягкой пшеницы ДальГАУ 1 – выведен в Дальневосточном ГАУ методом индивидуального отбора из гибридной популяции от скрещивания Приамурская 93 x Мироновская яровая (разработчики: М. В. Терехин, Л. Н. Мищенко,

Ю. В. Медведев, Б. И. Пушкин, Т. Н. Радченко). Государственное сортоиспытание сорта начато в 2002 году, а в 2005 году сорт был районирован по Амурской области. Разновидность – эритроспермум.

Анализ гидротермического коэффициента (ГТК) за вегетационные периоды проведения исследований показал, что три года (2017, 2018 и 2021 гг.) характеризовались удовлетворительным увлажнением ГТК = 1,6, 1,8 и 1,3; переувлажненными были 2019 и 2020 годы были переувлажненными (ГТК равнялся 2,4 и 3,1).

Схема опыта включала семь вариантов в 4-кратной повторности: 1) контроль; 2) $N_{30}P_{30}$ (фон); 3) фон + Mo (обработка семян); 4) фон + Mo (обработка семян + опрыскивание растений); 5) фон + Mo (обработка семян) + Cu (опрыскивание растений); 6) фон + Mo (опрыскивание растений); 7) фон + Cu (опрыскивание растений).

Индекс условий среды (I_s), отзывчивость сортов (b_s) и их стабильность (s_{di}^2) определяли по математической модели S. A. Eberhart and W. A. Russell в изложении В. А. Зыкина, В. В. Мешкова, В. А. Сапеги (1984), дисперсионный анализ и коэффициент вариации – по методике Б. А. Доспехова [16].

Результаты исследований и их обсуждение. Существует ряд методов количественной оценки экологической пластичности и стабильности сортов по различным признакам, в том числе урожайности. Широко распространен метод S. A. Eberhart, W. A. Russel, который заключается в расчете коэффициента линейной регрессии (b_i) и среднего квадратического отклонения от теоретической линии регрессии (s_{di}^2). Метод позволяет оценить, с одной стороны, реакцию сорта, выраженную в изменениях значений признака при изменении условий выращивания, с другой стороны, фактическое отклонение от этой реакции при испытании сорта. Коэффициент линейной регрессии (b_i) характеризует пластичность сорта, среднее квадратическое отклонение (s_{di}^2) – его стабильность. К достоинствам метода относят универсальность подхода, возможность интегральной оценки среды, проводимой по урожайности (или другому оцениваемому признаку). Основной характеристикой сорта является его урожайность, поэтому возникает интерес к оценке экологической пластичности и стабильности сортов именно по данному признаку [13–15].

Для оценки экологической стабильности используется среднее квадратическое отклонение от линии регрессии, s_{di}^2 . Чем меньше величина этого показателя, тем меньше расхождение между теоретическим и фактическим значением признака,

тем более он устойчив во времени и пространстве. Это свойственно интенсивным сортам, которые в процессе селекции усилили свойства быстро реагировать на улучшение условий произрастания посредством усиления роста и развития) [11]. Поэтому ряд исследователей считают, что в идеале сорт должен иметь высокую урожайность при b_i близком к единице, а показатель s_{di}^2 – близкий к нулю (E. G. GamaElto, 1980; А. А. Гончаренко, 2005). А. Б. Дьяков и др. считают, что увеличение значения параметра b_i является показателем повышенной чувствительности к неблагоприятным условиям среды (Дьяков и др., 1996). По мнению А. А. Гончаренко (2005), адаптивные сорта характеризуются более низкими значениями величины b_i . В сочетании с высокой средней урожайностью это свойство позволяет таким сортам занимать широкий ареал возделывания (А. И. Седловский и др. 1982). Ю. П. Алтухов (1983) считает, что сорт со средней, но стабильной по годам урожайностью представляет большую экономическую ценность, чем специализированный сорт с потенциально высокой, но сильно колеблющейся урожайностью [11; 16–17].

Расчет экологической пластичности включает установление наличия или отсутствия взаимодействия «генотип-среда», для этого был проведен двухфакторный дисперсионный анализ (фактор А – варианты минеральных удобрений, фактор В – год) (таблица 1).

Метеорологические условия лет исследования в период вегетации зерновых культур характеризовались значительной вариабельностью. Сравнительно благоприятные условия для роста и развития растений сложились в 2017, 2018, 2020 годы, индекс среды был положительный (таблица 2). В остальные годы сумма осадков была выше среднеголетних значений, характеризующееся опасным явлением переувлажнение почвы. Среднесуточная температура воздуха была с неустойчивым температурным режимом, что также подтверждает индекс среды, принимавший отрицательные значения (-3,2 и -4,9).

Урожайность является совокупностью продуктивности сорта и зависит от развития слагающих ее элементов, которые находятся в сильной зависимости от условий выращивания. Наиболее урожайным в 2017–2019 годах был вариант фон + Mo (обработка семян + опрыскивание растений), прибавка урожая по сравнению с контролем составила от 3,7 до 8,5 ц/га, в 2020 году – фон + Mo (обработка семян) + Cu (опрыскивание растений), а в 2021 году – фон + Mo (опрыскивание растений), урожайность увеличилась на 7,3 и 5,4 ц/га соответственно.

Таблица 1 – Результаты дисперсионного анализа продуктивности сорта ДальГАУ 1 в экологическом испытании

Источник варьирования	SS сумма квадратов	DF степень свободы	MS средний квадрат	F критерий Фишера	Доля фактора, %
Общее	3356,1	139	-	-	-
Фактор А (удобрения)	507,1	6	84,5	31,0	2,19
Фактор Б (год)	-9460,6	4	-2365,1	-866,3	2,46
Взаимодействие АхБ	12022,6	24	500,9	183,5	1,63
Ошибка	287	105	2,73	-	

Таблица 2 – Урожайность и показатели адаптивности и экологической пластичности сорта ДальГАУ 1 при разных способах применения микроудобрений (2017–2021 гг.)

№	Фактор А Вариант	Фактор В (год)					Сумма, Xi	Среднее, xi	V, %	Параметры стабильности	
		2017	2018	2019	2020	2021				bi	s2di
1	контроль без применения удобрений*	27,5	24,3	20,6	22,1	17,6	112,1	22,4	16,7	0,76	1,75
2	N30P30 (фон)**	33,6	26,5	20,8	24,8	20,7	126,4	25,3	10,6	1,12	1,45
3	фон + Мо (обработка семян)**	35,4	27,3	24,9	29,1	22,1	138,8	27,8	13,9	1,07	0,45
4	фон + Мо (обработка семян + опрыскивание растений)**	36,0	28,0	26,3	29,0	22,6	141,9	28,4	12,4	1,04	0,77
5	фон + Мо (обработка семян) + Си (опрыскивание растений)*	34,1	27,3	24,9	29,4	22,9	138,6	27,7	12,9	0,92	0,57
6	фон + Мо (опрыскивание растений)**	35,2	26,7	24,1	27,6	23,0	136,6	27,3	9,6	1,02	0,55
7	фон + Си (опрыскивание растений)**	34,4	26,9	21,4	28,1	22,6	133,4	26,7	14,9	1,08	1,94
Сумма, Xi		236,2	187,0	163,0	190,1	151,5	927,8				
Среднее xi		33,7	26,7	23,3	27,2	21,6		26,5			
Индекс среды Ij		+7,2	+0,2	-3,2	+0,7	-4,9					
НСР05		2,7	1,6	3,0	2,5	1,4		2,3			

* наиболее стабильные; ** наиболее пластичные V, % – коэффициент вариации

Анализ полученных результатов выявил увеличение пластичности у растений при вариантах N₃₀P₃₀ (фон) – 1,12; фон + Мо (обработка семян) – 1,07; фон + Мо (обработка семян + опрыскивание растений) – 1,04; фон + Мо (опрыскивание растений) – 1,02; фон + Си (опрыскивание растений) – 1,08. При этом стоит отметить что наибольшая урожайность

в 2017 году (I_j=7,2) отмечалась по варианту фон + Мо (обработка семян + опрыскивание растений) – 36,0 ц/га, а показатель b_i принял среднее значение.

Меньше реагировали на изменение условий среды растения при вариантах контроль без применения удобрений – 0,76; фон + Мо (обработка

семян) + Cu (опрыскивание растений) – 0,92. Урожайность растений по данным вариантам в среднем составила 22,4 и 22,7 ц/га.

При этом стабильность s^2_{di} по вариантам варьировала от 0,55 до 1,94. Самая низкая стабильность при высокой пластичности отмечена у вариантов фон + Mo (опрыскивание растений), фон + Mo (обработка семян).

Урожайность пшеницы по варианту контроль без удобрений не зависимо от погодных условий года и индекса среды была ниже всех изучаемых вариантов. К наиболее высокоотзывчивыми и высокопластичными относятся растения по варианту $N_{30}P_{30}$ (фон).

Сорт ДальГАУ 1, имея одинаковую урожайность (27,7-27,8), совершенно по-разному ведет себя по вариантам применяемых удобрений фон + Mo (обработка семян) – $b_1 = 1,07$ и фон + Mo (обработка семян) + Cu (опрыскивание растений) $b_1 = 0,92$.

Наиболее простым и доступным показателем, позволяющим судить о потенциале онтогенетической адаптации (норме реакции) и при этом обеспечивающим сравнимость результатов, является коэффициент вариации [18-20]. Коэффициенты вариации урожайности (V) сорта ДальГАУ 1, вычисленные для каждого варианта за пять лет, указывают на фенотипическую изменчивость признака, обусловленную экологическими факторами. Как один из методов оценки адаптивных реакций, коэффициент вариации обладает как положительными (независимая оценка каждого генотипа), так и отрицательными (не обеспечивает информацией о характере ответа на среду) сторонами. В целом изучаемые варианты микроудобрений и урожайность характеризовались средней (V = 10–20 %) изменчивостью.

Заключение. Изученные варианты минеральных удобрений и влияние их на урожайность яровой пшеницы в разной степени влияют на адаптивные свойства. Расчет индекса среды показал, что благоприятные условия для роста и развития растений сложились в 2017, 2018, 2020 годы (+7,2; +0,2 и +0,7 соответственно), данный показатель был положительный.

В результате расчета экологической пластичности яровой пшеницы к стабильным можно отнести растения с урожайностью, полученной по вариантам 1 и 5, к пластичным, по вариантам 2, 3, 4, 6 и 7.

Коэффициенты вариации урожайности (V) сорта ДальГАУ 1 характеризовались средней (V = 10-20 %) изменчивостью.

Список источников

1. Nitrogen utilization efficiency in wheat: A global perspective / A. de Oliveira Silva [et al.] // European Journal of Agronomy. 2020. Vol. 114. P. 126008. DOI: 10.1016/j.eja.2020.126008.
2. Фенотипическая изменчивость селекционных линий мягкой пшеницы (*Triticum aestivum* L.) по элементам структуры урожая в экологических условиях Западной Сибири и Татарстана / А.И. Стасюк [и др.] // Сельскохозяйственная биология. 2021. Т. 56. № 1. С. 78-91. DOI: 10.15389/agrobiology.2021.1.78rus. EDN: GMHZOJ.
3. Беляев В.И., Соколова Л.В. Урожайность яровой мягкой пшеницы в зависимости от сорта и дозы внесения удобрений // Вестник алтайского государственного аграрного университета. 2012. № 12 (98). С. 21-24.
4. Постовалов А.А., Ткаченко М.Н. Характеристика устойчивости к корневой гнили и экологическая пластичность сортов ярового ячменя в Курганской области // Вестник Курганской ГСХА. 2018. № 3 (27). С. 59-61. EDN: YWPCPZ.
5. Иванюшин Е.А. Влияние уровня интенсификации земледелия на урожайность сельскохозяйственных культур и плодородие черноземов выщелоченных в Зауралье // Вестник Курганской ГСХА. 2018. № 2 (26). С. 32-34. EDN: VBAMHF.
6. Фокин С.А. Продуктивность и качество семян яровой пшеницы сорта ДальГАУ 1 в зависимости от применения жидких удобрений // Вестник Курганской ГСХА. 2022. № 3 (43). С. 32-38. DOI: 10.52463/22274227_2022_43_32. EDN: TVMNSN.
7. Влияние минеральных удобрений на урожайность и качество зерна яровой пшеницы Свеча / В.Д. Абашев [и др.] // Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2017. № 2 (57). С. 35-40. EDN: VWLDLI.
8. Барковская Т.А., Гладышева О.В., Кокорева В.Г. Влияние минеральных удобрений на урожайность сортов яровой мягкой пшеницы в условиях Центрального Нечерноземья // Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2022. Т. 23. № 2. С. 239-247. DOI: 10.30766/2072-9081.2022.23.2.239-247. EDN: H1DTUP.
9. Формирование урожая яровой пшеницы в зависимости от влияния минеральных удобрений, обработки семян и посевов в Предкамье Республики Татарстан / М.Ф. Амиров [и др.] // Вестник Курганской ГСХА. 2023. № 2 (46). С. 10-17. EDN: GELBZX.
10. Абашев В.Д., Светлакова Е.В. Влияние минеральных удобрений на урожайность культур зернопаротравяного севооборота // Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2015. № 2 (45). С. 37-43. EDN: TLURKR.
11. Пономарев Д.А. Управление урожайностью и качеством зерна сортов озимой мягкой пшеницы

с использованием экологической пластичности и вариабельности хозяйственно-ценных признаков: дис. ... канд. с.-х. наук: 06.01.05 – селекция и семеноводство сельскохозяйственных растений. Краснодар, 2021. 159 с. EDN: AAWRDO.

12. Performance of eleven winter wheat varieties in a long term experiment on mineral nitrogen and organic fertilization / L. Büchi [et al.] // *Field Crops Research*. 2016. Vol. 191. P. 111-122. DOI: 10.1016/j.fcr.2016.02.022.

13. Фокин С.А. Влияние способов применения молибдата аммония и хелата меди на показатели качества зерна яровой пшеницы // *Вестник КрасГАУ*. 2023. № 3 (192). С. 35-42.

14. Экологическая пластичность и стабильность сортов озимой ржи по регенерационной способности и урожайности в Кировской области / Е.С. Парфенова [и др.] // *Владимирский земледелец*. 2019. № 1 (87). С. 39-43. DOI: 10.24411/2225-2584-2019-10053. EDN: MNOFPX.

15. Потанин В.Г., Алейников А.Ф., Степочкин П.И. Новый подход к оценке экологической пластичности сортов растений // *Вавиловский журнал генетики и селекции*. 2014. Т. 18. № 3. С. 548-552. EDN: SXXZLT.

16. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта с основами статистической обработки результатов исследований. М.: Альянс. 2011. 352 с.

17. Comparative study on the stability and adaptability of different models to develop a high-yield inbred line from landrace rice varieties / R. Herawati [et al.] // *Annals of Agricultural Sciences*. 2021. Vol. 66. Issue 2. P. 184-192. DOI: 10.1016/j.aogas.2021.12.004.

18. Волкова Л.В., Щенникова И.Н. Сравнительная оценка методов расчёта адаптивных реакций зерновых культур // *Теоретическая и прикладная экология*. 2020. № 3. С. 140-146. DOI: 10.25750/1995-4301-2020-3-140-146. EDN: ORZBYL.

19. Islam S.S., Anothai J., Nualsri C., Soonsuwon W. Analysis of genotype-environment interaction and yield stability of Thai upland rice (*Oryza sativa* L.) genotypes using AMMI model // *Australian Journal of Crop Science*. 2020. No 14. Pp. 362-370. DOI: 10.21475/ajcs.20.14.02.p1847.

20. Адаптивный потенциал новых сортов и линий озимой твердой пшеницы в условиях Ростовской области / Т.С. Безуглая [и др.] // *Зерновое хозяйство России*. 2021. № 3 (75). С. 27-33.

References

1. Amanda de Oliveira Silva et al. Nitrogen utilization efficiency in wheat: A global perspective. *European Journal of Agronomy*. 2020; (114): 126008. DOI: 10.1016/j.eja.2020.126008.

2. Stasiuk A.I. et al. Fenotipicheskaya izmenchivost' selektsionnykh linii myagkoi pshenitsy (*Triticum aestivum* L.) po elementam struktury urozhaya v ekologicheskikh usloviyakh Zapadnoi Sibiri i Tatarstana [Phenotypic variability of breeding lines of bread wheat (*Triticum aestivum* L.) according to elements of the yield structure in the environmental conditions of Western Siberia and Tatarstan]. *Sel'skokhozyaistvennaya biologiya*. 2021; (56-1): 78-91. DOI: 10.15389/agrobiology.2021.1.78rus. EDN: GMHZOJ. (In Russ).

3. Belyaev V.I., Sokolova L.V. Urozhainost' yarovoi myagkoi pshenitsy v zavisimosti ot sorta i dozy vneseniya udobrenii [Yield of spring soft wheat depending on the variety and dose of fertilizer application]. *Bulletin of Altai State Agricultural University*. 2012; (12-98): 21-24. (In Russ).

4. Postovalov A.A., Tkachenko M.N. Kharakteristika ustoichivosti k kornevoi gnili i ekologicheskaya plastichnost' sortov yarovogo yachmenya v Kurganskoj oblasti [Characteristics of resistance to root rot and environmental plasticity of spring barley varieties in the Kurgan region]. *Vestnik Kurganskoj GSHA*. 2018; (3-27): 59-61. EDN: YWPCPZ. (In Russ).

5. Ivanyushin E.A. Vliyanie urovnya intensivatsii zemledeliya na urozhainost' sel'skokhozyaistvennykh kul'tur i plodorodie chernozemov vyshchelochennykh v Zaural'e [The influence of the level of agricultural intensification on the productivity of agricultural crops and the fertility of leached chernozems in the Trans-Urals]. *Vestnik Kurganskoj GSHA*. 2018; (2-26): 32-34. EDN: VBAMHF. (In Russ).

6. Fokin S.A. Produktivnost' i kachestvo semyan yarovoi pshenitsy sorta Dal'GAU 1 v zavisimosti ot primeneniya zhidkikh udobrenii [Productivity and quality of spring wheat seeds of the Dal'GAU 1 variety depending on the use of liquid fertilizers]. *Vestnik Kurganskoj GSHA*. 2022; (3-43): 32-38. DOI: 10.52463/22274227_2022_43_32. EDN: TVMNSN. (In Russ).

7. Abashev V.D. et al. Vliyanie mineral'nykh udobrenii na urozhainost' i kachestvo zerna yarovoi pshenitsy Svecha [The influence of mineral fertilizers on the yield and grain quality of spring wheat Svecha]. *Agricultural Science Euro-North-East*. 2017; (2-57): 35-40. EDN: VWLDLI. (In Russ).

8. Barkovskaya T.A., Gladysheva O.V., Kokoreva V.G. Vliyanie mineral'nykh udobrenii na urozhainost' sortov yarovoi myagkoi pshenitsy v usloviyakh Tsentral'nogo Nechernozem'ya [The influence of mineral fertilizers on the yield of spring soft wheat varieties in the conditions of the Central Non-Black Earth Region]. *Agricultural*

Science Euro-North-East. 2022; (23-2): 239-247. DOI:10.30766/2072-9081.2022.23.2.239-247. EDN: HDTUP. (In Russ).

9. Amirov M.F. et al. Formirovanie urozhaya yarovoi pshenitsy v zavisimosti ot vliyaniya mineral'nykh udobrenii, obrabotki semyan i posevov v Predkam'e Respubliki Tatarstan [Formation of spring wheat harvest depending on the influence of mineral fertilizers, seed treatment and crops in the Predkamye region of the Republic of Tatarstan]. *Vestnik Kurganskoy GSHA*. 2023. № 2 (46). С. 10-17. EDN: GELBZX. (In Russ).

10. Abashev V.D., Svetlakova E.V. Vliyaniye mineral'nykh udobrenii na urozhainost' kul'tur zernoparotrayvanogo sevooborota [The influence of mineral fertilizers on the yield of crops in grain-steam-grass crop rotation]. *Agricultural Science Euro-North-East*. 2015; (2-45): 37-43. EDN: TLURKR. (In Russ).

11. Ponomarev D.A. Upravlenie urozhainost'yu i kachestvom zerna sortov ozimoi myagkoi pshenitsy s ispol'zovaniem ekologicheskoi plastichnosti i variabel'nosti khozyaistvenno-tsennykh priznakov [Managing the yield and grain quality of winter soft wheat varieties using environmental plasticity and variability of economically valuable traits] [Dissertation]. Krasnodar; 2021. EDN: AAWRDO. (In Russ).

12. Büchi L. et al. Performance of eleven winter wheat varieties in a long term experiment on mineral nitrogen and organic fertilization. *Field Crops Research*. 2016; (191): 111-122. DOI: 10.1016/j.fcr.2016.02.022.

13. Fokin S.A. Vliyaniye sposobov primeneniya molibdata ammoniya i khelata medi na pokazateli kachestva zerna yarovoi pshenitsy [The influence of methods of using ammonium molybdate and copper chelate on the quality indicators of spring wheat grain]. *The Bulletin of KrasGAU*. 2023; (3-192): 35-42. (In Russ).

14. Parfenova E.S. et al. Ekologicheskaya plastichnost' i stabil'nost' sortov ozimoi rzhii po regeneratsionnoi sposobnosti i urozhainosti v Kirovskoi oblasti [Ecological plasticity and stability of winter rye varieties in terms of regenerative ability and yield in the Kirov region]. *Vladimir agricolist*. 2019; (1-87): 39-43. DOI: 10.24411/2225-2584-2019-10053. EDN: MNOFPX. (In Russ).

15. Potanin V.G., Aleynikov A.F., Stepochkin P.I. Novyi podkhod k otsenke ekologicheskoi plastichnosti sortov rastenii [A new approach to assessing the ecological plasticity of plant varieties]. *Vavilov Journal of Genetics and Breeding*. 2014; (18-3): 548-552. EDN: SXXZLT. (In Russ).

16. Dosphehov B.A. *Metodika polevogo opyta s osnovami statisticheskoi obrabotki rezul'tatov issledovaniy* [Methodology of field experience with the basics of statistical processing of research results]. M.: Al'yans; 2011: 352 (In Russ).

17. Herawati R. et al. Comparative study on the stability and adaptability of different models to develop a high-yield inbred line from landrace rice varieties. *Annals of Agricultural Sciences*. 2021; (66-2): 184-192. DOI: 10.1016/j.aos.2021.12.004. (In Russ).

18. Volkova L.V., Shchennikova I.N. Sravnitel'naya otsenka metodov rascheta adaptivnykh reaktsii zernovykh kul'tur [Comparative assessment of methods for calculating adaptive reactions of grain crops]. *Theoretical and applied ecology*. 2020; (3): 140-146. DOI: 10.25750/1995-4301-2020-3-140-146. EDN: ORZBYL. (In Russ).

19. Islam S.S., Anothai J., Nualsri C., Soonsuwon W. Analysis of genotype-environment interaction and yield stability of Thai upland rice (*Oryza sativa* L.) genotypes using AMMI model. *Australian Journal of Crop Science*. 2020; (14): 362-370. DOI: 10.21475/ajcs.20.14.02.p1847.

20. Bezuglya T.S. et al. Adaptivnyi potentsial novykh sortov i linii ozimoi tverdoi pshenitsy v usloviyakh Rostovskoi oblasti [Adaptive potential of new varieties and lines of winter durum wheat in the conditions of the Rostov region]. *Grain economy of Russia*. 2021; (3-75): 27-33. (In Russ).

Информация об авторах

С.А. Фокин – кандидат сельскохозяйственных наук; AuthorID 707135.

И.В. Куркова – кандидат сельскохозяйственных наук; AuthorID 501400.

Information about the author

S.A. Fokin – Candidate of Agricultural Sciences; AuthorID 707135.

I.V. Kurkova – Candidate of Agricultural Sciences; AuthorID 501400.

Статья поступила в редакцию 17.07.2023; одобрена после рецензирования 20.09.2023; принята к публикации 15.11.2023.

The article was submitted 17.07.2023; approved after reviewing 20.09.2023; accepted for publication 15.11.2023.