

Формирование урожайности и качества зерна твердой пшеницы в условиях Северного Казахстана

Р. С. Жылкыбаев¹, Т. Ю. Жигула¹, А. Л. Шпигель², И. В. Потоцкая³✉

¹ НПЦ зернового хозяйства им. А. И. Бараева, Шортанды, Казахстан

² Омский аграрный научный центр, Омск, Россия

³ Омский государственный аграрный университет, Омск, Россия

✉ E-mail: iv.pototskaya@omgau.org

Аннотация. В последние годы в Северном Казахстане отмечен всплеск интереса фермеров к возделыванию сортов твердой пшеницы. Это связано с ростом экспортных продаж зерна твердой пшеницы в страны Средиземноморского бассейна. Для увеличения валовых сборов зерна необходимы новые урожайные сорта твердой пшеницы с качеством зерна, отвечающим требованиям современного производства его переработки. **Цель исследований** – селекционная оценка сортов и линий по урожайности и качеству зерна, выделение перспективных генотипов для селекции твердой пшеницы в условиях Северного Казахстана. **Методы.** В конкурсном сортоиспытании НПЦ зернового хозяйства им. А. И. Бараева изучены реестровые сорта и перспективные линии твердой пшеницы в 2021–2023 гг., методы исследования полевые и лабораторные. **Научная новизна.** В условиях Северного Казахстана получены новые научные данные по формированию реестровыми сортами и перспективными линиями яровой твердой пшеницы урожайности и технологических признаков зерна. Изучена взаимосвязь урожайности и хозяйственно ценными признаками для повышения эффективности отбора селекционного материала при создании сортов твердой пшеницы. **По результатам** исследований целесообразно проводить отбор селекционного материала по озерненности, продуктивности колоса и растения, учитывая риск снижения урожайности короткостебельных сортов. Выделены линии 156-11-10, 270-16-13 и 28-16-15 с урожайностью 19,7–21,5 ц/га, характеризующиеся клейковиной 1-й группы качества (51–66 ед.), содержанием белка и клейковины 16,2–17,3 % и 33,3–36,9 %, рекомендуемые для передачи на Государственное сортоиспытание и в качестве исходного материала для создания урожайных сортов твердой пшеницы с высоким качеством зерна.

Ключевые слова: твердая пшеница, конкурсное сортоиспытание, урожайность, качество зерна, взаимосвязь признаков, Северный Казахстан

Для цитирования: Жылкыбаев Р. С., Жигула Т. Ю., Шпигель А. Л., Потоцкая И. В. Формирование урожайности и качества зерна твердой пшеницы в условиях Северного Казахстана // Аграрный вестник Урала. 2025. Т. 25, № 03. С. 360–370. <https://doi.org/10.32417/1997-4868-2025-25-03-360-370>.

Дата поступления статьи: 12.10.2024, **дата рецензирования:** 23.11.2024, **дата принятия:** 29.11.2024.

Formation of yield and grain quality of durum wheat under conditions of Northern Kazakhstan

R. S. Zhylykbaev¹, T. Yu. Zhigula¹, A. L. Shpigel², I. V. Pototskaya³✉

¹ Scientific and Production Center of Grain Farming named after A. I. Baraev, Shortandy, Kazakhstan

² Omsk Agricultural Research Center, Omsk, Russia

³ Omsk State Agrarian University, Omsk, Russia

✉ E-mail: iv.pototskaya@omgau.org

Abstract. In recent years, there has been an increasing of interest among farmers for cultivation of durum wheat varieties in Northern Kazakhstan. Due to the growth of export sales of durum wheat grain to countries of the Mediterranean basin. To increase gross grain harvests, new high-yielding varieties of durum wheat with grain quality that meets the requirements of modern grain processing production are needed. **The purpose** of the research is to evaluate the yield and grain quality of varieties and lines to identify promising genotypes for breeding of durum wheat in conditions of Northern Kazakhstan. **Methods.** In the competitive variety trial of scientific and production center of grain farming released varieties and promising lines of durum wheat were studied in 2021–2023 with usage field and laboratory research methods. **Scientific novelty.** New scientific data were obtained on the formation of yield and technological traits of grain by released varieties and promising lines of spring durum wheat under conditions of Northern Kazakhstan. The relationship between yield and economically valuable traits was studied to improve the efficiency of selection of breeding material for development of durum wheat varieties. According to **research results**, it is recommended to select breeding material based on number of grain per, grain weight per spike and plant, taking into account the risk of reducing the yield of semi-dwarf varieties. Lines 156-11-10, 270-16-13, and 28-16-15 with yield of 19.7–21.5 c/ha, characterized by gluten of the 1st quality group (51–66 units), protein and gluten content of 16.2–17.3 % and 33.3–36.9 % were selected. These lines are recommended for transfer to State Variety Trial and as initial material for development of high-yielding varieties of durum wheat with high grain quality.

Keywords: durum wheat, competitive variety testing, yield, grain quality, relationship of traits, Northern Kazakhstan

For citation: Zhylykbaev R. S., Zhigula T. Yu., Shpigel A. L., Pototskaya I. V. Formation of yield and grain quality of durum wheat under conditions of Northern Kazakhstan. *Agrarian Bulletin of the Urals*. 2025; 25 (03): 360–370. <https://doi.org/10.32417/1997-4868-2025-25-03-360-370>. (In Russ.)

Date of paper submission: 12.10.2024, **date of review:** 23.11.2024, **date of acceptance:** 29.11.2024.

Постановка проблемы (Introduction)

В Северном Казахстане твердая пшеница (*T. durum* Desf.) обладает большим производственным потенциалом для увеличения валовых сборов зерна в регионе. Благодаря повышению экспорта культуры наблюдается устойчивая тенденция роста посевных площадей, занятых сортами твердой пшеницы, которые составляют в среднем 5–6 % от площади возделывания яровой пшеницы в степной зоне Северного Казахстана. Основными импортерами казахстанского зерна твердой пшеницы служат страны Средиземноморского бассейна – Италия и Турция [1]. Ключевым аспектом в создании новых высокоурожайных сортов твердой пшеницы является развитие местных селекционных программ с привлечением перспективного исходного материала иностранной селекции и использованием современных молекулярно-генетических технологий [2; 3]. Генетическое разнообразие культуры и постоянное пополнение ее генофонда также играет

ведущую роль в успехе селекционных программ по твердой пшенице [4; 5]. Неблагоприятные факторы внешней среды, лимитирующие урожайность сортов твердой пшеницы в условиях Северного Казахстана, – повышение частоты сухих и жарких лет, болезни и вредители. Основным резервом повышения урожайности и ее стабильности в агроценозах твердой пшеницы в регионе является формирование оптимальных показателей густоты продуктивного стеблестоя, количества зерен в колосе и массы 1000 зерен [6]. Технологические признаки качества зерна твердой пшеницы также важны для качества конечных продуктов переработки зерна, в этой связи в селекции уделяется большое внимание изучению этих признаков [7; 8]. Оценка взаимосвязи урожайности, ее компонентов и качества зерна необходима с целью установления критериев отбора селекционного материала при создании сортов, пригодных для производства высококачественных макаронных и крупяных изделий [9; 10].

Таблица 1

Происхождение сортообразцов питомника КСИ

Сорт, линия	Год включения в реестр	Родословная	Разновидность
Дамсинская 90	1995	Гибрид 491 / Алмаз	Леукурум
Дамсинская янтарная	2007	Дамсинская 90 / Саратовская 210	Леукурум
Корона	2009	Харьковская 17 / Алтайка	Гордеиформе
Лавина	2015	к-118-86-1, к-48235 / Ангара // Целиноградская 85	Гордеиформе
Дамсинская юбилейная	2017	Сосорит 71 / Саратовская 29	Гордеиформе
Дамсинская 20-17	2022	Саратовская 57 / Жемчужина Сибири	Гордеиформе
Линия 252-10-2	–	Лусе 206 / Омская янтарная	Леукурум
Линия 272-08-9	–	к-317/6 / Дамсинская янтарная	Леукурум
Линия 156-11-10	–	Жемчужина Сибири / AZ-3	Леукурум
Линия 270-16-13	–	Алтын Дала / Дамсинская янтарная	Леукурум
Линия 28-16-15	–	Гордеиформе 616 / Дамсинская 90	Леукурум

Table 1

Origin of accessions of competitive variety trial nursery

Variety, line	Year of inclusion into register	Pedigree	Botanical varieties
Damsinskaya 90, standard	1995	Hybrid 491 / Almaz	Leucurum
Damsinskaya yantarnaya	2007	Damsinskaya 90 / Saratovskaya 210	Leucurum
Korona	2009	Khar'kovskaya 17 / Altayka	Hordeiforme
Lavina	2015	k-118-86-1, k-48235 / Angara // Tselinogradskaya 85	Hordeiforme
Damsinskaya yubileynaya	2017	Cocorit 71 / Saratovskaya 29	Hordeiforme
Damsinskaya 20-17	2022	Saratovskaya 57 / Zhemchuzhina Sibiri	Hordeiforme
Line 252-10-2	–	Luce 206 / Omskaya yantarnaya	Leucurum
Line 272-08-9	–	k-317/6 / Damsinskaya yantarnaya	Leucurum
Line 156-11-10	–	Zhemchuzhina Sibiri / AZ-3	Leucurum
Line 270-16-13	–	Altyn Dala / Damsinskaya yantarnaya	Leucurum
Line 28-16-15	–	Hordeiforme 616 / Damsinskaya 90	Leucurum

Цель исследования – селекционная оценка сортов и линий по урожайности и качеству зерна, выделение перспективных генотипов для селекции твердой пшеницы в условиях Северного Казахстана.

Методология и методы (Methods)

Материалом исследований служили зарегистрированные сорта твердой пшеницы селекции НПЦ зернового хозяйства им. А.И. Бараева, изученные в конкурсном сортоиспытании (КСИ): Дамсинская 90 (стандарт), Дамсинская янтарная, Дамсинская юбилейная, Корона, Лавина и перспективные линии 252-10-2, 272-08-9, 156-11-10, 270-16-13, 28-16-15 (таблица 1). Сорта и линии, изученные в питомнике КСИ, получены в НПЦ зернового хозяйства, в основном методом простых парных скрещиваний с последующим индивидуальным отбором из гибридных популяций F4–F5 и допущены к возделыванию в Акмолинской области.

Посев питомника конкурсного сортоиспытания проводили в четырехкратной повторности, пло-

щадь делянки – 25 м², полевые наблюдения – в соответствии с методикой Государственного сортоиспытания [11]. Уборка селекционного питомника КСИ проводилась комбайном Wintersteiger (Австрия).

Показатели технологических свойств зерна изучали в аналитическом центре по определению качества почвы и растениеводческой продукции ТОО «НПЦ зернового хозяйства им. А. И. Бараева»: содержание белка – по СТ РК1564-2006 «Определение основных показателей качества зерна с использованием инфракрасного анализатора (ИнфраЛЮМ ФТ-10Ю, Люмэкс, Россия); содержание сырой клейковины – по СТ РК 1054-2002 «Зерно. Методы определения количества и качества клейковины в пшенице с использованием механизированных средств»; качество клейковины оценивали по индексу деформации клейковины на приборе ИДК-1 (Glutomatic-2200, Швеция); массу 1000 зерен – по ГОСТ 10842-89 «Зерно зерновых и бобовых культур и семена масличных культур. Метод определения массы 1000 зерен»; стекловидность зерна – по

ГОСТ 10987-64 «Зерно. Методы определения стекловидности»; содержание каротиноидных пигментов в муке твердой пшеницы, выраженное в мг на 100 г сухого вещества, – по ГОСТР 56576-2015 «Мука для производства макаронных изделий. Ме-

тод определения желтого пигмента»; натуру зерна, отражающую объемную массу зерна, оценивали по ГОСТ 10840-64 «Зерно. Методы определения натуры зерна». Оценку макаронных свойств осуществляли в соответствии с ГОСТ СТ РК 1046-2008.

Таблица 2

Урожайность и хозяйственно ценные признаки у сортообразцов питомника КСИ, в среднем за 2021–2023 годы

Сорт, линия	Вегетационный период, сут.	Полевая всхожесть, шт/м ²	Высота растения, см	Продуктивная кустиность, шт/растение	Количество зерен колоса, шт.	Масса зерна колоса, г	Масса зерна растения, г	Урожайность ц/га
Дамсинская 90, стандарт	86	284	81,4	1,57	24,0	1,14	1,70	21,7
Дамсинская янтарная	91*	279	77,7	1,47	23,6	1,07	1,60	20,8
Корона	84	279	79,3	1,30	24,6	1,10	1,33	19,6
Лавина	94*	300*	81,0	1,40	24,7	1,14	1,48	19,9
Дамсинская юбилейная	87	297*	80,9	1,33	22,9	1,09	1,37	21,1
Дамсинская 20-17	96*	281	81,6	1,47	24,7	1,16	1,78*	23,9*
Линия 252-10-2	97*	315*	72,7	1,40	19,1	1,01	1,27	21,6
Линия 272-08-9	93*	289	87,8*	1,23	25,4	1,06	1,27	19,1
Линия 156-11-10	96*	275	74,1	1,70*	21,3	1,11	1,82*	19,7
Линия 270-16-13	94*	297*	76,9	1,77*	22,1	1,08	1,72	20,1
Линия 28-16-15	97*	301*	86,5*	1,83*	29,1*	1,35*	2,50*	21,5
Среднее	93	291	80,0	1,50	23,8	1,12	1,62	20,8
НСР ₀₅	2,48	8,39	4,70	0,11	2,78	0,15	0,08	0,61

Примечание. * Достоверное превышение над стандартом.

Table 2

Yield and economically valuable traits of accessions in competitive variety trial nursery, on average for 2021–2023

Variety, line	Growing season, days	Field germination, pcs/m ²	Plant height, cm	No. spikes per plant, pcs/plant	No. grains per spike, pcs.	Grain weight per spike, g	Grain weight per plant, g	Yield, c/ha
Damsinskaya 90, standard	86	284	81.4	1.57	24.0	1.14	1.70	21.7
Damsinskaya yantarnaya	91*	279	77.7	1.47	23.6	1.07	1.60	20.8
Korona	84	279	79.3	1.30	24.6	1.10	1.33	19.6
Lavina	94*	300*	81.0	1.40	24.7	1.14	1.48	19.9
Damsinskaya yubileynaya	87	297*	80.9	1.33	22.9	1.09	1.37	21.1
Damsinskaya 20-17	96*	281	81.6	1.47	24.7	1.16	1.78*	23.9*
Line 252-10-2	97*	315*	72.7	1.40	19.1	1.01	1.27	21.6
Line 272-08-9	93*	289	87.8*	1.23	25.4	1.06	1.27	19.1
Line 156-11-10	96*	275	74.1	1.70*	21.3	1.11	1.82*	19.7
Line 270-16-13	94*	297*	76.9	1.77*	22.1	1.08	1.72	20.1
Line 28-16-15	97*	301*	86.5*	1.83*	29.1*	1.35*	2.50*	21.5
Average	93	291	80.0	1.50	23.8	1.12	1.62	20.8
LSD ₀₅	2.48	8.39	4.70	0.11	2.78	0.15	0.08	0.61

Note. * Reliable excess over standard.

Исследования проводились в Акмолинской области в подзоне засушливой степи на южном карбонатном черноземе. В 2021 году метеорологические условия вегетационного периода яровой пшеницы характеризовались как засушливые (ГТК = 0,5), всего за вегетационный период выпало 88,0 мм осадков, что на 48,3 мм ниже среднегодовой нормы. В 2022 году также наблюдались засушливые условия вегетации (ГТК = 0,6), за исключением июля, когда выпало 92,8 % осадков от многолетней нормы. В 2023 году отмечены острозасушливые условия вегетации (ГТК = 0,2), всего за вегетационный период выпало 36,5 мм, что на 99,8 мм ниже среднегодовой нормы. В целом в годы проведения исследований наблюдалась жаркая и засушливая погода, что не способствовало формированию высокой урожайности и развитию листовых болезней.

Результаты (Results)

Результаты исследований не выявили существенных различий между сортообразцами питомника КСИ по урожайности и ее компонентам (таблица 2).

Перспективные линии твердой пшеницы отнесены к среднепоздней группе спелости (93–97 сут.) и превысили стандарт Дамсинская 90 по продолжительности вегетации на 7–11 сут. Достоверное отличие от стандарта по компонентам урожайности отмечено у линий 156-11-10, 28-16-15 и сорта Дамсинская 20-17, включая его превышение по урожайности (+2,2 ц/га). На уровне стандарта сформировали урожайность Дамсинская юбилейная, линии 252-10-2 и 28-16-15 (21,1–21,6 ц/га), полевая всхожесть этих сортообразцов составила 297–315 шт/м², что выше показателя стандартного сорта. У изученных сортообразцов оценивали восемь параметров качества зерна (таблица 3).

Существенная разница ($p < 0,05$) для содержания белка и стекловидности зерна отмечена между реестровыми сортами (16,3–17,4 % и 63,3–68,0 % соответственно) и селекционными линиями (14,7–16,2 % и 48,7–58,3 %). Перспективные линии твердой пшеницы не имели также преимущества над сортами по накоплению каротиноидных пигментов (0,44–0,56 мг/100 г) и содержанию сырой клейковины (29,5–33,3 %). Исключение составляют линии 156-11-10, 270-16-13 и 28-16-15 по содержанию белка и сырой клейковины (16,2–17,3 % и 33,3–36,9 % соответственно). Более высокие параметры таких признаков, как масса 1000 зерен (47,3 г) и натура зерна (796 г/л), наблюдались у линии 252-10-2. Показатели ИДК (51–66 ед.), характеризующие качество клейковины, соответствовали 1-й группе качества (хорошая), кроме двух линий – 252-10-2 и 272-08-9. Кулинарные качества реестровых сортов твердой пшеницы составили 3,8–4,4 балла, сорт Дамсинская юбилейная превышает по данному по-

казателю стандарт. Эффективность отбора урожайных генотипов с высоким качеством зерна на основе взаимосвязи урожайности с ее компонентами и технологическими признаками качества выше при использовании анализа главных компонент (рис. 1, 2).

В наших исследованиях взаимосвязь урожайности с высотой растений была незначительной, что указывает на то, что отбор короткостебельных растений может привести к снижению урожайности в засушливых условиях Северного Казахстана. Три основных компонента урожайности – количество зерен колоса, масса зерна колоса и растения – в сильной степени коррелировали с урожайностью в 2021–2022 годах. Увеличение вегетационного периода также оказывало положительный эффект на повышение урожайности. В 2023 году ввиду жесткой засухи наблюдалось резкое снижение урожайности до 8,8–13,2 ц/га, что отразилось на слабых эффектах компонентов в формировании урожайности, за исключением продолжительности вегетации.

Содержание белка и ИДК имело отрицательную корреляцию с урожайностью, накопление клейковины в зерне также слабо связано с данным признаком (рис. 2). Положительная взаимосвязь отмечена между урожайностью и натурой, стекловидностью зерна, массой 1000 зерен. Погодные условия в годы исследований влияли на качество зерна, вызвав небольшое снижение показателей натуры, стекловидности, содержания белка и клейковины при большем количестве осадков в 2022 году.

Обсуждение и выводы (Discussion and Conclusion)

На фоне климатических изменений, оказывающих существенное влияние на урожайность и признаки качества сортов твердой пшеницы, расширение генетического разнообразия сортимента производственных посевов является ключевой задачей для устойчивых валовых сборов высококачественного зерна [12; 13]. Генотипические особенности сортов твердой пшеницы и погодные условия существенно влияют на урожайность, концентрацию белка, количество и качество клейковины в зерне – основные показатели, определяющие качество макаронных изделий [14; 15]. В НПЦ зернового хозяйства в скрещивания привлекают инорайонный материал и коллекционные образцы из генетических коллекций селекционных учреждений, сочетая внутри- и межвидовую гибридизацию. Так, сорт Дамсинская юбилейная получен путем скрещивания мексиканского сорта твердой пшеницы Sorcit 71 с яровой мягкой пшеницей Саратовская 29, а сорт Дамсинская янтарная имеет в родословной сорт мягкой пшеницы Саратовская 210. Подбор родительских пар из разных эколого-географических групп (в частности, использование сортов саратовской и омской селекции) является важным элементом в повышении урожайности и адаптивных свойств сортов твердой пшеницы. В создании сорта

Дамсинская 20-17 также использован саратовский сорт твердой пшеницы Саратовская 57 (таблица 1). Урожайность вышеперечисленных сортов в среднем за три года исследований была выше большинства изученных в конкурсном сортоиспытании сортов и линии и составила 19,9–23,9 ц/га. Сорт Дамсинская 20-17, линии 252-10-2 и 156-11-10 созданы с использованием в качестве родительских форм омских сортов твердой пшеницы Жемчужина Сибири и Омская янтарная.

За последние 20 лет селекционные усилия были направлены на повышение упругости клейковины, влияющей на конечное качество макаронных изделий при высокотемпературной сушке современного производства [16]. В наших исследованиях показатели белка составили 14,7–17,4 % и ИДК не превышали 78 ед. (таблица 3) при высоком содержании клейковины (29,5–36,9 %), что соответствует требованиям, предъявляемым к производству качественных макаронных и крупяных изделий [17].

Таблица 3
Технологические признаки качества зерна у сортообразцов питомника КСИ, в среднем за 2021–2023 годы

Сорт, линия	Содержание белка, %	Каротиноидные пигменты, мг / 100 г	Масса 1000 зерен, г	Натура зерна, г/л	Стекловидность, %	Содержание клейковины, %	Качество сырой клейковины, ед. ИДК	Оценка макаронных свойств, баллов
Дамсинская 90, стандарт	15,5	0,61	40,5	779	62,0	31,0	66	4,3
Дамсинская янтарная	16,8*	0,46	43,1	768	63,3	33,4	67	3,9
Корона	17,3*	0,48	43,3*	769	63,7	31,9	53	4,1
Лавина	17,4*	0,47	38,2	776	68,0*	32,5	78	3,8
Дамсинская юбилейная	17,2*	0,50	37,4	759	64,3	31,8	66	4,4
Дамсинская 20-17	16,3	0,64	40,3	786	64,3	31,5	76	4,2
Линия 252-10-2	14,9	0,56	47,3*	796*	55,0	29,5	44	–
Линия 272-08-9	14,7	0,48	39,8	778	48,7	30,3	43	–
Линия 156-11-10	16,2	0,47	43,9*	762	56,0	33,3	66	–
Линия 270-16-13	17,2*	0,44	41,0	785	55,0	36,8*	58	–
Линия 28-16-15	17,3*	0,47	36,6	783	58,3	36,9*	51	–
Среднее	16,5	0,51	41,1	776	59,9	32,6	61	4,1
НСР ₀₅	1,27	0,07	2,70	12,4	4,6	2,99	18,5	0,31

Примечание. * Достоверное превышение над стандартом.

Table 3
Technological grain quality traits of accessions in competitive variety trial, on average for 2021–2023

Variety, line	Protein content, %	Carotenoids content, mg / 100 g	Thousand kernel weight, g	Hectoliter weight of grain g/l	Vitreousness, %	Gluten content, %	Quality of wet gluten, units	Evaluation of pasta properties, points
Damsinskaya 90, standard	15.5	0.61	40.5	779	62.0	31.0	66	4.3
Damsinskaya yantarnaya	16.8*	0.46	43.1	768	63.3	33.4	67	3.9
Korona	17.3*	0.48	43.3*	769	63.7	31.9	53	4.1
Lavina	17.4*	0.47	38.2	776	68.0*	32.5	78	3.8
Damsinskaya yubileynaya	17.2*	0.50	37.4	759	64.3	31.8	66	4.4
Damsinskaya 20-17	16.3	0.64	40.3	786	64.3	31.5	76	4.2
Line 252-10-2	14.9	0.56	47.3*	796*	55.0	29.5	44	–
Line 272-08-9	14.7	0.48	39.8	778	48.7	30.3	43	–
Line 156-11-10	16.2	0.47	43.9*	762	56.0	33.3	66	–
Line 270-16-13	17.2*	0.44	41.0	785	55.0	36.8*	58	–
Line 28-16-15	17.3*	0.47	36.6	783	58.3	36.9*	51	–
Average	16.5	0.51	41.1	776	59.9	32.6	61	4.1
LSD ₀₅	1.27	0.07	2.70	12.4	4.6	2.99	18.5	0.31

Note. * Reliable excess over standard.

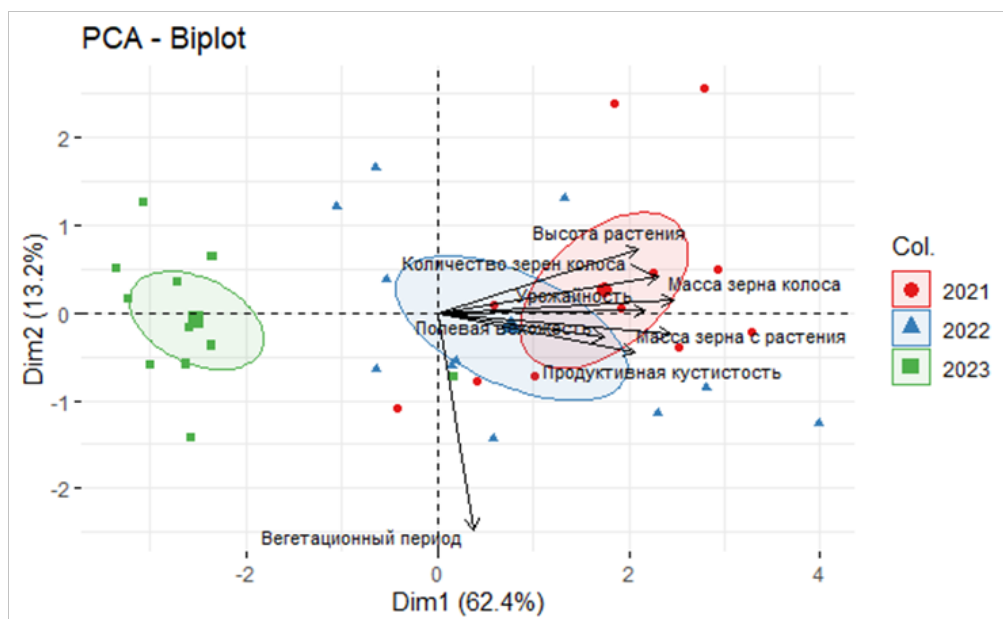


Рис. 1. Анализ главных компонент урожайности и её компонентов сортообразцов питомника КСИ, 2021–2023 годы

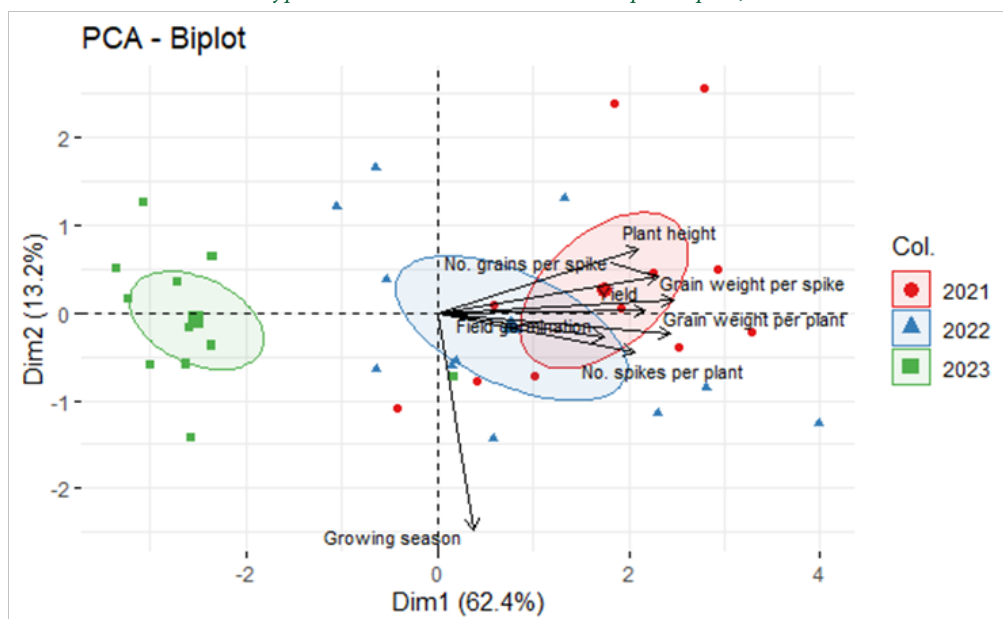


Fig. 1. Principal component analysis of yield and its components of accessions of competitive variety trial, 2021–2023

Оценка взаимосвязи изучаемых признаков имеет большое значение для повышения эффективности отбора в селекции пшеницы. Во многих исследованиях выявлена отрицательная корреляция между урожайностью и высотой растений сортов твердой пшеницы [18; 19]. В этой связи нецелесообразно резко сокращать высоту растения, учитывая риск снижения урожайности короткостебельных сортов твердой пшеницы, и вести отбор в условиях Северного Казахстана по основным компонентам урожайности, таким как озерненность ($r = 0,32...0,79$; $p \leq 0,05$), продуктивность колоса ($r = 0,37...0,79$; $p \leq 0,05$) и растения ($r = 0,32...0,75$;

$p \leq 0,05$). Увеличение вегетационного периода также оказывало положительный эффект на повышение урожайности ($r = 0,52...0,56$; $p \leq 0,05$). Отмечена отрицательная корреляция урожайности с содержанием белка ($r = -0,25...-0,54$; $p \leq 0,05$) и качеством клейковины ($r = -0,16...-0,26$) при сильном варьировании качественных показателей зерна в зависимости от погодных условий. Жесткие засушливые условия в 2023 году сказались на резкой ответной реакции изученных генотипов по урожайности и технологическим признакам зерна. Значительно меньшее влияние погодные условия в 2021–2022 годах оказали на массу 1000 зерен и содержание каротиноидных пигментов.

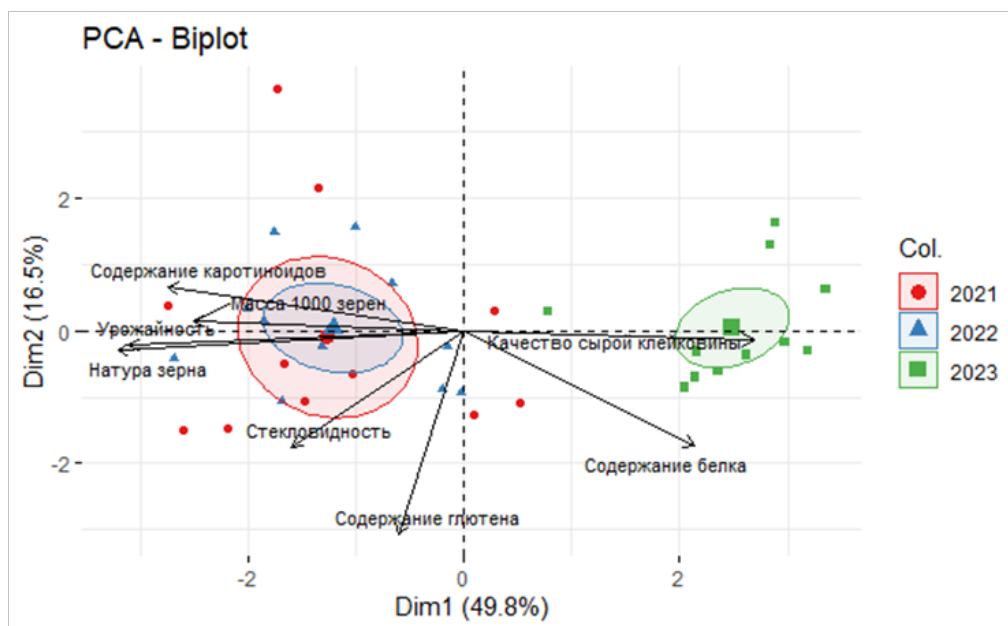


Рис. 2. Анализ главных компонент урожайности и технологических признаков зерна сортообразцов питомника КСИ, 2021–2023 годы

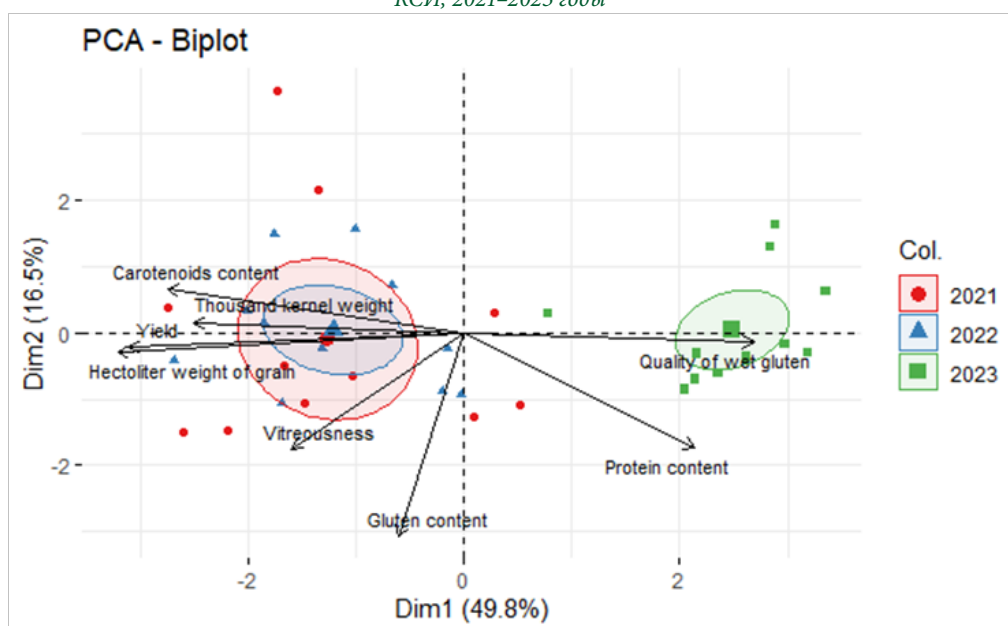


Fig. 2. Principal component analysis of yield and grain technological traits of accessions of competitive variety trial, 2021–2023

В последние десятилетия пшеница становится неустойчивой к изменениям климата, наблюдается тренд снижения урожайности и выраженности таких признаков, как содержание белка, клейковины, цвета макарон. Снижение климатической устойчивости твердой пшеницы за последние 5–15 лет в странах Северной, Центральной и Южной Европы западные ученые связывают с целенаправленной селекцией в течение XX века на создание высокопродуктивных сортов. Это привело к генетической эрозии, сужению адаптационных свойств современных сортов и нестабильности урожайности и качества зерна твердой пшеницы [18]. По данным М. Г. Евдокимова с соавторами [19], при анализе

качественных показателей сорта твердой пшеницы Алмаз за 40 лет отмечено снижение белка с 18 до 14,8 %, клейковины – с 33 до 29,8 %, натуры зерна – с 800 до 754 г/л; менее вариabельными от погодных условий были качество клейковины и стекловидность зерна. Следовательно, на ближайшую перспективу стратегия селекционных программ должна быть направлена на совершенствование методов отбора, в том числе с использованием маркер-контролируемого отбора, при использовании всего потенциала генофонда твердой пшеницы.

Обобщая вышесказанное, необходимо отметить, что особенностью программ гибридизации твердой пшеницы в НПЦ зернового хозяйства им. А. И. Ба-

раева является сохранение местного генофонда как основы высокой адаптивности в сочетании с ино-районным материалом из зарубежных генетических коллекций, саратовской и омской селекционных школ, а также использование близкородственного вида мягкой пшеницы. В жарких засушливых условиях Северного Казахстана первоочередной задачей является создание сортов твердой пшеницы с высокой засухоустойчивостью, широкой нормой реакции к изменениям агроклиматических факторов, стабильными показателями урожайности и качества зерна.

Для передачи на Государственное сортоиспытание и в качестве исходного материала для создания урожайных сортов твердой пшеницы с высоким качеством зерна рекомендуются линии 156-11-10, 270-16-13 и 28-16-15. Перспективные линии твердой пшеницы формировали урожайность 19,7–21,5 ц/га и отнесены к среднепоздней группе спелости (94–97 сут.). Качество зерна этих линий соответствовало требованиям, предъявляемым к производству макаронных и крупяных изделий: клейковина 1-й группы качества (51–66 ед.), содержание белка и сырой клейковины составило 16,2–17,3 % и 33,3–36,9 %.

Библиографический список

1. Пашков С. В. Эволюция целинного земледелия Северного Казахстана: детерминанты регионального развития // Известия Иркутского государственного университета. Серия: Науки о Земле. 2022. Т. 42. С. 68–89. DOI: 10.26516/2073-3402.2022.42.68.
2. Anuarbek S., Abugalieva S., Pecchioni N., Laidò G., Maccaferri M., Tuberosa R. et al. Quantitative trait loci for agronomic traits in tetraploid wheat for enhancing grain yield in Kazakhstan environments // PLoS ONE. 2020. Vol. 15 (6). Article number e0234863. DOI: 10.1371/journal.pone.0234863.
3. Tajibayev D., Mukin K., Babkenov A., Chudinov V., Dababat A.A., Jiyenbayeva K., Kenenbayev S., Savin T., Shamanin V., Tagayev K. et al. Exploring the agronomic performance and molecular characterization of diverse spring durum wheat germplasm in Kazakhstan // Agronomy. 2023. Vol. 13. Article number 1955. DOI: 10.3390/agronomy13071955.
4. Ляпунова О.А., Андреева А.С. Сорта и линии, пополнившие генофонд твердой пшеницы ВИР в 2000–2019 гг. // Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции. 2020. № 181 (1). С. 7–16. DOI: 10.30901/2227-8834-2020-1-7-16.
5. Потоцкая И. В., Кошкин М. Н., Шпигель А. Л., Шаманин В. П. Изменчивость содержания макро- и микроэлементов в зерне твердой пшеницы в условиях южной лесостепи Западной Сибири // Вестник Омского государственного аграрного университета. 2023. № 2. (50). С. 58–67.
6. Сыздыкова Г. Т., Пучкова С. Ю., Айдарбекова Т. Ж., Габдулина А. И. Адаптация сортов яровой твердой пшеницы в степной зоне Акмолинской области // Аграрный вестник Урала. 2020. № 01 (192). С. 20–27. DOI: 10.32417/1997-4868-2020-192-1-20-27.
7. Аленов Ж. Н., Билялова А. И., Малицкая Н. В., Шаканова Ш. Ш. Востребованность казахстанского зерна яровой твердой пшеницы на макаронные изделия // Сурский вестник. 2019. № 4 (8). С. 6–8.
8. Садыгова М. К., Гапонов С. Н., Шутарева Г. И., Цетва Н. М., Кириллова Т. В., Филина Д. К. Технологический потенциал зерна яровой твердой пшеницы Саратовской селекции // Техника и технология пищевых производств. 2021. Т. 51, № 4. С. 759–767. DOI: 10.21603/2074-9414-2021-4-759-767.3.
9. Пахотина И. В., Колмаков Ю. В., Евдокимов М. Г. Эффективность системы оценки качества зерна твердой пшеницы // Вестник Алтайского ГАУ. 2015. № 8 (130). С. 14–18.
10. Розова М. А., Зиборов А. И., Егиязарян Е. Е. Связь температурных показателей периода вегетации с основными агрономически значимыми характеристиками сортов яровой твердой пшеницы на Алтае // Российская сельскохозяйственная наука. 2021. № 5. С. 9–15. DOI: 10.31857/S2500262721050021.
11. Методика государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур / Под ред. С. О. Скокбаева. Алматы, 2002. 378 с.
12. Мальчиков П.Н., Мясникова М.Г. Исходный материал для селекции твердой пшеницы в Среднем Поволжье // Российская сельскохозяйственная наука. 2021. № 6. С. 38–45. DOI: 10.31857/S2500262721060077.
13. Jlassi I., Bnejdi F., Saadoun M., Hajji A., Mansouri D., Ben-Attia M., El-Gazzah M., El-Bok S. SSR markers and seed quality traits revealed genetic diversity in durum wheat (*Triticum durum* Desf.) // Molecular Biology Reports. 2021. Vol. 48. Pp. 3185–3193. DOI: 10.1007/s11033-021-06385-y.
14. Magallanes-López A. M., Ammar K., Morales-Dorantes A., González-Santoyo H., Crossa J., Guzmán C. Grain quality traits of commercial durum wheat varieties and their relationships with drought stress and glutenins composition // Journal of Cereal Science. 2017. Vol. 75. DOI: 10.1016/j.jcs.2017.03.005.
15. Martínez-Moreno F., Solís I., Noguero D., Blanco A., Özbek İ., Nsarellah N., Elias E., Mylonas I., Soriano J. M. Durum wheat in the Mediterranean Rim: historical evolution and genetic resources // Genetic Resources and Crop Evolution. 2020. Vol. 67. Pp. 1415–1436. DOI: 10.1007/s10722-020-00913-8.4.

16. Sarkar A., Fu B. X. Impact of quality improvement and milling innovations on durum wheat and end products // *Foods*. 2022. Vol. 11. Article number 1796. DOI: 10.3390/foods11121796.
17. Розова М. А., Зиборов А. И., Егизарян Е. Е. Результаты изучения допущенных к использованию сортов яровой твердой пшеницы по урожайности и качеству зерна в условиях Алтайского края // *Достижения науки и техники АПК*. 2020. Т. 34, № 7. С. 56–61. DOI: 10.24411/0235-2451-2020-10709.
18. Siahbidi M. M. P., Aboughadareh A. P., Tahmasebi G. R., Teymoori M., Jasemi M. Evaluation of genetic diversity and interrelationships of agro-morphological characters in durum wheat (*Triticum durum* Desf.) // *International Journal of Agriculture: Research and Review*. 2013. Vol. 3 (1). Pp. 184–194.
19. Varsha P. V., Saini P., Singh V., Yashveer S. Genetic variability of wheat (*Triticum aestivum* L.) genotypes for agro-morphological traits and their correlation and path analysis // *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry*. 2019. Vol. 8 (4). Pp. 2290–2294.
20. Kahiluoto H., Kaseva J., Balek J., et al. Decline in climate resilience of European wheat // *Proceedings of the National Academy of Sciences*. 2019. Vol. 116 (1). Pp. 123–128. DOI: 10.1073/pnas.1804387115.
21. Евдокимов М. Г., Юсов В. С., Пахотина И. В. Основные тенденции урожайности и качества зерна твердой яровой пшеницы в условиях южной лесостепи Западной Сибири // *Вестник Красноярского ГАУ*. 2021. № 4. С. 33–41. DOI: 10.36718/1819-4036-2021-4-33-41.

Об авторах:

Руслан Сагынаевич Жылкыбаев, заведующий лабораторией селекции яровой твердой пшеницы, НПЦ зернового хозяйства им. А. И. Бараева, Шортанды, Казахстан; ORCID 0009-0007-2972-8993.

E-mail: gaziz-amonik@mail.ru

Татьяна Юрьевна Жигула, младший научный сотрудник лаборатории селекции яровой твердой пшеницы, НПЦ зернового хозяйства им. А. И. Бараева, Шортанды, Казахстан; ORCID 0000-0001-9033-6111.

E-mail: tanya.zhigula@mail.ru

Анна Ленгардтовна Шпигель, младший научный сотрудник лаборатории селекции яровой твердой пшеницы, Омский аграрный научный центр, Омск, Россия; ORCID 0000-0002-9254-7091, AuthorID 1114962.

E-mail: al.shpigel2032@omgau.org

Инна Владимировна Потоцкая, доктор сельскохозяйственных наук, профессор кафедры агрономии, селекции и семеноводства, Омский государственный аграрный университет, Омск, Россия; ORCID 0000-0003-3574-2875, AuthorID 697003. *E-mail: iv.pototskaya@omgau.org*

References

1. Pashkov S. V. Evolution of virgin agriculture in Northern Kazakhstan: determinants of regional development. *Bulletin of Irkutsk State University. Earth Sciences Series*. 2022; 42: 68–89. DOI: 10.26516/2073-3402.2022.42.68. (In Russ.)
2. Anuarbek S., Abugalieva S., Pecchioni N., Laidò G., Maccaferri M., Tuberosa R. et al. Quantitative trait loci for agronomic traits in tetraploid wheat for enhancing grain yield in Kazakhstan environments. *PLoS ONE*. 2020; 15 (6): e0234863. DOI: 10.1371/journal.pone.0234863.
3. Tajibayev D., Mukin K., Babkenov A., Chudinov V., Dababat A.A., Jiyenbayeva K., Kenenbayev S., Savin T., Shamanin V., Tagayev K., et al. Exploring the agronomic performance and molecular characterization of diverse spring durum wheat germplasm in Kazakhstan. *Agronomy*. 2023; 13: 1955. DOI: 10.3390/agronomy13071955.
4. 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. DOI: 10.30901/2227-8834-2020-1-7-16. (In Russ.)
5. Potockaya I. V., Koshkin M. N., Shpigel A. L., Shamanin V. P. Variability of the of macro- and microelements content in the grain of durum wheat under conditions of the southern forest-steppe of Western Siberia. *Bulletin of Omsk State Agrarian University*. 2023; 2 (50): 58–67. (In Russ.)
6. Syzdykova G. T., Puchkova S. Yu., Aidarbekova T. Zh., Gabdulina A. I. Adaptation of spring durum wheat varieties in the steppe zone of Akmola region. *Agrarian Bulletin of the Urals*. 2020; 01 (192): 20–27. DOI: 10.32417/1997-4868-2020-192-1-20-27. (In Russ.)
7. Alenov Zh. N., Bilyalova A. I., Malitskaya N. V., Shakanova Sh. Sh. Requirement of Kazakhstan grain of spring solid wheat for macaroni products. *Surskiy Vestnik*. 2019; 4 (8): 6–8. (In Russ.)
8. Sadigova M. K., Gaponov S. N., Shutareva G. I., Tsetva N. M., Kirillova T. V., Filina D. K. Technological potential of Saratov spring durum wheat grain. *Equipment and technology of food production*. 2021; 51 (4): 759–767. DOI: 10.21603/2074-9414-2021-4-759-767.3. (In Russ.)
9. Pakhotina I. V., Kolmakov Yu. V., Evdokimov M. G. The effectiveness of quality assessment system of durum wheat grain. *Bulletin of the Altai State Agrarian University*. 2015; 8 (130): 14–18. (In Russ.)

10. Rozova M. A., Ziborov A. I., Egiazaryan E. E. Relationships of temperature parameters of growing period and major agronomically valuable traits of spring durum wheat varieties in Altai. *Russian Agricultural Science*. 2021; 5: 9–15. DOI: 10.31857/S2500262721050021. (In Russ.)
11. Methodology of state variety testing of agricultural crops / Edited by S. O. Skokbaev. Almaty, 2002. 378 p. (In Russ.)
12. Mal'chikov P. N., Myasnikova M. G. Initial material for breeding durum wheat in the middle Volga region. *Russian Agricultural Science*. 2021; 6: 38–45. DOI: 10.31857/S2500262721060077. (In Russ.)
13. Jlassi I., Bnejdi F., Saadoun M., Hajji A., Mansouri D., Ben-Attia M., El-Gazzah M., El-Bok S. SSR markers and seed quality traits revealed genetic diversity in durum wheat (*Triticum durum* Desf.). *Molecular Biology Reports*. 2021; 48: 3185–3193. DOI: 10.1007/s11033-021-06385-y.
14. Magallanes-López A. M., Ammar K., Morales-Dorantes A., González-Santoyo H., Crossa J., Guzmán C. Grain quality traits of commercial durum wheat varieties and their relationships with drought stress and glutenins composition. *Journal of Cereal Science*. 2017; 75. DOI: 10.1016/j.jcs.2017.03.005.
15. Martínez-Moreno F., Solís I., Noguero D., Blanco A., Özberk İ., Nsarellah N., Elias E., Mylonas I., Soriano J. M. Durum wheat in the Mediterranean Rim: historical evolution and genetic resources. *Genetic Resources and Crop Evolution*. 2020; 67: 1415–1436. DOI: 10.1007/s10722-020-00913-8.4.
16. Sarkar A., Fu B. X. Impact of quality improvement and milling innovations on durum wheat and end products. *Foods*. 2022; 11: 1796. DOI: 10.3390/foods11121796.
17. Rozova M. A., Ziborov A. I., Egiazaryan E. E. The results of the study of the yield and grain quality of spring durum wheat varieties approved for use in Russia under environment of the Altai Territory. *Achievements of Science and Technology of the Agro-Industrial Complex*. 2020; 34 (7): 56–61. DOI: 10.24411/0235-2451-2020-10709. (In Russ.)
18. Siahbidi M. M. P., Aboughadareh A. P., Tahmasebi G. R., Teymoori M., Jasemi M. Evaluation of genetic diversity and interrelationships of agro-morphological characters in durum wheat (*Triticum durum* Desf.). *International Journal of Agriculture: Research and Review*. 2013; 3 (1): 184–194.
19. Varsha P. V., Saini P., Singh V., Yashveer S. Genetic variability of wheat (*Triticum aestivum* L.) genotypes for agro-morphological traits and their correlation and path analysis. *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry*. 2019; 8 (4): 2290–2294.
20. Kahiluoto H., Kaseva J., Balek J., et al. Decline in climate resilience of European wheat. *Proceedings of the National Academy of Sciences*. USA. 2019; 116 (1): 123–128. DOI: 10.1073/pnas.1804387115.
21. Evdokimov M. G., Yusov V. S., Pakhotina I. V. The main trends in yield and quality of grain of durum spring wheat in the southern forest steppe of Western Siberia. *Bulletin of Krasnoyarsk State Agrarian University*. 2021; 4: 33–41. DOI: 10.36718/1819-4036-2021-4-33-41. (In Russ.)

Authors' information:

Ruslan S. Zhylykbaev, head of the laboratory of spring durum wheat breeding, Scientific and Production Center of Grain Farming named after A. I. Baraev, Shortandy, Kazakhstan; ORCID 0009-0007-2972-8993.

E-mail: gaziz-amonik@mail.ru

Tatyana Yu. Zhigula, junior researcher of the laboratory of spring durum wheat breeding, Scientific and Production Center of Grain Farming named after A. I. Baraev, Shortandy, Kazakhstan; ORCID 0000-0001-9033-6111.

E-mail: tanya.zhigula@mail.ru

Anna L. Shpigel, junior researcher of the laboratory of spring durum wheat breeding, Omsk Agricultural Research Center, Omsk, Russia; ORCID 0000-0002-9254-7091, AuthorID 1114962. E-mail: al.shpigel2032@omgau.org

Inna V. Pototskaya, doctor of agricultural sciences, professor of the department of agronomy, breeding and seed production, Omsk State Agrarian University, Omsk, Russia; ORCID 0000-0003-3574-2875, AuthorID 697003.

E-mail: iv.pototskaya@omgau.org