

УРОЖАЙНОСТЬ И КАЧЕСТВО ЗЕРНА ОБРАЗЦОВ ЯРОВОЙ ТВЕРДОЙ ПШЕНИЦЫ ПИТОМНИКА КАСИБ-22 В УСЛОВИЯХ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ

А. Л. Шпигель¹, младший научный сотрудник лаборатории яровой твердой пшеницы, al.shpigel2032@omgau.org, ORCID ID: 0000-0002-9254-7091;
В. С. Юсов¹, доктор сельскохозяйственных наук, заведующий лабораторией яровой твердой пшеницы, vad.yusov@yandex.ru, ORCID ID: 0000-0002-4159-3872;
И. В. Потоцкая², доктор сельскохозяйственных наук, профессор кафедры агрономии, селекции и семеноводства, iv.pototskaya@omgau.org, ORCID ID: 0000-0003-3574-2875
¹ФГБНУ Омский аграрный научный центр (ФГБНУ ВО «Омский АНЦ»), 644012, Омская область, г. Омск, пр. Королева, д. 26;
²ФГБОУ ВО «Омский государственный аграрный университет имени П. А. Столыпина» (ФГБОУ ВО Омский ГАУ), 644008, Омская обл., г. Омск, Институтская пл., 1

Твердая пшеница является важнейшей зерновой культурой для производства макаронных изделий в Западно-Сибирском регионе. Требуются сорта пшеницы, высокоадаптивные к стрессовым факторам среды, хорошо приспособленные к технологии возделывания, с высоким качеством зерна для расширения посевных площадей этой культуры в Омской области. Цель исследований – оценка урожайности и технологических признаков качества зерна сортообразцов яровой твердой пшеницы питомника КАСИБ-22, отбор перспективных генотипов с комплексом хозяйственно ценных признаков для селекционных программ. Исследования проведены на опытном поле ФГБНУ «Омский АНЦ» в 2022–2024 гг. по изучению 20 сортов и линий твердой пшеницы питомника КАСИБ-22 из пяти селекционных учреждений России и Казахстана. Проанализированы урожайность и основные технологические признаки качества зерна – белок, клейковина, натурная масса, стекловидность, индекс глютена, показатель седиментации и цвет макарон по общепринятым методикам. Выделены генотипы, превышающие по урожайности (28,3–30,8 ц/га) стандарт Жемчужина Сибири: линия 242/243-2020 (Актюбинская СХОС), Гордеиформе 2246 (Карабалыкская СХОС), АТП Прима (ФАНЦА), G.11-77-3 (Омский АНЦ), линия 2217д-4, линия 1927д-27, линия 2285д-3 (Самарский НИИСХ). Доля сортообразцов питомника с высоким содержанием белка и клейковины ($\geq 17,0$ и ≥ 34 %) составила 75 %, тогда как доля сортообразцов с высокими показателями седиментации (≥ 40 мл) и индекса глютена (≥ 75 ед.) достаточно низкая – 30 и 25 % соответственно. Сформирован пул лучших генотипов с высоким уровнем урожайности (27,9–30,8 ц/га) и улучшенными характеристиками качества зерна (белок – $\geq 15,9$ %, клейковина – $\geq 32,7$ %, натура зерна – 749–795 г/л, индекс глютена – 46,8–87,1 ед., седиментация – 38,4–46,0 мл), рекомендуемый для селекционных программ как исходный материал: линия 242/243-2020 (Актюбинская СХОС), Гордеиформе 2246 (Карабалыкская СХОС), АТП Прима (ФАНЦА), линия 2217д-4, линия 1927д-27, линия 2285д-3, линия 1693д-71 (Самарский НИИСХ).

Ключевые слова: яровая твердая пшеница, программа КАСИБ, урожайность, качество зерна.

Для цитирования: Шпигель А. Л., Юсов В. С., Потоцкая И. В. Урожайность и качество зерна образцов яровой твердой пшеницы питомника КАСИБ-22 в условиях Западной Сибири // Зерновое хозяйство России. 2025. Т. 17, № 5. С. 58–64. DOI: 10.31367/2079-8725-2025-100-5-58-64.



PRODUCTIVITY AND GRAIN QUALITY OF SPRING DURUM WHEAT SAMPLES OF THE NURSERY KASIB-22 IN WESTERN SIBERIA

A. L. Shpigel¹, junior researcher of the laboratory for spring durum wheat breeding, al.shpigel2032@omgau.org, ORCID ID: 0000-0002-9254-7091;
V. S. Yusov, Doctor of Agricultural Sciences, head of the laboratory for spring durum wheat breeding, vad.yusov@yandex.ru, ORCID ID: 0000-0002-4159-3872;
I. V. Pototskaya², Doctor of Agricultural Sciences, professor of the department of agronomy, breeding and seed production, iv.pototskaya@omgau.org, ORCID ID: 0000-0003-3574-2875
¹FSBSI Omsk Agricultural Research Center, (FSBSI “Omsk ARC”), 644012, Omsk region, Omsk, Korolev Av, 26;
²FSBEI HE “Omsk State Agrarian University named after P.A. Stolypin” (FSBEI HE Omsk SAU), 644008, Omsk region, Omsk, Institutskaya Sq. 1

Durum wheat is the most important grain crop to produce pasta in the West Siberian region. There is a great necessity in wheat varieties with high adaptability to environmental stress factors, good suitability to cultivation technologies, high grain quality in order to expand the areas under this crop in the Omsk region. The purpose of the current study was to estimate productivity and technological traits of grain quality of spring durum wheat varieties of the nursery KASIB-22, and to select promising genotypes with a set of economically valuable characteristics for breeding programs. The study was conducted on the experimental field of the FSBSI “Omsk ARC” in 2022–2024 to study 20 durum wheat varieties and lines of the nursery KASIB-22 from five breeding institutions in Russia and Kazakhstan. There have been analyzed productivity and main technological characteristics of grain quality, such as protein, gluten, nature weight, hardness, gluten index, sedimentation index and pasta color, using generally

accepted methods. There have been identified genotypes exceeding productivity of the standard variety 'Zhemchuzhina Siubiri' (28.3–30.8 hwt/ha), they are 'Line 242/243-2020' (Aktyubinsk AES), 'Gordeiforme 2246' (Karabalyk AES), 'ATP Prima' (FASCA), 'G.11–77-3' (Omsk ARC), 'Line 2217d-4', 'Line 1927d-27', 'Line 2285d-3' (Samara RIA). The share of the nursery's varieties with high protein and gluten percentage (≥ 17.0 and ≥ 34 %) was 75 %, while the share of varieties with high sedimentation rates (≥ 40 ml) and gluten index (≥ 75 units) was quite low with 30% and 25%, respectively. There has been formed a pool of the best genotypes with a high productivity level (27.9–30.8 hwt/ha) and improved grain quality characteristics (protein ≥ 15.9 %, gluten ≥ 32.7 %, 749–795 g/l of grain nature, 46.8–87.1 units of gluten index, 38.4–46.0 ml of sedimentation), recommended for breeding programs as initial material, namely 'Line 242/243-2020' (Aktyubinsk AES), 'Gordeiforme 2246' (Karabalyk AES), 'ATP Prima' (FASCA), 'Line 2217d-4', 'Line 1927d-27', 'Line 2285d-3', 'Line 1693d-71' (Samara RIA).

Keywords: spring durum wheat, KASIB program, productivity, grain quality.

Введение. Западная Сибирь и Казахстан являются основными регионами, производящими высококачественное зерно твердой пшеницы, часть которого идет на экспорт в страны Ближнего Востока и Юго-Восточной Азии. Однако площади посевов, занятых сортами твердой пшеницы в Омской области, не превышают 50 тыс. га. Производству требуются сорта пшеницы, высокоадаптивные к стрессовым факторам среды, хорошо приспособленные к технологии возделывания, с высоким качеством зерна и макарон (Фризен и др., 2024).

Международная программа Казахстанско-Сибирской сети улучшения яровой твердой пшеницы, основанная в 2000 г., в настоящее время объединяет девять селекционных учреждений. В рамках данной программы каждое учреждение-участник представляет 2–3 новых сорта или линии для масштабного экологического сортоиспытания. Единая методика полевой оценки сортов сети КАСИБ в разных экологических пунктах и региональный стандарт Безенчукская 139 позволяют получать данные о перспективных сортах и линиях (Tajibayev et al., 2021; Tajibayev et al., 2023). Принцип челночной селекции по переброске селекционного материала в контрастные условия среды, используемый при реализации программы КАСИБ, увеличивает возможности

идентификации сортов со стабильной урожайностью и повышает эффективность селекционных программ (Шаманин и др., 2021). В селекции пшеницы существует крайне мало примеров подобных мультилокационных испытаний, охватывающих огромную территорию в разных эколого-географических зонах – от южного Казахстана до Поволжья России. Твердая пшеница является основным сырьем для производства макаронных изделий, кускуса и других продуктов с высокой питательной ценностью. В этой связи оценка качества зерна является важным аспектом международной программы, используя при этом научный и материально-технический потенциал всех селекционных учреждений – участников сети КАСИБ (Evdokimov et al., 2022).

Цель исследований – оценка урожайности и технологических признаков качества зерна сортообразцов яровой твердой пшеницы питомника КАСИБ-22, отбор перспективных генотипов с комплексом хозяйственно ценных признаков для селекционных программ.

Материалы и методы исследования. В 2022–2024 гг. на опытном поле ФГБНУ «Омский АНЦ» изучено 20 сортов и линий яровой твердой пшеницы из пяти селекционных учреждений Казахстана и России (табл. 1).

Таблица 1. Сорта и линии яровой твердой пшеницы питомника КАСИБ-22 из пяти учреждений России и Казахстана (2022–2024 гг.)

Table 1. Spring durum wheat varieties and lines of the nursery KASIB-22 from five breeding institutions in Russia and Kazakhstan

№ п/п	Сорт, линия	Оригинатор	№ п/п	Сорт, линия	Оригинатор
1	Янтарная 150	Актюбинская СХОС	11	Леукурум 1005	«–«
2	Линия 242/243-2020	«–«	12	Гордеиформе 1019	«–«
3	Линия 248/255-2020	«–«	13	G.13–62-2	Омский АНЦ
4	Гордеиформе 2441	Карабалыкская СХОС	14	Омский лазурит	«–«
5	Гордеиформе 2246	«–«	15	G.11–77-3	«–«
6	Омская янтарная	Омский АНЦ	16	Линия 2217д-4	Самарский НИИСХ
7	Омский корунд	«–«	17	Линия 1927д-27	«–«
8	Омский изумруд	«–«	18	Линия 2285д-3	«–«
9	Безенчукская 139	Региональный стандарт	19	Линия 1693д-71	«–«
10	АТП Прима	ФГБНУ ФАНЦА	20	Жемчужина Сибири	Стандарт Госкомиссии

Полевые эксперименты закладывали по методике Госсортоиспытания (2019) рандомизи-

рованными блоками в 3-кратной повторности, площадь деянок 3 м². В лаборатории качества

зерна ФГБНУ «Омский АНЦ» определяли технологические признаки качества зерна: содержание белка и клейковины – при помощи инфракрасного анализатора «ИнфраЛюм» ФТ-12; стекловидность и натурную массу зерна – по ГОСТ 10987-76 и ГОСТ 10840-2017 соответственно; индекс глютена – на приборе Glutomatic 2100 механическим способом (ГОСТ ISO 21415-2-2019); показатель седиментации (SDS) – путем определения величины осадка навески муки массой 6 г при набухании в растворе молочной кислоты концентрации 9,4 % с добавлением 2,0%-го раствора додецилсульфата натрия. Оценка качества макаронных изделий описана в монографии И. В. Пахотиной и Ю. В. Колмакова (2012). Дисперсионный анализ данных многофакторного полевого опыта в рандомизированных блоках проводили по методике Б. А. Доспехова (2014). Все расчеты и графики сделаны с использованием пакета статистической программы JASP v.0.19.3 (Нидерланды, 2025).

При оценке метеозащитных элементов использовали наблюдения Омской ГМС, погодные условия имели существенные различия: умеренно влажные условия вегетации сложились в 2022 г. (ГТК = 1,1), засушливые – в 2023 г. (ГТК = 0,8), чрезмерно влажные – в 2024 г. (ГТК = 1,9). Температурный режим в годы проведения исследований соответствовал среднемноголетним данным.

Результаты и их обсуждение. Урожайность зерна в селекции пшеницы служит ключевым показателем при оценке адаптивности сортов и выделению генотипов с широкой нормой реакции на изменение факторов внешней среды. Вариабельность погодных условий обусловила существенные лимиты данного признака в годы исследований: от 8,00–9,83 ц/га в острозасушливом 2023 г. до 29,3–35,2 и 33,0–34,6 ц/га в более благоприятных по влагообеспеченности 2022 и 2024 гг. (табл. 2).

Таблица 2. Урожайность сортообразцов КАСИБ-22 (2022–2024 гг.)
Table 2. Productivity of variety samples of KASIB-22 (2022–2024)

Сорт, линия	Урожайность, ц/га								В среднем по вегетационному периоду, сут.
	2022 г.	Ранг	2023 г.	Ранг	2024 г.	Ранг	В среднем	Ранг	
Среднеранние									
Янтарная 150	23,5	19	4,40	18	29,2	16	19,0	19	78
Линия 242/243-2020	33,0	9	17,8	1	35,0	8	28,6*	5	77
Линия 248/255-2020	29,3	15	5,30	16	37,5	4	24,1	14	77
Омская янтарная	31,3	11	11,8	8	36,6	7	26,6	10	78
В среднем	29,3	–	9,83	–	34,6	–	24,6	–	78
Среднеспелые									
Гордеиформе 2441	25,7	18	4,80	17	32,3	12	20,9	17	80
Гордеиформе 2246	31,2	12	13,3	4	46,2	1	30,2*	3	81
Омский корунд	30,0	14	8,80	11	36,0	10	24,9	12	80
Леукурум 1005	29,3	15	5,40	15	24,8	20	19,9	18	81
Гордеиформе 1019	31,2	12	7,60	13	25,5	19	21,4	16	82
В среднем	29,5	–	8,00	–	33,0	–	23,5	–	81
Среднепоздние									
Омский изумруд	28,3	17	2,60	20	35,0	8	22,0	15	86
Безенчукская 139	21,0	20	5,60	14	29,0	17	18,5	20	83
АТП Прима	39,5	2	13,8	3	31,7	13	28,3*	7	86
G.13-62-2	33,0	9	10,1	10	30,5	15	24,5	12	85
Омский лазурит	35,5	7	3,30	19	33,6	11	24,1	13	85
G.11-77-3	38,5	3	8,70	12	45,2	2	30,8*	1	86
Линия 2217д-4	36,5	6	12,3	5	36,5	6	28,4*	6	86
Линия 1927д-27	45,8	1	12,0	6	28,2	18	28,7*	4	86
Линия 2285д-3	37,8	4	12,0	7	41,2	3	30,3*	2	86
Линия 1693д-71	36,8	5	15,5	2	31,2	14	27,9	8	84
Жемчужина Сибири, st	34,5	8	10,8	9	33,8	10	26,4	10	83
В среднем	35,2	–	9,72	–	34,2	–	26,4	–	85
НСР ₀₅	0,48	2,5	–	–	–	–	–	–	–

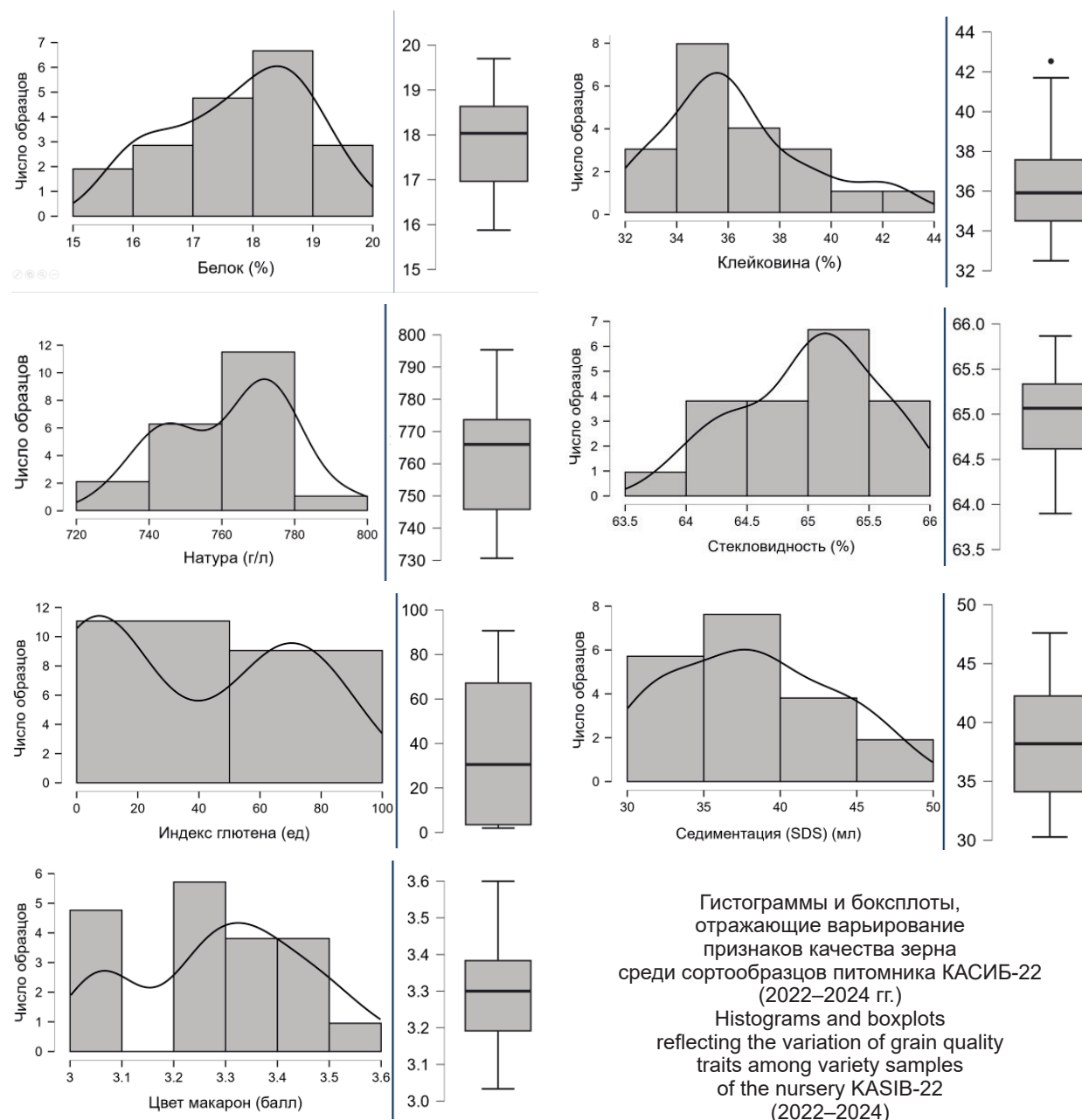
Примечание. * – достоверное превышение над стандартом Жемчужина Сибири.

Сортообразцы среднепоздней группы спелости в среднем за 2022–2024 гг. закономерно сформировали более высокую урожайность – 26,4 ц/га (9,72–35,2 ц/га) в сравнении с среднеранней – 24,6 ц/га (9,83–34,6 ц/га) и среднеспелой группами – 23,5 ц/га (8,00–

33,0 ц/га). Ранжирование сортообразцов питомника КАСИБ-22 по урожайности показало, что к группе (ранги 1–7), превышающей по этому признаку (28,3–30,8 ц/га) местный стандарт Жемчужина Сибири, относятся сортообразцы линия 242/243-2020 (Актюбинская СХОС),

Гордеиформе 2246 (Карабалыкская СХОС), АТП Прима (ФАНЦА), G.11--77-3 (Омский АНЦ), линия 2217д-4, линия 1927д-27, линия 2285д-3 (Самарский НИИСХ). Данные сортообразцы обладают значительным потенциалом для повы-

шения урожайности сортов твердой пшеницы в условиях Западной Сибири. Распределение основных технологических показателей качества зерна среди изученных сортообразцов питомника КАСИБ-22 представлено на рисунке.



Наибольший размах изменчивости отмечен по таким технологическим признакам качества зерна, как натура зерна (731–795 г/л), индекс глютена (2,05–87,1 %) и седиментация (30,1–47,6 мл).

К менее вариабельным признакам относятся содержание белка и клейковины (15,9–19,7 % и 32,5–42,5 %), стекловидность зерна (63,9–65,9 %) и цвет макарон (3,0–3,6 балла). Доля сортообразцов питомника с высоким содержанием белка и клейковины ($\geq 17,0$ и ≥ 34 %) составила 75 % (рис. 1), что свидетельствует о целенаправленной селекционной работе научных учреждений по повышению данных при-

знаков. Сравнительно недавно Национальным союзом селекционеров и семеноводов было предложено включить в ГОСТ индексы желтизны и глютена как значимые показатели при производстве макаронных изделий (Гапонов и др., 2022). Качество макаронных изделий во многом определяется прочностью и упругостью клейковины, определяемой в том числе с помощью теста седиментации и индекса глютена. В зарубежных исследованиях отмечается высокая доля наследуемости индекса глютена, слабая изменчивость этого признака в зависимости от условий среды и тесная его корреляция с показателем седиментации ($r = 0,78-0,81$)

(Vida et al., 2014). В наших исследованиях выявлена сильная связь между индексом глютена и показателем седиментации ($r = 0,98$; $p < 0,01$), что свидетельствует о том, что данные признаки могут служить надежными критериями для селекционного отбора генотипов с улучшенным качеством клейковины. Однако доля сортообразцов КАСИБ-22 с высокими показателями седиментации (≥ 40 мл) и индекса глютена (≥ 75 ед.) достаточно низкая – 30 и 25 % соответственно.

Нелегкая задача – одновременно совместить в одном генотипе высокую урожайность

и хорошее качество зерна, учитывая отрицательную корреляцию урожайности с содержанием белка и клейковины в зерне. В наших исследованиях такая взаимосвязь составила – $r = -0,61$ и $-0,43$ ($p < 0,05$) соответственно. Выделен пул лучших генотипов с оптимальным цветом макарон (3,1–3,5 балла), высокими характеристиками натуры зерна (749–795 г/л), белка ($\geq 15,9$ %) и клейковины ($\geq 32,7$ %), которые представляют интерес для производства товарного зерна высокого качества и как исходный материал для селекционных программ (табл. 3).

Таблица 3. Показатели качества и урожайности лучших образцов КАСИБ-22 (в среднем за 2022–2024 гг.)
Table 3. Quality and productivity indicators of the best samples of KASIB-22 (mean in 2022–2024)

Сорт, линия	Содержание белка, %	Содержание клейковины, %	Натура зерна г/л	Стекловидность, %	Индекс глютена, ед.	Седиментация, мл	Цвет макарон, балл	Урожайность, ц/га
Янтарная 150	19,2*	42,5*	742	63,9	62,1*	38,5	3,0	19,0
Линия 242/243-2020	17,0	36,2	779*	65,0	46,8*	39,4*	3,4*	28,6*
Гордеиформе 2441	19,7*	41,7*	765	65,8	57,7*	39,7*	3,1	20,9
Гордеиформе 2246	18,3	39,8*	778*	65,7	60,4*	41,9*	3,1	30,2*
АТП Прима	15,9	34,5	749	65,7	63,5*	43,5*	3,5*	28,3*
Леукурум 1005	18,6	38,9*	745	64,1	78,1*	43,2*	3,4*	19,9
G.11-77-3	18,2	36,4	756	65,0	20,8	37,2	3,2	30,8*
Линия 2217д-4	16,4	35,3	774	64,1	84,6*	47,6*	3,4*	28,4*
Линия 1927д-27	15,9	34,3	772	65,1	87,1*	38,4	3,4*	28,7*
Линия 2285д-3	17,3	37,4	772	65,9	81,4*	46,0*	3,3	30,3*
Линия 1693д-71	16,1	32,7	795*	65,2	76,6*	44,9*	3,3	27,9
Жемчужина Сибири	17,2	33,9	738	64,5	25,5	35,9	3,1	26,4
НСР ₀₅	1,6	4,0	40	1,7	20,3	3,5	0,3	0,48

Примечание. * – достоверное превышение над стандартом Жемчужина Сибири.

Уровень урожайности данных сортов составил 27,9–30,8 ц/га, превысив по данному показателю стандарт на 1,5–4,4 ц/га: линия 242/243-2020 (Актюбинская СХОС), Гордеиформе 2246 (Карабалыкская СХОС), АТП Прима (ФАНЦА), G.11–77-3 (Омский АНЦ), линия 2217д-4, линия 1927д-27, линия 2285д-3, линия 1693д-71 (Самарский НИИСХ).

Следует отметить низкие показатели стекловидности зерна выделенных сортообразцов – 64,1–65,9 %. В соответствии с требованиями ГОСТ 9353-2016 для 1–3 классов твердой пшеницы этот показатель должен составлять 70–85 %. Индекс глютена также не соответствует требованиям современного производства, за исключением Леукурум 1005 (ФАНЦА) и линий самарской селекции 2217д-4, 1927д-27, 2285д-3, 1693д-71 – 76,6–87,1 ед. Сортообразцы казахстанской селекции Янтарная 150 и Гордеиформе 2441 отличались более низкой урожайностью (19,0–20,9 ц/га), но повышенной питательной ценностью зерна благодаря высокому содержанию белка (19,2–19,7 %).

Выводы. Селекционная оценка сортообразцов яровой твердой пшеницы из пяти селекционных учреждений России и Казахстана выявила существенную вариативность урожайности в зависимости от условий года. В Западной Сибири сортообразцы линия 242/243-2020 (Актюбинская СХОС), Гордеиформе 2246 (Карабалыкская СХОС), АТП Прима (ФАНЦА), G.11-77-3 (Омский АНЦ), линия 2217д-4, линия 1927д-27, линия 2285д-3 (Самарский НИИСХ) сформировали урожайность (28,3–30,8 ц/га) выше стандарта Жемчужина Сибири и рекомендуются в качестве исходного материала для селекционных программ.

Отмечена сильная связь между индексом глютена и показателем седиментации ($r = 0,98$; $p < 0,01$), что необходимо учитывать для проведения отбора при создании сортов, отвечающих требованиям современного производства. В данном аспекте целесообразно привлечение в гибридизацию генотипов с высоким индексом глютена и показателями седиментации

с целью повышения прочности и упругости клейковины, от которых зависит качество макаронных изделий. С высоким уровнем урожайности (27,9–30,8 ц/га) и улучшенными характеристиками качества зерна (содержание белка – $\geq 15,9\%$, клейковины – $\geq 32,7\%$, натура зерна – 749–795 г/л, индекс глютена – 46,8–87,1 ед., седиментация – 38,4–46,0 мл) целесообразно использовать для производства высококачественных макаронных изделий и для

программ гибридизации в селекции твердой пшеницы сортообразцы линия 242/243-2020 (Актюбинская СХОС), Гордеиформе 2246 (Карабалыкская СХОС), АТП Прима (ФАНЦА), линия 2217д-4, линия 1927д-27, линия 2285д-3, линия 1693д-71 (Самарский НИИСХ).

Финансирование. Исследования проведены за счет средств бюджета ФГБНУ «Омский АНЦ».

Библиографический список

1. Гапонов С. Н., Шутарева Г. И., Цетва Н. М., Цетва И. С., Милованов И. В., Бурмистров Н. А., Жиганова Е. С., Куликова В. А. Новый сорт яровой твердой пшеницы Тамара – источник каротиноидных пигментов // Зерновое хозяйство России. 2022. Т. 14, № 3. С. 51–56. DOI: 10.31367/2079-8725-2022-81-3-51-56
2. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). 5-е изд. М.: Альянс, 2014. 351 с.
3. Методика Государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур: Общая часть. М.: Колос, 2019. 329 с.
4. Пахотина И. В., Колмаков Ю. В. Система оценки качества зерна твердой пшеницы. Омск: ООО ИПЦ «Сфера», 2012. 128 с.
5. Фризен Ю. В., Некрасова Е. В., Гайвас А. А. Влияние отдельных элементов агротехнологии на продуктивность твердой пшеницы в южной лесостепи Омской области // Аграрная наука. 2024. № 379(2). С. 81–86. DOI: 10.32634/0869-8155-2024-379-2-81-86
6. Шаманин В. П., Флис П., Савин Т. В., Шепелев С. С., Кузьмин О. Г., Чурсин А. С., Потоцкая И. В., Лихенко И. Е., Кушниренко И. Ю., Казак А. А., Чудинов В. А., Шелаева Т. В., Моргунов А. И. Генотипическая и экологическая изменчивость содержания цинка в зерне сортов яровой мягкой пшеницы международного питомника КАСИБ // Вавиловский журнал генетики и селекции. 2021. Т. 25, № 5. С. 543–551. DOI: 10.18699/VJ21.061
7. Evdokimov M. G., Yusov V. S., Kiryakova M. N., Meshkova L. V., Pakhotina I. V., Glushakov D. A. Promising genetic sources for the creation of varieties of durum spring wheat in Western Siberia // Vavilov Journal of Genetics and Breeding. 2022. Vol. 26(7). P. 609–621. DOI: 10.18699/VJGB-22-75
8. Tajibayev D., Yusov V. S., Chudinov V. A., Mal'chikov P. N., Rozova M. A., Shamanin V. P., Morgounov A. I. Genotype by environment interactions for spring durum wheat in Kazakhstan and Russia // Ecological Genetics and Genomics. 2021. Vol. 21(6), Article number: 100099. DOI: 10.1016/j.egg.2021.100099
9. Tajibayev D., Mukin K., Babkenov A., Chudinov V., Dababat A. A., Jiyenbayeva K., Baloch F. S. 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
10. Vida G., Szunics L., Veisz O., Bedő Z., Láng L., Árendás T., Rakszegi M. Effect of genotypic, meteorological and agronomic factors on the gluten index of winter durum wheat // Euphytica. 2014. Vol. 197. P. 61–71. DOI: 10.1007/s10681-013-1052-6

References

1. Gaponov S. N., Shutareva G. I., Tsetva N. M., Tsetva I. S., Milovanov I. V., Burmistrov N. A., Zhiganova E. S., Kulikova V. A. Novyi sort yarovoi tverdoi pshenitsy Tamara – istochnik karotinoidnykh pigmentov [New spring durum wheat variety 'Tamara' as a source of carotenoid pigments] // Zernovoe khozyaistvo Rossii. 2022. T. 14, № 3. S. 51–56. DOI: 10.31367/2079-8725-2022-81-3-51-56
2. Dospikhov B. A. Metodika polevogo opyta (s osnovami statisticheskoi obrabotki rezul'tatov issledovaniy) [Methodology of a field trial (with the basics of statistical processing of the study results)]. 5-e izd. M.: Al'yans, 2014. 351 s.
3. Metodika Gosudarstvennogo sortoispytaniya sel'skokhozyaystvennykh kul'tur: Obshchaya chast' [Methodology of the State Variety Testing of agricultural crops]. M.: Kolos, 2019. 329 s.
4. Pakhotina I. V., Kolmakov Yu. V. Sistema otsenki kachestva zerna tverdoi pshenitsy. [Estimation system of durum wheat grain quality: monograph]. Omsk: OOO IPTs «Sfera», 2012. 128 s.
5. Frizen Yu. V., Nekrasova E. V., Gaivas A. A. Vliyaniye ot del'nykh elementov agrotekhnologii na produktivnost' tverdoi pshenitsy v yuzhnoi lesostepi Omskoi oblasti [The effect of individual elements of agricultural technology on durum wheat productivity in the southern forest-steppe of Omsk region] // Agrarnaya nauka. 2024. № 379 (2). S. 81–86. DOI: 10.32634/0869-8155-2024-379-2-81-86
6. Shamanin V. P., Flis P., Savin T. V., Shepelev S. S., Kuz'min O. G., Chursin A. S., Pototskaya I. V., Likhenco I. E., Kushnirenko I. Yu., Kazak A. A., Chudinov V. A., Shelaeva T. V., Morgunov A. I. Genotipicheskaya i ekologicheskaya izmenchivost' soderzhaniya tsinka v zerne sortov yarovoi myagkoi pshenitsy mezhdunarodnogo pitomnika KASIB [Genotypic and ecological variability of zinc content in grain of spring common wheat varieties of the international nursery KASIB] // Vavilovskii zhurnal genetiki i seleksii. 2021. T. 25, № 5. S. 543–551. DOI: 10.18699/VJ21.061
7. Evdokimov M. G., Yusov V. S., Kiryakova M. N., Meshkova L. V., Pakhotina I. V., Glushakov D. A. Promising genetic sources for the creation of varieties of durum spring wheat in Western Siberia // Vavilov Journal of Genetics and Breeding. 2022. Vol. 26(7). P. 609–621. DOI: 10.18699/VJGB-22-75

8. Tajibayev D., Yusov V. S., Chudinov V. A., Mal'chikov P. N., Rozova M. A., Shamanin V. P., Morgounov A. I. Genotype by environment interactions for spring durum wheat in Kazakhstan and Russia // *Ecological Genetics and Genomics*. 2021. Vol. 21(6), Article number: 100099. DOI: 10.1016/j.egg.2021.100099

9. Tajibayev D., Mukin K., Babkenov A., Chudinov V., Dababat A.A., Jiyenbayeva K., Baloch F. S. 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

10. Vida G., Szunics L., Veisz O., Bedő Z., Láng L., Árendás T., Rakszegi M. Effect of genotypic, meteorological and agronomic factors on the gluten index of winter durum wheat // *Euphytica*. 2014. Vol. 197. P. 61–71. DOI: 10.1007/s10681-013-1052-6

Поступила: 25.05.25; доработана после рецензирования: 23.06.25; принята к публикации: 23.06.25.

Критерии авторства. Авторы статьи подтверждают, что имеют на статью равные права и несут равную ответственность за плагиат.

Конфликт интересов. Авторы статьи заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Авторский вклад. Шпигель А. Л. – выполнение полевых опытов, сбор данных, математическая обработка; Юсов В. С. – выполнение полевых опытов, анализ данных; Потоцкая И. В. – анализ данных, обзор литературы и написание статьи.

Все авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.