

КОЛЛЕКЦИИ МИРОВЫХ ГЕНЕТИЧЕСКИХ РЕСУРСОВ КУЛЬТУРНЫХ РАСТЕНИЙ ДЛЯ РАЗВИТИЯ ПРИОРИТЕТНЫХ НАПРАВЛЕНИЙ СЕЛЕКЦИИ

Научная статья
УДК 633.11"321"(571.63)
DOI: 10.30901/2227-8834-2023-1-90-101



Адаптивный потенциал яровой твердой пшеницы (*Triticum durum* Desf.) в условиях Приморского края

П. М. Богдан, А. Г. Клыков, И. В. Коновалова, Н. В. Кузьменко

Федеральный научный центр агроботехнологий Дальнего Востока им. А.К. Чайки, Уссурийск, Россия

Автор, ответственный за переписку: Полина Михайловна Богдан, fe.smc_rf@mail.ru

Актуальность. Расширение зоны возделывания яровой твердой пшеницы возможно только на основе адаптированных сортов. Цель исследования – изучить сорта яровой твердой пшеницы из разных регионов России, выделить урожайные, адаптированные к почвенно-климатическим условиям Приморского края, с высокими показателями качества зерна.

Материалы и методы. Адаптивный потенциал генотипов определяли по результатам экологического испытания 16 сортов яровой твердой пшеницы, проводимого в ФГБНУ «ФНЦ агроботехнологий Дальнего Востока им. А.К. Чайки» в 2017–2021 гг.

Результаты. В результате исследований высокий потенциал продуктивности выявлен у сортов яровой твердой пшеницы: 'Солнечная 573' – 3,9 т/га, 'Донская элегия' – 3,8 т/га, 'Людмила' – 3,8 т/га, 'Омский изумруд' – 3,8 т/га, 'Воронежская 7' – 3,8 т/га. Стрессоустойчивость проявили: 'Памяти Янченко' (–2,1), 'Жемчужина Сибири' (–2,4), 'Воронежская 7' (–2,4). Высокая генетическая гибкость отмечена у сортов 'Людмила' (4,2) и 'Донская элегия' (4,0), формирующих высокую урожайность в благоприятные по погодным условиям годы. Сорта 'Солнечная 573' (112,5%), 'Воронежская 7' (111,0%) имели коэффициент адаптивности выше 100%. К пластичным отнесены: 'Донская элегия', 'Людмила', 'Алейская', 'Воронежская 9' ($b_i > 1$); к стабильным: 'Омский циркон' ($S^2d_i = 0,00$), 'Памяти Янченко' ($S^2d_i = 0,02$), 'Воронежская 7' ($S^2d_i = 0,04$), 'Алейская' ($S^2d_i = 0,05$), 'Николаша' ($S^2d_i = 0,06$), 'Омская бирюза' ($S^2d_i = 0,08$); сорта 'Воронежская 7' и 'Памяти Янченко' способны формировать высокую продуктивность, при незначительном ее снижении в неблагоприятных условиях (ПУСС 134,9 и 144,8 соответственно). Высокую гомеостатичность и селекционную ценность показали сорта 'Памяти Янченко' (4,8 и 1,9 соответственно) и 'Воронежская 7' (3,5 и 2,0 соответственно).

Заключение. На основании комплексной оценки по урожайности и параметрам адаптивности в условиях Приморского края выделены два сорта: 'Воронежская 7' и 'Солнечная 573', рекомендуемые для испытания в производстве.

Ключевые слова: сорт, твердая пшеница, урожайность, пластичность, стабильность, адаптивность

Благодарности: работа выполнена в рамках государственного задания согласно тематическому плану № FNGW-2022-0008 «Создать новые генотипы сельскохозяйственных культур с высокой продуктивностью, устойчивостью к абиотическим и биотическим факторам среды».

Авторы благодарят рецензентов за их вклад в экспертную оценку этой работы.

Для цитирования: Богдан П.М., Клыков А.Г., Коновалова И.В., Кузьменко Н.В. Адаптивный потенциал яровой твердой пшеницы (*Triticum durum* Desf.) в условиях Приморского края. *Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции*. 2023;184(1):90-101. DOI: 10.30901/2227-8834-2023-1-90-101

COLLECTIONS OF THE WORLD'S CROP GENETIC RESOURCES FOR THE DEVELOPMENT OF PRIORITY PLANT BREEDING TRENDS

Original article

DOI: 10.30901/2227-8834-2023-1-90-101

Adaptive potential of spring durum wheat (*Triticum durum* Desf.) under the conditions of Primorsky Territory

Polina M. Bogdan, Aleksei G. Klykov, Inna V. Konovalova, Natalya V. Kuzmenko

Federal Scientific Center of Agricultural Biotechnology of the Far East named after A.K. Chaika, Ussuriysk, Russia

Corresponding author: Polina M. Bogdan, fe.smc_rf@mail.ru

Background. The research goal was to study spring durum wheat cultivars from different regions of Russia to select those that were most adapted to the conditions of Primorsky Territory and had high yield and grain quality.

Materials and methods. The adaptive potential of 16 genotypes was determined through multi-environment trials at the Federal Scientific Center of Agricultural Biotechnology of the Far East named after A.K. Chaika in 2017–2021.

Results. Considerable potential for high productivity was revealed in the cultivars: 'Solnechnaya 573' (3.9 t/ha), 'Donskaya elegiya' (3.8 t/ha), 'Lyudmila' (3.8 t/ha), 'Omskii izumrud' (3.8 t/ha), and 'Voronezhskaya 7' (3.8 t/ha). Cvs. 'Pamyati Yanchenko' (-2.1), 'Zhemchuzhina Sibiri' (-2.4), and 'Voronezhskaya 7' (-2.4) displayed significant stress resistance. 'Lyudmila' (4.2) and 'Donskaya elegiya' (4.0) had high genetic plasticity and produced high yields in the years with favorable conditions. The adaptability coefficient of cvs. 'Solnechnaya 573' (112.5%) and 'Voronezhskaya 7' (111.0%) exceeded 100%. 'Donskaya elegiya', 'Lyudmila', 'Aleiskaya', and 'Voronezhskaya 9' demonstrated the highest plasticity ($b_1 > 1$). The most stable cultivars were 'Omskii tsirkon' ($S^2d_i - 0.00$), 'Pamyati Yanchenko' ($S^2d_i - 0.02$), 'Voronezhskaya 7' ($S^2d_i - 0.04$), 'Aleiskaya' ($S^2d_i - 0.05$), 'Nikolasha' ($S^2d_i - 0.06$), and 'Omskaya biryuza' ($S^2d_i - 0.08$). 'Voronezhskaya 7' and 'Pamyati Yanchenko' were able to produce an increased yield and had the minimum yield loss under unfavorable conditions (the indicator of the yield stability of the cultivars was 134.9 and 144.8, respectively). 'Pamyati Yanchenko' (4.8 and 1.9, respectively) and 'Voronezhskaya 7' (3.5 and 2.0, respectively) showed high homeostatic capacity and breeding value.

Conclusions. 'Voronezhskaya 7' and 'Solnechnaya 573' were selected on the basis of complex evaluation for yield and adaptability under the local conditions. They can be recommended for further breeding and production.

Keywords: cultivar, durum wheat, yield, plasticity, stability, adaptability

Acknowledgements: the research was performed within the framework of the state task according to theme plan No. FNGW-2022-0008: "To create new genotypes of agricultural crops with high productivity and resistance to abiotic and biotic environmental factors".

The authors thank the reviewers for their contribution to the peer review of this work.

For citation: Bogdan P.M., Klykov A.G., Konovalova I.V., Kuzmenko N.V. Adaptive potential of spring durum wheat (*Triticum durum* Desf.) under the conditions of Primorsky Territory. *Proceedings on Applied Botany, Genetics and Breeding*. 2023;184(1):90-101. DOI: 10.30901/2227-8834-2023-1-90-101

Введение

Ежегодно в мире твердая пшеница (*Triticum durum* Desf.) выращивается на площади около 17,0 млн га. Валовой объем ее производства составляет около 30–35 млн т в год, в том числе в Северной Америке (Канада – 5,0–7,8 млн т ежегодно, США – 1,5–2,8 млн т, Мексика – 2,0 млн т), странах Европейского Союза (8,5–9,8 млн т, в том числе Италия – около 4 млн т), Северной Африке (Марокко – 2,0 млн т, Алжир – 2,0 млн т, Тунис – 1,0 млн т), а также Турции (4,0 млн т). Среднегодовое производство зерна этой культуры в России – около 600–800 тыс. т, что составляет менее 2,0% от общемирового производства. В Приволжском федеральном округе производится 60% зерна, от 10% до 20% – в Уральском, Западно-Сибирском и Южном округах. На сегодняшний день яровая твердая пшеница возделывается в основном в шести регионах России (в Оренбургской области – 300 тыс. т валового сбора, в Челябинской – 250 тыс. т, в Саратовской – 60 тыс. т; в Самарской области, в Ставропольском и Алтайском краях – по 30 тыс. т). (Kabbaj et al., 2017; Samofalova et al., 2012; Shevchenko et al., 2010; Yusov et al., 2016; Goncharov et al., 2018).

В связи с возрастающей потребностью в зерне твердой пшеницы в целом по стране, а также развитием темпов роста предприятий по выпуску макаронных изделий возрастает необходимость увеличения производства твердой пшеницы в основных районах ее выращивания, а также расширения зоны ее возделывания (Spiridonov et al., 2017).

Высококачественное зерно из-за биологических особенностей культуры можно получить не во всех регионах России, характеризующихся различными почвенно-климатическими условиями (Malchikov et al., 2012). Биоклиматический потенциал традиционных районов возделывания позволяет выращивать зерно твердой пшеницы, отвечающее требованиям 1–3 классов. Однако значительные колебания экологических условий, почти ежегодное действие стрессовых факторов, в том числе устойчивость вида ниже, чем у мягкой пшеницы, снижают ее конкурентоспособность (Goncharov et al., 2018). К факторам, ограничивающим получение высокого урожая и качества зерна твердой пшеницы, относятся почвенная засуха, засоление, поражаемость болезнями и вредителями, недостаточная сумма эффективных температур за вегетационный период (Луарипова, Andreeva, 2020).

Значительный вклад в производство и заготовку высококачественного зерна твердой пшеницы может внести Дальневосточный регион. Муссонный климат Приморского края характеризуется недостатком влаги в почве в первую половину вегетационного периода сельскохозяйственных культур и переувлажнением, в сочетании с высокой температурой воздуха во второй, что благоприятно для развития грибных заболеваний. В связи с этим распространение твердой пшеницы в Приморском крае возможно лишь при выращивании адаптированных к местным условиям сортов, приспособленных к широкому спектру абиотических факторов среды, для реализации своего генетического потенциала и эффективного использования перспективных ресурсосберегающих технологий возделывания.

В настоящее время разработано достаточно большое количество методов статистического анализа, позволяющих определить влияние условий выращивания на продуктивность сельскохозяйственных культур, выделить образцы, для которых оно минимально, а также прогно-

зировать реакцию генотипов на их изменение (Solonechnyi, 2017; Cheshkova et al., 2020; Detsyna et al., 2020).

Отмечено, что определение адаптивного потенциала по одному или двум показателям не является достоверным и не позволяет объективно оценить реакцию генотипов на изменяющиеся условия (Yusova et al., 2021). По мнению ряда исследователей, информативность статистического анализа повышается при использовании нескольких методов оценки признаков адаптивности (Cheshkova et al., 2020; Nikolaev et al., 2018).

Цель исследования – изучить сорта яровой твердой пшеницы из разных регионов России, выделить урожайные, адаптированные к почвенно-климатическим условиям Приморского края, с высокими показателями качества зерна.

Материалы и методы

Для оценки адаптивного потенциала использовались результаты экологического испытания 16 сортов яровой твердой пшеницы различного происхождения: 'Николаша' (ФГБНУ «Национальный центр зерна им. П.П. Лукьяненко», Краснодарский край); 'Донская элегия' (ФГБНУ «Федеральный Ростовский аграрный научный центр», Ростовская обл.); 'Людмила' (ФГБНУ «Федеральный аграрный научный центр Юго-Востока», Саратовская обл.); 'Омская янтарная', 'Омский корунд', 'Жемчужина Сибири', 'Омская бирюза', 'Омский циркон', 'Омский изумруд', 'Омская степная' (ФГБНУ «Омский аграрный научный центр», Омская обл.); 'Салют Алтай', 'Солнечная 573', 'Алейская', 'Памяти Янченко' (ФГБНУ «Федеральный Алтайский научный центр агробиотехнологий», Алтайский край); 'Воронежская 7', 'Воронежская 9' (ФГБНУ «Воронежский федеральный аграрный научный центр им. В.В. Докучаева», Воронежская обл.), проведенного в селекционно-семеноводческом севообороте лаборатории селекции зерновых и крупяных культур ФГБНУ «ФНЦ агробиотехнологий Дальнего Востока им. А.К. Чайки» в 2017–2021 гг.

Почва лугово-бурая отбеленная, пахотный горизонт подстилается тяжелыми водонепроницаемыми суглинками. Предшественник – соя. Обработка почвы включала осеннюю вспашку на глубину 23–25 см, ранневесеннее боронование и предпосевную культивацию. Посев экологического испытания проводили селекционной сеялкой КС-6-10 во II декаде апреля, норма высева – 5,5 млн всхожих зерен на гектар. Учетная площадь делянки – 10,0 м², повторность 3-кратная, размещение делянок рендомизированное. Стандартом (st.) служил сорт яровой мягкой пшеницы 'Приморская 39'.

Уборка сортов яровой твердой пшеницы – в фазу восковой спелости комбайном Хеге-125, учет урожайности проводился при влажности зерна 14%. Биометрический анализ сноповых образцов для определения основных параметров структуры урожайности культуры (продуктивная кустистость, число зерен в колосе, масса 1000 зерен и др.) осуществлялся по 10 растениям каждого сорта в 3-кратной повторности (Methodology..., 1989). В лаборатории агрохимических анализов ФГБНУ «ФНЦ агробиотехнологий Дальнего Востока им. А.К. Чайки» определены содержание белка (GOST 10846-91..., 2009) и сырой клейковины (GOST R 54478-2011..., 2003) в зерне.

При обработке данных применяли дисперсионный и вариационный анализы по Б.А. Доспехову (Dospikhov, 2014). Для анализа адаптивного потенциала сортов использовали ряд методов, позволяющих оценить их пла-

стичность и стабильность в условиях Приморского края: по методике S. A. Eberhart, W. A. Russell в изложении В. А. Зыкина (Zykin et al., 2008) определены индекс условий среды (I_s), коэффициенты экологической пластичности (b) и стабильности (S^2d); по методике А. А. Rossielle, J. Hamblin (1981) в изложении А. А. Гончаренко (Goncharenko, 2005) рассчитаны устойчивость к стрессу ($Y_{\min} - Y_{\max}$) и генетическая гибкость ($(Y_{\min} + Y_{\max})/2$); по методике Л. А. Животкова (Zhivotkov et al., 1994) – коэффициент адаптивности; по методике В. В. Хангильдина (Khangildin et al., 1979) – гомеостатичность (Hom) и селекционная ценность генотипов (Sc); показатель уровня и стабильности урожайности сорта (ПУСС) – по Э. Д. Неттевичу (Nettevich et al., 1985).

Оценку влагообеспеченности территории в годы исследований проводили по методике Г. Т. Селянинова (Selyaninov, 1937). При расчете гидротермического коэффициента (ГТК) основывались на данных суммы эффективных температур $> 10^\circ\text{C}$ и количества осадков за вегетационный период яровой твердой пшеницы, предоставленных агрометеостанцией поселка Тимирязевский (г. Уссурийск, Приморский край). При этом величина ГТК в пределах 0,4...0,7 – очень засушливо; 1,0...1,5 – влажно; более 1,5 – избыточно влажно (рис. 1).

ние – выход в трубку» (ГТК 1,9 и 1,7) оказали положительное влияние на увеличение вегетативной массы растений и развитие фертильных цветков, определяющих число зерен в колосе (Kruchinina et al., 2017). Налив и увеличение массы зерна в межфазный период «колошение – созревание» проходил при высоких температурах воздуха и недостатке влаги (ГТК 0,3 и 0,2), что способствовало быстрому созреванию и наименьшему развитию грибных болезней.

Результаты и их обсуждение

Индекс условий среды (I_s), показывающий насколько хуже или лучше складывались условия для возделывания твердой пшеницы, изменялся от –1,44 до 1,57, наибольший его показатель отмечен в 2021 г, когда была зафиксирована максимальная за годы исследований средняя урожайность сортов – 5,1 т/га (рис. 2).

С помощью дисперсионного анализа результатов исследований двухфакторного полевого опыта определена доля влияния генотипа и среды, а также их взаимодействия на урожайность изучаемых сортов. Установлено, что наибольший вклад (77,9%) в общую дисперсию вносил фактор «среда». Роль сорта невелика – 9,0%. Взаимо-

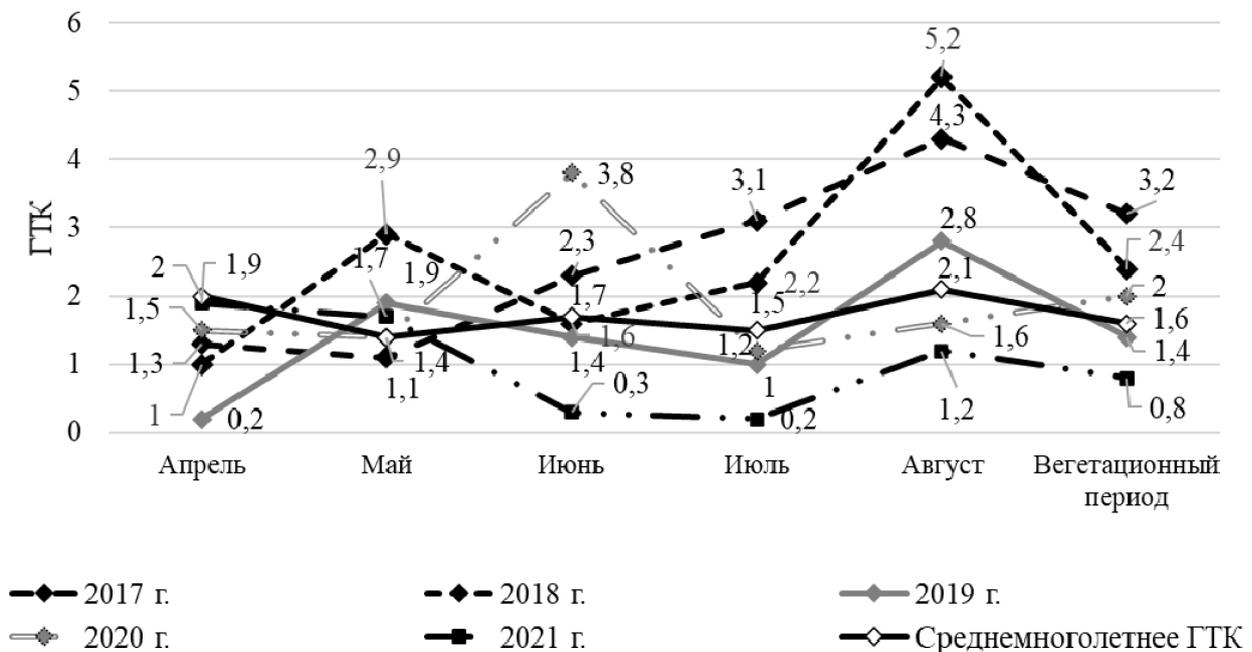


Рис. 1. Характеристика уровня влагообеспеченности вегетационного периода яровой твердой пшеницы, 2017–2021 гг. (ФНЦ агробиотехнологий Дальнего Востока им. А.К. Чайки, Приморский край)

Fig. 1. Selyaninov's hydrothermal coefficient (HTC) during the growing season of spring durum wheat, 2017–2021 (Federal Scientific Center of Agricultural Biotechnology of the Far East named after A.K. Chaika, Primorsky Territory)

Разнообразие метеорологических условий 2017–2021 гг. по количеству осадков и температурному режиму способствовало более полной и объективной оценке исследуемого материала. Гидротермический коэффициент – показатель, влияющий на продуктивность сельскохозяйственных культур (Radzka et al., 2015), за вегетационный период яровой твердой пшеницы по годам варьировал от 0,8 (засушливо) в 2021 г. до 3,2 (избыточно влажно) в 2017 г. Благоприятные условия для реализации потенциала продуктивности яровой твердой пшеницы сложились в 2021 г., достаточное количество осадков в мае и июне в периоды «всходы – кущение» и «куще-

действие факторов «среда × сорт» на 11,4% достоверно влияет на изменчивость урожайности (табл. 1).

Средняя урожайность сортов яровой твердой пшеницы варьировала от 2,4 до 3,9 т/га, а наибольшая отмечена у сортов: 'Солнечная 573' – 3,9 т/га, 'Донская элегия' – 3,8 т/га, 'Людмила' – 3,8 т/га, 'Омский изумруд' – 3,8 т/га, 'Воронежская 7' – 3,8 т/га (рис. 3).

В результате изучения установлено, что сорта яровой твердой пшеницы достоверно превышали стандарт 'Приморская 39' по продуктивной кустистости ('Омская янтарная', 'Николаша', 'Донская элегия', 'Омская степная', 'Салют Алтая', 'Солнечная 573') на 28,6–35,7%; по числу

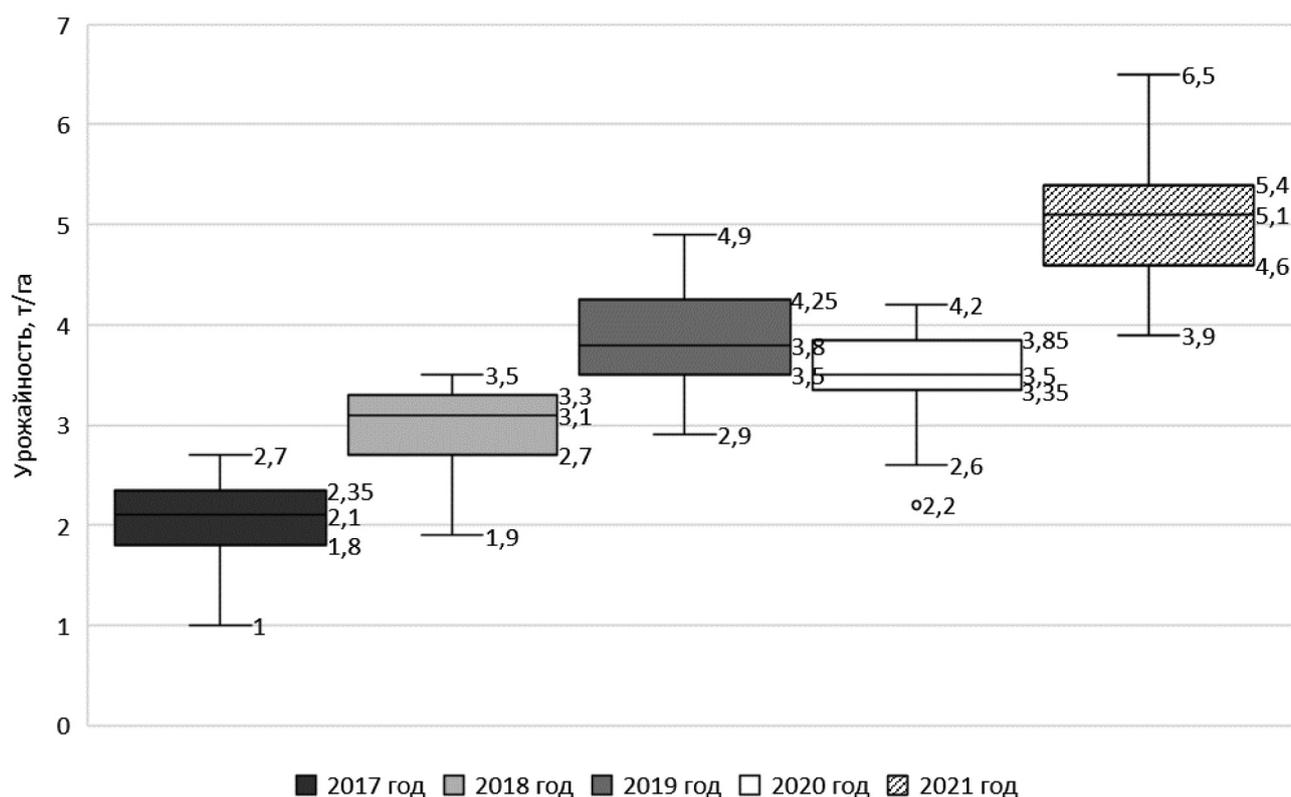


Рис. 2. Средняя урожайность яровой твердой пшеницы в экологическом испытании, 2017–2021 гг. (ФНЦ агrobiотехнологий Дальнего Востока им. А.К. Чайки, Приморский край)

Fig. 2. Average yield of spring durum wheat cultivars in the multi-environment trials, 2017–2021 (Federal Scientific Center of Agricultural Biotechnology of the Far East named after A.K. Chaika, Primorsky Territory)

Таблица 1. Дисперсионный анализ урожайности сортов яровой твердой пшеницы в экологическом испытании, 2017–2021 гг. (ФНЦ агrobiотехнологий Дальнего Востока им. А.К. Чайки, Приморский край)

Table 1. The analysis of variance for the yield of spring durum wheat cultivars in the multi-environment trials, 2017–2021 (Federal Scientific Center of Agricultural Biotechnology of the Far East named after A.K. Chaika, Primorsky Territory)

Дисперсия / Variance	DF	SS	MS	F	Доля фактора, % / Factor's effect size, %
Общая / Total	254	326,1	1,28	-	100,0
Фактор А (среда) / Factor A (environment)	4	254,1	63,5	1973,3*	77,9
Фактор Б (сорт) / Factor B (cultivar)	16	29,3	1,8	56,9*	9,0
Взаимодействие А × Б / Interrelationship between A and B	64	37,2	0,6	18,0*	11,4
Ошибка / Error	168	5,4	0,03	-	1,7

Примечание: DF – степени свободы; SS – сумма квадратов; MS – средний квадрат; F – критерий Фишера. Статистически значим при уровне вероятности $P \geq 0,95$

Note: DF – degree of freedom; SS – sum of squares; MS – mean square; F – Fisher's criterion. Statistically significant at $P \geq 0.95$

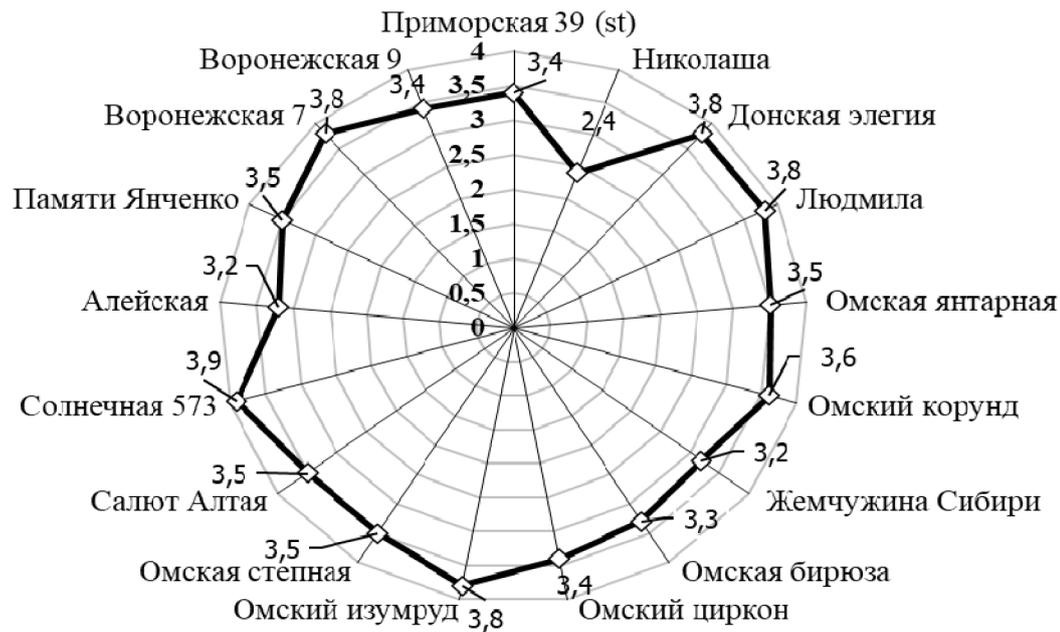


Рис. 3. Средняя урожайность сортов яровой твердой пшеницы (т/га), 2017–2021 гг.

(ФНЦ агробиотехнологий Дальнего Востока им. А.К. Чайки, Приморский край)

Примечание: статистически значимо при уровне вероятности $P \geq 0,95$

Fig. 3. Average yield of spring durum wheat cultivars (t/ha), 2017–2021

(Federal Scientific Center of Agricultural Biotechnology of the Far East named after A.K. Chaika, Primorsky Territory)

Note: statistically significant at $P \geq 0,95$

зерен в колосе ('Николаша') на 4,0 г; по массе зерна с колоса ('Омский корунд' и 'Николаша') на 0,48 г и 0,25 г соответственно.

По содержанию белка в зерне и количеству клейковины изучаемые сорта яровой твердой пшеницы отвечали требованиям 3-го класса ГОСТ 9353-2016 (ГОСТ 9353-2016..., 2019), содержание их в среднем за годы изучения по сортам варьировало в пределах от 12,3–13,3% до 20,9–25,0% соответственно. Исключение составил сорт 'Памяти Янченко', который по содержанию белка (13,3%) и клейковины (25,0%) можно отнести ко 2-му классу. Приведенные данные говорят о возможности получения высококачественной твердой пшеницы в условиях Приморского края.

Отмечено, что в условиях Приморского края яровая твердая пшеница формирует крупное зерно (от 36,9 до 43,4 г), при наибольшем значении у сортов 'Людмила' – 43,4 г, 'Омский циркон' – 42,1 г, 'Омский изумруд' – 40,9 г, 'Омский корунд' – 40,1 г (табл. 2).

Одним из важнейших показателей, характеризующих экологическую пластичность генотипов, является их стрессоустойчивость ($Y_{\min} - Y_{\max}$), отражающая разницу между минимальным и максимальным значением признака. В результате проведенных исследований отмечена низкая устойчивость яровой твердой пшеницы к стрессу. Наименьшая разница урожайности в неблагоприятные и благоприятные годы исследований была у сортов 'Памяти Янченко' (-2,1), 'Жемчужина Сибири' (-2,4), 'Воронежская 7' (-2,4).

Генетическая гибкость ($(Y_{\min} + Y_{\max})/2$) генотипов отражает среднее значение признака в контрастных условиях. Чем выше данный показатель, тем выше степень соответствия между генотипом сорта и факторами среды. Установлено, что сорта с низким значением стрессоустойчивости 'Людмила' (-4,6) и 'Донская элегия' (-4,2) показали более высокую генетическую гибкость – 4,2

и 4,0 соответственно, что позволило им сформировать высокий урожай зерна в благоприятные годы исследования.

Более полную информацию об адаптивности сортов к почвенно-климатическим условиям Приморского края отражает коэффициент адаптивности, рассчитанный по методике Л. А. Животкова (Zhivotkov et al., 1994), суть которого заключается в сравнении средней урожайности каждого изучаемого сорта относительно среднесортной каждого года исследования. Данный показатель варьировал от 66,9% у сорта 'Николаша' до 112,5% у сорта 'Солнечная 573'. За годы изучения 62,5% сортов яровой твердой пшеницы имели коэффициент адаптивности выше 100%: 'Солнечная 573' (112,5%), 'Воронежская 7' (111,0%), 'Омский изумруд' (108,9%), 'Донская элегия' (106,9%), 'Людмила' (105,3%), 'Омский корунд' (103,8%), 'Памяти Янченко' (102,6%), 'Омская янтарная' (102,0%), 'Салют Алтай' (101,3%), 'Омская степная' (101,2%).

Коэффициент экологической пластичности (b_i), рассчитанный по методике S. A. Eberhart, W. A. Russell (Zykin et al., 2008), показывает отзывчивость сортов на изменение условий: чем выше числовые значения b_i , тем сильнее изменяется урожайность при смене условий произрастания.

Исследования показали, что к сортам интенсивного типа ($b_i > 1$), формирующим высокую продуктивность при благоприятных условиях выращивания, следует отнести: 'Донская элегия', 'Людмила', 'Алейская', 'Воронежская 9'. Экстенсивные, слабочувствительные к улучшению условий произрастания ($b_i < 1$) сорта: 'Омская янтарная', 'Жемчужина Сибири', 'Омская бирюза', 'Омский циркон', 'Омский изумруд', 'Салют Алтай', 'Памяти Янченко', 'Воронежская 7'. Однако отмечено, что при неблагоприятных условиях эти сорта меньше снижают показатели продуктивности, чем сорта интенсивного типа. У сортов 'Николаша', 'Омский корунд', 'Омская степная', 'Солнеч-

Таблица 2. Хозяйственно ценные признаки и показатели качества зерна яровой твердой пшеницы, 2017–2021 гг.
(ФНЦ агробиотехнологий Дальнего Востока им. А.К. Чайки, Приморский край)**Table 2. Agronomic characteristics and grain quality parameters of spring durum wheat, 2017–2021**
(Federal Scientific Center of Agricultural Biotechnology of the Far East named after A.K. Chaika, Primorsky Territory)

Сорт / Cultivar	Происхождение / Origin	Продуктивная кустистость, шт. / Tillering capacity, pcs	Число зерен в колосе, шт. / Kernels per spike, pcs	Масса зерна с растения, г / Grain weight per plant, g	Масса 1000 зерен, г / 1000 kernel weight, g	Содержание белка, % / Protein content, %	Содержание клейковины, % / Gluten content, %
Приморская 39 (st) / Primorskaya 39 (st)	Приморский край	1,4	26,1	1,09	35,3	13,5	27,9
Николаша / Nikolasha	Краснодарский край	1,8	30,1	1,34	37,2	12,3	22,5
Донская элегия / Donskaya elegiya	Ростовская обл.	1,8	26,3	1,18	38,8	12,5	22,9
Людмила / Lyudmila	Саратовская обл.	1,6	26,1	1,23	43,4	12,8	24,0
Омская янтарная / Omskaya yantarnaya	Омская обл.	1,9	25,0	1,22	39,6	13,0	24,4
Омский корунд / Omskii korund	— « —	1,5	26,0	1,57	40,1	12,7	23,5
Жемчужина Сибири / Zhemchuzhina Sibiri	— « —	1,5	23,7	0,96	37,6	12,7	23,3
Омская бирюза / Omskaya biryuza	— « —	1,6	26,1	1,09	36,9	12,7	23,4
Омский циркон / Omskii tsirkon	— « —	1,7	27,9	1,26	42,1	12,7	23,1
Омский изумруд / Omskii izumrud	— « —	1,7	28,5	1,22	40,9	13,0	23,4
Омская степная / Omskaya stepnaya	— « —	1,8	27,0	1,10	39,9	13,1	24,4
Салют Алтая / Salyut Altaia	Алтайский край	1,8	25,8	1,14	39,6	12,9	23,9
Солнечная 573 / Solnechnaya 573	— « —	1,8	25,5	1,15	39,4	12,9	23,6
Алейская / Aleiskaya	— « —	1,6	24,7	1,03	39,3	12,5	22,1
Памяти Янченко / Pamyati Yanchenko	— « —	1,6	24,4	1,03	39,6	13,3	25,0
Воронежская 7 / Voronezhskaya 7	Воронежская обл.	1,6	25,6	1,08	39,4	12,0	22,9
Воронежская 9 / Voronezhskaya 9	— « —	1,6	26,3	1,12	39,0	12,9	24,1
НСР ₉₅		0,2	2,5	0,12	4,2	0,6	1,9

ная 573' ($b_i = 1$) отмечено полное соответствие варьирования урожайности изменению условий выращивания.

Стабильность характеризует степень отклонения урожайности сортов конкретного года от средней величины данного показателя за все годы испытания. К стабильным генотипам (S^2d_i стремится к нулю) отнесены: 'Омский циркон' ($S^2d_i = 0,00$), 'Памяти Янченко' ($S^2d_i = 0,02$), 'Воронежская 7' ($S^2d_i = 0,04$), 'Алейская' ($S^2d_i = 0,05$), 'Николаша' ($S^2d_i = 0,06$), 'Омская бирюза' ($S^2d_i = 0,08$).

Комплексный показатель ПУСС (Konstantinova, Kondratenko, 2015), отражающий уровень и стабильность

урожайности относительно стандарта, в наших исследованиях варьировал от 31,8 до 144,8. Высоким значением данного параметра характеризовались сорта яровой твердой пшеницы 'Воронежская 7' и 'Памяти Янченко' (+34,9%...+44,8% к стандарту), способные формировать высокую продуктивность при незначительном ее снижении в неблагоприятных условиях произрастания (табл. 3).

Важным параметром, определяющим способность генотипа минимизировать последствия влияния неблагоприятных условий среды, является гомеостаз. Гомеоста-

Таблица 3. Показатели адаптивности сортов яровой твердой пшеницы, 2017–2021 гг.

(ФНЦ агробиотехнологий Дальнего Востока им. А.К. Чайки, Приморский край)

Table 3. Adaptability indicators of spring durum wheat cultivars, 2017–2021

(Federal Scientific Center of Agricultural Biotechnology of the Far East named after A.K. Chaika, Primorsky Territory)

Сорт / Cultivar	$Y_{\min} - Y_{\max}$	$(Y_{\min} + Y_{\max})/2$	V, %	b_i	KA / CA	Hom	Sc	S^2d_i	ПУСС / YS
Приморская 39 (st) / Primorskaya 39 (st)	-3,2	3,8	33,2	1,1	104,6	1,4	1,5	0,02	100
Николаша / Nikolasha	-2,9	2,4	46,1	1,0	66,9	0,8	0,6	0,06	31,8
Донская элегия / Donskaya elegiya	-4,2	4,0	40,8	1,4	106,9	0,7	1,2	0,05	88,8
Людмила / Lyudmila	-4,6	4,2	45,1	1,5	105,3	0,5	1,1	0,23	78,6
Омская янтарная / Omskaya yantarnaya	-2,7	3,8	31,3	0,8	102,0	1,9	1,7	0,44	95,9
Омский корунд / Omskii korund	-3,5	3,8	36,6	1,0	103,8	1,1	1,4	0,50	88,8
Жемчужина Сибири / Zhemchuzhina Sibiri	-2,4	3,0	30,9	0,8	91,1	2,2	1,4	0,11	81,1
Омская бирюза / Omskaya biryuza	-2,9	3,1	31,6	0,9	94,3	1,7	1,2	0,08	85,3
Омский циркон / Omskii tsirkon	-2,7	3,4	29,1	0,9	99,2	2,2	1,5	0,00	100,7
Омский изумруд / Omskii izumrud	-2,7	3,4	28,7	0,9	108,9	2,3	1,6	0,18	123,6
Омская степная / Omskaya stepnaya	-3,1	3,3	35,6	1,0	101,2	1,3	1,3	0,52	88,1
Салют Алтая / Salyut Altaya	-2,7	3,3	27,7	0,8	101,3	2,4	1,5	0,11	109,8
Солнечная 573 / Solnechnaya 573	-2,8	3,8	29,7	1,0	112,5	2,0	1,8	0,14	126,9
Алейская / Aleiskaya	-3,6	3,4	42,2	1,2	89,7	0,8	1,0	0,05	60,9
Памяти Янченко / Pamyati Yanchenko	-2,1	3,5	22,3	0,7	102,6	4,8	1,9	0,02	134,9
Воронежская 7 / Voronezhskaya 7	-2,4	3,9	24,5	0,8	111,0	3,5	2,0	0,04	144,8
Воронежская 9 / Voronezhskaya 9	-3,4	3,7	39,9	1,1	98,6	0,9	1,3	0,46	74,4

Примечание: $Y_{\min} - Y_{\max}$ – устойчивость к стрессу; $(Y_{\min} + Y_{\max})/2$ – генетическая гибкость; V – коэффициент вариации; b_i – коэффициент регрессии; KA – коэффициент адаптивности; Hom – гомеостатичность; Sc – селекционная ценность генотипа; S^2d_i – варiances стабильности; ПУСС – показатель уровня стабильности сорта

Note: $Y_{\min} - Y_{\max}$ – stress resistance; $(Y_{\min} + Y_{\max})/2$ – genetic plasticity; V – coefficient of variation; b_i – regression coefficient; CA – coefficient of adaptability; Hom – homeostatic capacity; Sc – breeding value of a genotype; S^2d_i – variance of stability; YS – indicator of the yield stability of a cultivar

тичность совместно с коэффициентом вариации показывают устойчивость признака при изменении условий среды. Для селекционной оценки генотипов используют параметр селекционной ценности (Sc): сорта, имеющие максимальные значения данного показателя, выделяются высокими средними значениями и стабильностью изучаемого признака (Volkova, Shchennikova, 2020).

Низкий коэффициент вариации ($V = 22,3\%$ и $V = 24,5\%$), высокую гомеостатичность ($Hom = 4,8$ и $Hom =$

$3,5$) и селекционную ценность ($Sc = 1,9$ и $Sc = 2,0$) имели сорта 'Памяти Янченко' и 'Воронежская 7' (см. табл. 3).

Более полную информацию об адаптивности сортов дает применение нескольких методов статистического анализа, но в этом случае для сравнения полученных разрозненных результатов необходимо объединить все данные к единому знаменателю – рангу (Varga et al., 2015; Vazhenina et al., 2013) (табл. 4).

Таблица 4. Ранговая оценка показателей адаптивности сортов яровой твердой пшеницы, 2017–2021 гг.
(ФНЦ агробиотехнологий Дальнего Востока им. А.К. Чайки, Приморский край)

Table 4. Ranked assessment of the adaptability indicators in spring durum wheat cultivars, 2017–2021
(Federal Scientific Center of Agricultural Biotechnology of the Far East named after A.K. Chaika, Primorsky Territory)

Сорт / Cultivar	Ранг/Rank										Общая сумма рангов / Total sum of ranks
	Урожайность / Yield	$Y_{\min} - Y_{\max}$	$(Y_{\min} + Y_{\max})/2$	V, %	b_1	КА / CA	Hom	Sc / BV	S^2d_1	ПУСС / YS	
Приморская 39 (st) / Primorskaya 39 (st)	6	12	4	10	4	6	10	6	2	7	67
Николаша / Nikolasha	17	9	17	17	6	17	14	17	7	17	138
Донская элегия / Donskaya elegiya	2	16	2	14	2	4	16	13	5	9	83
Людмила / Lyudmila	2	17	1	16	1	5	17	15	13	14	101
Омская янтарная / Omskaya yantarnaya	8	4	4	8	13	9	8	4	14	8	80
Омский корунд / Omskii korund	6	14	4	12	6	7	12	9	16	9	95
Жемчужина Сибири / Zhemchuzhina Sibiri	15	2	16	7	13	15	5	9	9	13	104
Омская бирюза / Omskaya biryuza	14	9	15	9	10	14	9	13	8	12	113
Омский циркон / Omskii tsirkon	12	4	10	5	10	12	5	6	1	6	71
Омский изумруд / Omskii izumrud	2	4	10	4	10	3	4	5	12	4	58
Омская степная / Omskaya stepnaya	8	11	13	11	6	11	11	11	17	11	110
Салют Алтая / Salyut Altaya	8	4	13	3	13	10	3	6	9	5	74
Солнечная 573 / Solnechnaya 573	1	8	4	6	6	1	7	3	11	3	50
Алейская / Aleiskaya	15	15	10	15	3	16	14	16	5	16	125
Памяти Янченко / Pamyati Yanchenko	8	1	9	1	17	8	1	2	2	2	51
Воронежская 7 / Voronezhskaya 7	2	2	3	2	13	2	2	1	4	1	32
Воронежская 9 / Voronezhskaya 9	12	13	8	13	4	13	13	11	15	15	117

Примечание: показатели приведены в примечании к таблице 3

Note: the parameters are listed in the note to Table 3

В результате исследований установлено, что для возделывания в производственных условиях Приморского края с целью получения стабильных урожаев зерна можно рекомендовать сорта яровой твердой пшеницы 'Воронежская 7', 'Солнечная 573' и 'Памяти Янченко', у которых сумма рангов по большинству используемых в работе статистических методов оценки параметров адаптивности была наименьшей (32, 50, 51 соответственно).

Заключение

Проведенное исследование позволяет сделать вывод о значительном влиянии условий выращивания на урожайность яровой твердой пшеницы. Установленное с помощью дисперсионного анализа взаимодействие факторов «сорт × среда» позволяют делать вывод о возможности повышения урожайности культуры при выращивании адаптированных к условиям Приморского края сортов. В результате исследований выделены урожайные сорта яровой твердой пшеницы 'Солнечная 573' – 3,9 т/га, 'Донская элегия' – 3,8 т/га, 'Людмила' – 3,8 т/га, 'Омский изумруд' – 3,8 т/га, 'Воронежская 7' – 3,8 т/га, рекомендуемые для селекции на продуктивность. Высокие показатели качества зерна (содержание белка – 13,3% и клейковины – 25,0%, соответствующие 2-му классу ГОСТ 9353-2016) отмечены у сорта 'Памяти Янченко'. С использованием различных статистических показателей определены наиболее адаптированные к условиям Приморского края сорта 'Воронежская 7', 'Солнечная 573', 'Памяти Янченко', способные более эффективно использовать биоклиматический потенциал региона. На основании комплексной оценки по урожайности и параметрам адаптивности лучшими в условиях муссонного климата края признаны сорта 'Воронежская 7' и 'Солнечная 573', рекомендуемые для испытания в производстве.

References / Литература

- Cheshkova A.F., Stepochkin P.I., Aleynikov A.F., Grebennikova I.G., Ponomarenko V.I. A comparison of statistical methods for assessing winter wheat grain yield stability. *Vavilov Journal of Genetics and Breeding*. 2020;24(3):267-275. DOI: 10.18699/VJ20.619
- Detsyna A.A., Illarionova I.V., Shcherbinina V.O. Calculation of parameters of ecological plasticity and stability of oil sunflower varieties bred in VNIIMK. *Oil Crops. Scientific and Technical Bulletin of VNIIMK*. 2020;3(183):31-38. [in Russian] (Децына А.А., Илларионова И.В., Щербинина В.О. Расчет параметров экологической пластичности и стабильности масличных сортов подсолнечника селекции ВНИИМК. *Масличные культуры. Научно-технический бюллетень ВНИИМК*. 2020;3(183):31-38). DOI: 10.25230/2412-608X-2020-3-183-31-38
- Dospikhov B.A. Methodology of field trial (with fundamentals of statistical processing of research results) (*Metodika polevogo opyta [s osnovami statisticheskoy obrabotki rezultatov issledovaniy]*). 5th ed. Moscow: Alyans; 2014 [in Russian] (Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). 5-е изд. Москва: Альянс; 2014).
- Goncharenko A.A. On adaptivity and ecological resistance of grain crop varieties. *Vestnik of the Russian Academy of Agricultural Sciences*. 2005;(6):49-53. [in Russian] (Гончаренко А.А. Об адаптивности и экологической устойчивости сортов зерновых культур. *Вестник Российской академии сельскохозяйственных наук*. 2005;(6):49-53).
- Goncharov S.V., Kurashov M.Yu. Prospects for the development of the Russian durum wheat market. *Vestnik of Voronezh State Agrarian University*. 2018; 2(57):66-75. [in Russian] (Гончаров С.В., Курашов М.Ю. Перспективы развития российского рынка твердой пшеницы. *Вестник Воронежского государственного аграрного университета*. 2018;2(57):66-75). DOI: 10.17238/issn2071-2243.2018.2.66
- GOST 10846-91. Interstate standard. Grain and products of its processing. Method for determination of protein. Moscow: Standartinform; 2009. [in Russian] (ГОСТ 10846-91. Межгосударственный стандарт. Зерно и продукты его переработки. Метод определения белка. Москва: Стандартинформ; 2009). URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200023864> [дата обращения: 11.08.2022].
- GOST 9353-2016. Interstate standard. Wheat. Specifications. Official edition. Moscow: Standartinform; 2019. [in Russian] (ГОСТ 9353-2016. Межгосударственный стандарт. Пшеница. Технические условия. Издание официальное). Москва: Стандартинформ; 2019). URL: <https://www.internet-law.ru/gosts/gost/62924> [дата обращения: 10.08.2022].
- GOST R 54478-2011. National standard of the Russian Federation. Grain. Methods for determination of quantity and quality of gluten in wheat. Moscow: Standartinform; 2012. [in Russian] (ГОСТ Р 54478-2011. Национальный стандарт Российской Федерации. Зерно. Методы определения количества и качества клейковины в пшенице. Москва: Стандартинформ; 2012). URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200087804> [дата обращения: 11.08.2022].
- Kabbaj H., Sall A.T., Al-Abdallat A., Geleta M., Amri A., Filali-Maltouf A. et al. Genetic diversity within a global panel of durum wheat (*Triticum durum*) landraces and modern germplasm reveals the history of alleles exchange. *Frontiers in Plant Science*. 2017;8:1277. DOI: 10.3389/fpls.2017.01277
- Khangildin V.V., Shayakhmetov I.F., Mardamshin A.G. Homeostasis of the components of grain yield and the perspectives for creating a model of spring wheat cultivar (Gomeostaz komponentov urozhaya zerna i predposylki k sozdaniyu modeli sorta yarovoy pshenitsy). In: V.Kh. Khangildin (ed.). *Genetic analysis of quantitative traits in plants (Geneticheskiy analiz kolichestvennykh priznakov rasteniy)*. Ufa; 1979. p.5-39. [in Russian] (Хангильдин В.В., Шахметов И.Ф., Мардамшин А.Г. Гомеостаз компонентов урожая зерна и предпосылки к созданию модели сорта яровой пшеницы. В кн.: *Генетический анализ количественных признаков растений / под ред. В.Х. Хангильдина*. Уфа; 1979. С.5-39).
- Konstantinova O.B., Kondratenko E.P. Environmental plasticity and resistance of winter triticale new varieties. *Bulletin of NSAU (Novosibirsk State Agrarian University)*. 2015;3(36):13-18. [in Russian] (Константинова О.Б., Кондратенко Е.П. Экологическая пластичность и стабильность новых сортов озимого тритикале. *Вестник НГАУ (Новосибирский государственный аграрный университет)*. 2015;3(36):13-18).
- Kruchinina Yu.V., Efremova T.T., Chumanova E.V., Popova O.M., Arbuzova V.S., Pershina L.A. Influence of vrn-b1 alleles on the phase duration of development of substituted and isogenic wheat lines under natural long day. *International Journal of Applied and Fundamental Research*. 2017;(1-2):278-286. [in Russian] (Кручинина Ю.В., Ефремова Т.Т., Чуманова Е.В., Попова О.М., Арбузова В.С., Першина Л.А. Влияние аллелей VRN-b1 на продолжительность фаз развития замещенных и изогенных линий мягкой пшеницы при естественном длинном дне. *Междуна-*

родный журнал прикладных и фундаментальных исследований. 2017; (1-2):278-286).

- Lyapunova O.A., Andreeva A.S. Cultivars and lines added to the gene pool of VIR's durum wheat collection in 2000–2019. *Proceedings on Applied Botany, Genetics and Breeding*. 2020;181(1):7-16. [in Russian] (Ляпунова О.А., Андреева А.С. Сорты и линии, пополнившие генофонд твердой пшеницы ВИР в 2000–2019 гг. *Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции*. 2020;181(1):7-16). DOI: 10.30901/2227-8834-2020-1-7-16
- Malchikov P.N., Vyushkov A.A., Myasnikova M.G. The formation of model durum wheat cultivars in the Middle Volga region in Russia (Formirovaniye modeley sortov tverdoy pshenitsy dlya Srednevolzhskogo regiona Rossii). Samara: SamNTs RAN; 2012. [in Russian] (Мальчиков П.Н., Вьюшков А.А., Мясникова М.Г. Формирование моделей сортов твердой пшеницы для Средневолжского региона России. Самара: СамНЦ РАН; 2012).
- Methodology for the state variety trials of agricultural crops (Metodika gosudarstvennogo sortoispytaniya selskokhozyaystvennykh kultur). Issue 2. Moscow; 1989. [in Russian] (Методика государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур. Выпуск 2. Москва; 1989).
- Nettevich E.D., Morgounov A.I., Maksimenko M.I. Improving the efficiency of spring wheat selection for stability, yield and quality of grain (Povysheniye effektivnosti otbora yarovoy pshenitsy na stabilnost, urozhaynost i kachestvo zerna). *Vestnik selskokhozyaystvennoy nauki = Bulletin of Agricultural Science*. 1985;(1):66-73. [in Russian] (Неттевич Э.Д., Моргунов А.И., Максименко М.И. Повышение эффективности отбора яровой пшеницы на стабильность, урожайность и качество зерна. *Вестник сельскохозяйственной науки*. 1985;(1):66-73).
- Nikolaev P.N., Aniskov N.I., Yusova O.A., Safonova I.V. Adaptability of spring oat yield in the environments of the Near-Irtysh area in Omsk Province. *Proceedings on Applied Botany, Genetics and Breeding*. 2018;179(4):28-38. [in Russian] (Николаев П.Н., Анисков Н.И., Юсова О.А., Сафонова И.В. Адаптивность урожайности ярового овса в условиях Омского Прииртышья. *Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции*. 2018;179(4):28-38). DOI: 10.30901/2227-8834-2019-28-38
- Radzka E., Katarzyna R., Lenartowicz T. Analysis of hydrothermal conditions and their impact on early potato yields. *Journal of Ecological Engineering*. 2015;16(2):120-124. DOI: 10.12911/22998993/1866
- Rossielle A.A., Hamblin J. Theoretical aspects of selection for yield in stress and non-stress environments. *Crop Science*. 1981;21(6):943-946. DOI: 10.2135/cropsci1981.0011183x00210060033x
- Samofalova N.E., Ilichkina N.P., Kovtun L.N., Dubinina O.A., Beloborodova T.V. Winter durum wheat: achievements, problems, prospects (Tverdaya ozimaya pshenitsa: dostizheniya, problemy, perspektivy). *Grain Economy of Russia*. 2009;(1):7-14. [in Russian] (Самофалова Н.Е., Иличкина Н.П., Ковтун Л.Н., Дубинина О.А., Белобородова Т.В. Твердая озимая пшеница: достижения, проблемы, перспективы. *Зерновое хозяйство России*. 2009;(1):7-14).
- Samofalova N.E., Popov A.S., Ilichkina N.P., Dubinina O.A., Derova T.G. Hard (durum) winter wheat in Rostov Province (cultivar composition, cultivation technologies, seed production) (Tverdaya [turgidnaya] ozimaya pshenitsa v Rostovskoy oblasti [sortovoy sostav, tekhnologiya vozdelevaniya, semenovodstvo]). Rostov-on-Don: Kniga; 2012. [in Russian] (Самофалова Н.Е., Попов А.С., Иличкина Н.П., Дубинина О.А., Дерова Т.Г. Твердая (тургидная) озимая пшеница в Ростовской области (сортовой состав, технология возделывания, семеноводство). Ростов-на-Дону: Книга; 2012).
- Selyanin G.T. Methodology of the agricultural characterization of climate (Metodika selskokhozyaystvennoy kharakteristiki klimata). In: *Global Agro-Climatic Reference Book (Mirovoy agroklimaticheskiy spravochnik)*. Leningrad; Moscow; 1937. p.5-29. [in Russian] (Селянинов Г.Т. Методика сельскохозяйственной характеристики климата. *Мировой агроклиматический справочник*. Ленинград; Москва; 1937. С.5-29).
- Shevchenko S.N., Korchagin V.A., Goryanin O.I., Malchikov P.N., Vyushkov A.A., Chikin A.P. Production of high-quality grain of spring durum wheat in the Middle Volga region (Proizvodstvo vysokokachestvennogo zerna yarovoy tverdoy pshenitsy v Srednem Povolzhye). Samara: SamNTs RAN; 2010. [in Russian] (Шевченко С.Н., Корчагин В.А., Горянин О.И., Мальчиков П.Н., Вьюшков А.А., Чикин А.П. Производство высококачественного зерна яровой твердой пшеницы в Среднем Поволжье. Самара: СамНЦ РАН; 2010).
- Solonechnyi P.N. AMMI and GGE biplot analyses of genotype-environment interaction in spring barley lines. *Vavilov Journal of Genetics and Breeding*. 2017;21(6):657-662. [in Russian] (Солонечный П.Н. AMMI и GGE biplot анализ взаимодействия генотип-среда линий ячменя ярового. *Вавиловский журнал генетики и селекции*. 2017;21(6):657-662). DOI: 10.18699/VJ17.283
- Spiridonov Yu.Ya., Budynkov N.I., Boiko A.P., Strizhkov N.I., Kritskaya E.E. Technology of spring durum wheat cultivation with application of Secator Turbo, Bar-Iton, Falcon, Nagro and others. *The Agrarian Scientific Journal*. 2017;(3):30-36. [in Russian] (Спиридонов Ю.Я., Будынков Н.И., Бойко А.П., Стрижков Н.И., Критская Е.Е. Технология возделывания яровой твердой пшеницы с применением препаратов Секатор турбо, Баритон, Фалькон, Нагро и других. *Аграрный научный журнал*. 2017;(3):30-36).
- Varga B., Vida G., Varga-László E., Bencze S., Veisz O. Effect of simulating drought in various phenophases on the water use efficiency of winter wheat. *Journal of Agronomy and Crop Science*. 2015;201(1):1-9. DOI: 10.1111/jac.12087
- Vazhenina O.E., Kozachenko M.R., Vasko N.I., Naumov A.G. Environmental sustainability of productivity elements of spring barley varieties and efficiency of breeding on the bases of hybridization. *Bulletin of Sumy National Agrarian University*. 2013;(11):164-169. [in Russian] (Важенина О.Е., Козаченко М.Р., Васько Н.И., Наумов А.Г. Экологическая стабильность элементов продуктивности сортов ячменя ярового и эффективность селекции на основе их использования в гибридизации. *Вестник Сумского национального аграрного университета*. 2013;(11):164-169).
- Volkova L.V., Shchennikova I.N. Comparative evaluation of methods for calculating adaptive responses of cereals. *Theoretical and Applied Ecology*. 2020;(3):140-146. [in Russian] (Волкова Л.В., Щенникова И.Н. Сравнительная оценка методов расчета адаптивных реакций зерновых культур. *Теоретическая и прикладная экология*. 2020;(3):140-146). DOI: 10.25750/1995-4301-2020-3-140-146
- Yusova O.A., Nikolaev P.N., Aniskov N.I., Safonova I.V. Ecological response of spring barley varieties to abiotic and biotic factors in the southern forest-steppe of the Omsk region. *Taurida Herald of the Agrarian Sciences*. 2021;1(25):224-

235. [in Russian] [Юсов О.А., Николаев П.Н., Анисков Н.И., Сафонова И.В. Экологическая реакция сортов ярового ячменя на абиотические и биотические факторы Южной лесостепи Омского региона. *Таврический вестник аграрной науки*. 2021;1(25):224-235. DOI: 10.33952/2542-0720-2021-1-25-224-235

Yusov V.S., Evdokimov M.G. The gene pool of the program KASIB for the breeding of hard spring wheat adapted to the conditions of Western Siberia (Genofond программы Kasib s seleksii yarovoy tverдой pshenitsy dlya usloviy Zapadnoy Sibiri). In: *Modern ecological state of environment and scientific and practical aspects of sustainable use of natural resources: Proceedings of the 1st Internet Conference (Sovremennoye ekologicheskoye sostoyaniye prirodnoy sredy i nauchno-prakticheskiye aspekty ratsionalnogo prirodopolzovaniya: Sbornik nauchnykh trudov 1 Internet-konferentsii)*. Solenoe Zaimishche; 2016. p.2361-2376. [in Russian] [Юсов В.С., Евдокимов М.Г. Генофонд программы КАСИБ с селекции яровой твердой пшеницы для условий Западной Сибири. В кн.: *Современное экологическое состояние природной среды и научно-практические аспекты рационального природопользова-*

ния: Сборник научных трудов 1 Интернет-конференции. Солёное Займище; 2016. С.2361-2376).

Zhivotkov L.A., Morozova Z.A., Sekatueva L.I. Methods of detecting potential productivity and adaptability in cultivars and breeding forms of winter wheat according to their 'yield' indicator (Metodika vyavleniya potentsialnoy produktivnosti i adaptivnosti sortov i selektsionnykh form ozimoy pshenitsy po pokazatelyu "urozhaynosti"). *Selektsiya i semenovodstvo = Plant Breeding and Seed Production*. 1994;(2):3-6. [in Russian] [Животков Л.А., Морозова З.А., Секатуева Л.И. Методика выявления потенциальной продуктивности и адаптивности сортов и селекционных форм озимой пшеницы по показателю «урожайности». *Селекция и семеноводство*. 1994;(2):3-6).

Zykin V.A., Belan I.A., Yusov V.S., Korneva S.P. Methods for calculating the environmental plasticity of agricultural plants (Metodiki rascheta ekologicheskoy plastichnosti selskokhozyaystvennykh rasteniy). Omsk: OmGAU; 2008. [in Russian] [Зыкин В.А., Белан И.А., Юсов В.С., Корнева С.П. Методики расчета экологической пластичности сельскохозяйственных растений. Омск: ОмГАУ; 2008).

Информация об авторах

Полина Михайловна Богдан, кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник, Федеральный научный центр агроботехнологий Дальнего Востока им. А.К. Чайки, 692539 Россия, Уссурийск, пос. Тимирязевский, ул. Воложенина, 30, polina_bogdan84@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-3052-5521>

Алексей Григорьевич Клыков, академик РАН, заведующий отделом, Федеральный научный центр агроботехнологий Дальнего Востока им. А.К. Чайки, 692539 Россия, Уссурийск, пос. Тимирязевский, ул. Воложенина, 30, alex.klykov@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-2390-3486>

Инна Витальевна Коновалова, кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник, Федеральный научный центр агроботехнологий Дальнего Востока им. А.К. Чайки, 692539 Россия, Уссурийск, пос. Тимирязевский, ул. Воложенина, 30, konovalovainna@list.ru, <https://orcid.org/0000-0003-1836-5342>

Наталья Викторовна Кузьменко, младший научный сотрудник, Федеральный научный центр агроботехнологий Дальнего Востока им. А.К. Чайки, 692539 Россия, Уссурийск, пос. Тимирязевский, ул. Воложенина, 30, nata.kuzmenko.2907@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-9824-1512>

Information about the authors

Polina M. Bogdan, Cand. Sci. (Agriculture), Senior Researcher, Federal Scientific Center of Agricultural Biotechnology of the Far East named after A.K. Chaika, 30 Volozhenina St., Timiryazevsky Settle., Ussuriysk 692539, Russia, polina_bogdan84@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-3052-5521>

Aleksei G. Klykov, Academician of the RAS, Head of a Department, Federal Scientific Center of Agricultural Biotechnology of the Far East named after A.K. Chaika, 30 Volozhenina St., Timiryazevsky Settle., Ussuriysk 692539, Russia, alex.klykov@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-2390-3486>

Inna V. Konovalova, Cand. Sci. (Agriculture), Senior Researcher, Federal Scientific Center of Agricultural Biotechnology of the Far East named after A.K. Chaika, 30 Volozhenina St., Timiryazevsky Settle., Ussuriysk 692539, Russia, konovalovainna@list.ru, <https://orcid.org/0000-0003-1836-5342>

Natalya V. Kuzmenko, Associate Researcher, Federal Scientific Center of Agricultural Biotechnology of the Far East named after A.K. Chaika, 30 Volozhenina St., Timiryazevsky Settle., Ussuriysk 692539, Russia, nata.kuzmenko.2907@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-9824-1512>

Вклад авторов: все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации.

Contribution of the authors: the authors contributed equally to this article.

Конфликт интересов: авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interests: the authors declare no conflicts of interests.

Статья поступила в редакцию 15.11.2022; одобрена после рецензирования 18.01.2023; принята к публикации 02.03.2023. The article was submitted on 15.11.2022; approved after reviewing on 18.01.2023; accepted for publication on 02.03.2023.