

Оценка качества зерна современных сортов яровой мягкой пшеницы питомника КАСИБ-22, выращенных на Урале и в Западной Сибири

Инна Владимировна Потоцкая¹, Елена Васильевна Агеева², Елена Александровна Филиппова³, Екатерина Робертовна Шрейдер⁴, Владимир Петрович Шаманин¹

¹Омский государственный аграрный университет имени П.А. Столыпина, г. Омск, Россия

e-mail: iv.pototskaya@omgau.org

²Сибирский научно-исследовательский институт растениеводства и селекции – филиал ФИЦ Институт цитологии и генетики СО РАН, Новосибирская область, р.п. Краснообск, Россия, e-mail: elenakolomeec@mail.ru

³Уральский федеральный аграрный научно-исследовательский центр Уральского отделения Российской академии наук, г. Екатеринбург, Россия, e-mail: elena-filippova-kniich@mail.ru

⁴Челябинский научно-исследовательский институт сельского хозяйства, Челябинская область, пос. Тимирязевский, Россия, e-mail: shreyder11@mail.ru

Аннотация. Представлены результаты оценки показателей качества зерна и урожайности 44 сортов и линий яровой мягкой пшеницы, созданных в 14 научных и селекционных учреждениях России и Казахстана (Казахстанско-Сибирский питомник яровой мягкой пшеницы – КАСИБ-22). Пункты испытания в регионах Западной Сибири и Урала: Омск (Омский ГАУ), Новосибирск (СибНИИРС), Курган (Уральский АНИЦ), Челябинск (Челябинский НИИСХ). При изучении отмечен наибольший размах варьирования таких признаков, как содержание белка и клейковины в зерне (14,2–17,9 и 28,0–37,0 %), ЧП (295–393 с) и урожайность (2,19–4,09 т/га). Исследуемые современные сорта яровой мягкой пшеницы КАСИБ-22 имели высокие показатели белка, клейковины (14,2–17,9 и 28,0–37,9 % соответственно), ИГ (91,8–95,4 %), седиментации (48,9–55,8 мл) и числа падения (295–393 с), что свидетельствует о низкой амилолитической активности ферментов, высокой питательной ценности и хороших хлебопекарных свойствах зерна. Выявлена селекционная ценность для улучшения признаков качества зерна сортообразцов питомника КАСИБ-22: Линия 435/12 (Северо-Казахстанская СХОС), Лютеценс 1364, Лютеценс 1356 (СибНИИРС), Агрономическая 5 (Омский ГАУ), Лютеценс 82/09-7, Лютеценс 71/10-4 (Омский АНЦ), Челябинка (Челябинский НИИСХ), Лютеценс 1462, Лютеценс 1486, Линия 1616ae14 (Самарский НИИСХ).

Ключевые слова: яровая мягкая пшеница; питомник КАСИБ; качество зерна; экологические пункты.

Для цитирования: Потоцкая И. В., Агеева Е. В., Филиппова Е. А., Шрейдер Е. Р., Шаманин В. П. Оценка качества зерна современных сортов яровой мягкой пшеницы питомника КАСИБ-22, выращенных на Урале и в Западной Сибири // Аграрный научный журнал. 2023. № 11. С. 107–113. [http: 10.28983/asj.y2023i11pp107-113](https://doi.org/10.28983/asj.y2023i11pp107-113).

AGRONOMY

Original article

Grain quality evaluation of modern spring bread wheat varieties from KASIB-22 nursery in the Urals and Western Siberia

Inna V. Pototskaya¹, Elena V. Ageeva², Elena A. Filippova³, Ekaterina R. Schreider⁴, Vladimir P. Shamanin¹

¹Omsk State Agrarian University, Omsk, Russia, e-mail: iv.pototskaya@omgau.org

²Siberian Research Institute of Plant Production and Breeding – Branch of the Institute of Cytology and Genetics of the SB of the RAS, Novosibirsk region, Krasnoobsk, Russia, e-mail: elenakolomeec@mail.ru

³Ural Federal Agrarian Research Center of the UB of the RAS, Ekaterinburg, Russia, e-mail: elena-filippova-kniich@mail.ru

⁴Chelyabinsk Scientific Research Institute of Agriculture, Chelyabinsk region, pos. Timiryazevsky, Russia, e-mail: shreyder11@mail.ru

Abstract. The evaluation results of the indicators of grain quality and yield of 44 varieties and lines of spring bred wheat developed in 14 scientific and breeding institutions of Russia and Kazakhstan (Kazakhstan-Siberian nursery of spring bread wheat - KASIB-22) are presented. Test points in the regions of Western Siberia and the Urals: Omsk (Omsk SAU), Novosibirsk (Siberian research institute of plant production and breeding), Kurgan





(Ural ARC), Chelyabinsk (Chelyabinsk ARI). The study noted the greatest range of variation in the characteristics of protein and gluten content in grain (14.2–17.9 % and 28.0–37.0 %), falling number (295–393 sec), and yield (2.19–4.09 t/ha). The studied modern varieties of spring bread wheat KASIB-22 had high rates of protein, gluten (14.2–17.9 %, and 28.0–37.9 %, respectively), gluten index (91.8–95.4 %), sedimentation (48.9–55.8 ml), and falling number (295–393 sec), which indicates a low amylolytic activity of enzymes, high nutritional value, and good baking properties of grain. The breeding value for improving the grain quality traits of the KASIB-22 nursery samples was revealed: Line 435/12 (North-Kazakhstan Agricultural Experimental Station), Lutescens 1364, Lutescens 1356 (Siberian research institute of plant production and breeding), Agronomicheskaya 5 (Omsk SAU), Lutescens 82/09-7, Lutescens 71/10-4 (Omsk ARC), Chelyabinka (Chelyabinsk ARI), Lutescens 1462, Lutescens 1486, Line 1616ae14 (Samara ARI).

Keywords: spring bread wheat; KASIB nursery; grain quality; ecological points.

For citation: Pototskaya I. V., Ageeva E. V., Filippova E. A., Schreider E. R., Shamanin V. P. Grain quality evaluation of modern spring bread wheat varieties from KASIB-22 nursery in the Urals and Western Siberia. *Agrarnyy nauchnyy zhurnal* = The Agrarian Scientific Journal. 2023;(11):107–113. (In Russ.). [http: 10.28983/asj.y2023i11pp107-113](http://10.28983/asj.y2023i11pp107-113).

Введение. В последние десятилетия наблюдается устойчивый тренд снижения качества зерна мягкой пшеницы. Причины этого заключаются, во-первых, в целенаправленной селекции и многовековом отборе сельскохозяйственных растений на повышение продуктивности, сопровождаемое ухудшением питательной и биологической ценности зерна [10, 16]. Отмечается резкое уменьшение объема производимого зерна 1–3-го классов в связи с изменениями климата, низкими посевными качествами семян, сокращением применения минеральных удобрений и, как следствие, использованием на хлебопекарные цели зерна 4-го класса [12, 13].

Производству необходимы сорта пшеницы с улучшенными технологическими, питательными свойствами и высоким уровнем урожайности. При этом селекционеры сталкиваются с трудностями в преодолении отрицательной взаимосвязи между урожайностью и качеством зерна [5,15]. Активно формируется рынок органических и функциональных продуктов питания и увеличивается экспорт Российской Федерацией зерна пшеницы [8, 11]. В этой связи необходимы исследования по улучшению технологических и пищевых свойств зерна пшеницы, поиску новых генетических источников для создания сортов пшеницы с заданными признаками качества, в том числе с учетом их целевого использования. Большое значение отводится разработке элементов агротехнологий для непосредственного улучшения качества партий товарного зерна, предназначенных на хлебопекарные цели для внутреннего и внешнего рынков зерна пшеницы.

Международная программа КАСИБ, используя сеть широкого экологического сортоиспытания в России и Казахстане, способствует созданию современных сортов пшеницы с высокой урожайностью, хорошими питательными и хлебопекарными свойствами зерна [1, 3]. Внедрение такого рода сортов в производство актуально для зернопроизводящих и хлебопекарных предприятий в Западно-Сибирском и Уральском регионах РФ и может внести определенный вклад в повышение качества зерна пшеницы, используемой на хлебопекарные цели.

Цель работы – анализ качества зерна современных сортов пшеницы, выращенных в разных экологических пунктах Западной Сибири и Урала.

Методика исследований. Анализировали показатели качества зерна и урожайность 44 сортов и линий яровой мягкой пшеницы, созданных в 14 научных и селекционных учреждениях России и Казахстана (Казахстанско-Сибирский питомник яровой мягкой пшеницы – КАСИБ-22). Пункты испытания в Западной Сибири и на Урале: Омск (Омский ГАУ), Новосибирск (СибНИИРС), Курган (Уральский АНИЦ), Челябинск (Челябинский НИИСХ).

Площадь делянки – 3 м², норма высева – 500 всхожих семян на 1 м². Предшественник – чистый пар. Повторность трехкратная, расположение делянок систематическое. Посев осуществляли в оптимальные для зоны сроки сеялкой ССФК-7. Оценки, учеты и наблюдения проводили в соответствии с методикой Государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур [14] и с учетом принятой программы КАСИБ. В качестве стандартов использовали региональные стандарты трех групп спелости: Памяти Азиева – среднеранний, Астана 2 – среднеспелый, Омская 35 – среднепоздний.

Статистическую обработку полученных данных проводили методом дисперсионного анализа по методике Б.А. Доспехова [2]. Анализ содержания белка, клейковины и зольности

зерна выполняли методом ИК-спектроскопии в соответствии с ГОСТ ISO 12099-2017. Для оценки качества муки применяли стандартные методы (ГОСТ ISO 21415-2-2019; ГОСТ 34702-2020): число падения (ЧП); индекс глютена (ИГ); показатель седиментации. В пункте Новосибирск климатические особенности и погодные факторы в 2021–2022 гг. обусловили более благоприятные гидротермические условия: средняя температура в период вегетации яровой пшеницы составила 16,5 и 16,7 °С, сумма осадков – 242 и 185 мм. В Кургане и Омске в 2021–2022 гг. наблюдалась сильная засуха в мае (ГТК = 0,40–0,45). В Кургане, Челябинске и Омске в течение всего вегетационного периода 2021 г. отмечали недобор осадков и более благоприятные по влагообеспеченности условия для роста и развития растений пшеницы в 2022 г. – 134 и 177 мм (г. Курган); 107 и 192 мм (г. Челябинск); 157 и 249 мм (г. Омск).

Результаты исследований. Основные показатели технологических свойств зерна и урожайности сортообразцов питомника КАСИБ-22 приведены в табл. 1.

Таблица 1

Анализ показателей качества и урожайности зерна всех сортообразцов, изученных в российских пунктах сети КАСИБ

Признак	Омск (Омский ГАУ)		Новосибирск (СибНИИРС)		Курган (Урал. АНИЦ)		Челябинск (Челяб. НИИСХ)		НСР ₀₅
	2021	2022	2021	2022	2021	2022	2021	2022	
Белок, %	18,0±2,71	15,1±2,28	15,5±2,33	15,8±2,39	19,2±2,89	16,7±2,51	15,2±2,29	13,3±2,00	2,21
Среднее / min–max	16,5 15,4–18,3		15,7 14,4–18,1		17,9 15,8–19,3		14,2 12,7–17,0		
Клейковина, %	34,4±5,17	38,6±5,82	29,3±4,42	34,3±5,17	39,0±5,88	36,7±5,53	31,8±4,79	26,0±3,92	6,92
Среднее / min–max	36,4 32,5–45,3		31,8 27,6–39,0		37,9 33,3–41,5		28,9 24,8–34,4		
Зольность зерна, %	–	1,43±0,22	–	1,40±0,21	–	1,46±0,22	–	1,32±0,19	0,03
Число падения, с	266±40,1	325±48,9	378±56,9	402±60,6	367±55,4	419±63,1	366±55,2	395±59,6	98,9
Среднее / min–max	295 191–439		390 261–496		393 264–535		381 283–484		
Индекс глютена, %	96,8±14,6	92,9±14,0	96,9±14,6	93,9±14,2	93,9±14,2	95,3±14,4	90,3±13,6	93,4±14,1	13,3
Среднее / min–max	94,8 52,9–99,7		95,4 57,7–99,6		95,1 74,2–99,4		91,8 43,8–99,0		
Седимен- тация, мл	67,4±10,2	42,4±6,39	66,4±10,0	44,9±6,76	57,0±8,59	54,7±8,24	49,1±7,41	48,7±7,34	9,10
Среднее / min–max	54,9 26,0–64,5		55,6 31,5–65,0		55,8 29,0–66,5		48,9 25,5–65,5		
Урожай- ность, т/га	2,43±0,37	3,21±0,48	4,67±0,70	2,99±0,45	1,18±0,18	3,20±0,48	3,77±0,57	4,41±0,67	0,18
Среднее / min–max	2,82 2,00–3,34		3,83 2,77–5,12		2,19 1,76–2,71		4,09 3,19–5,03		

При изучении одинакового набора сортов и линий яровой пшеницы в разных эколого-географических пунктах был выявлен наибольший размах варьирования признаков содержания белка и клейковины в зерне (14,2–17,9 и 28,9–37,9 %), ЧП (295–393 с) и урожайности (2,19–4,09 т/га). Это обусловлено влиянием почвенно-климатических условий разных экологических пунктов в Западно-Сибирском и Уральском регионах. Так, средние показатели изученных признаков за два года в пункте Курган выше по сравнению с остальными пунктами: содержание

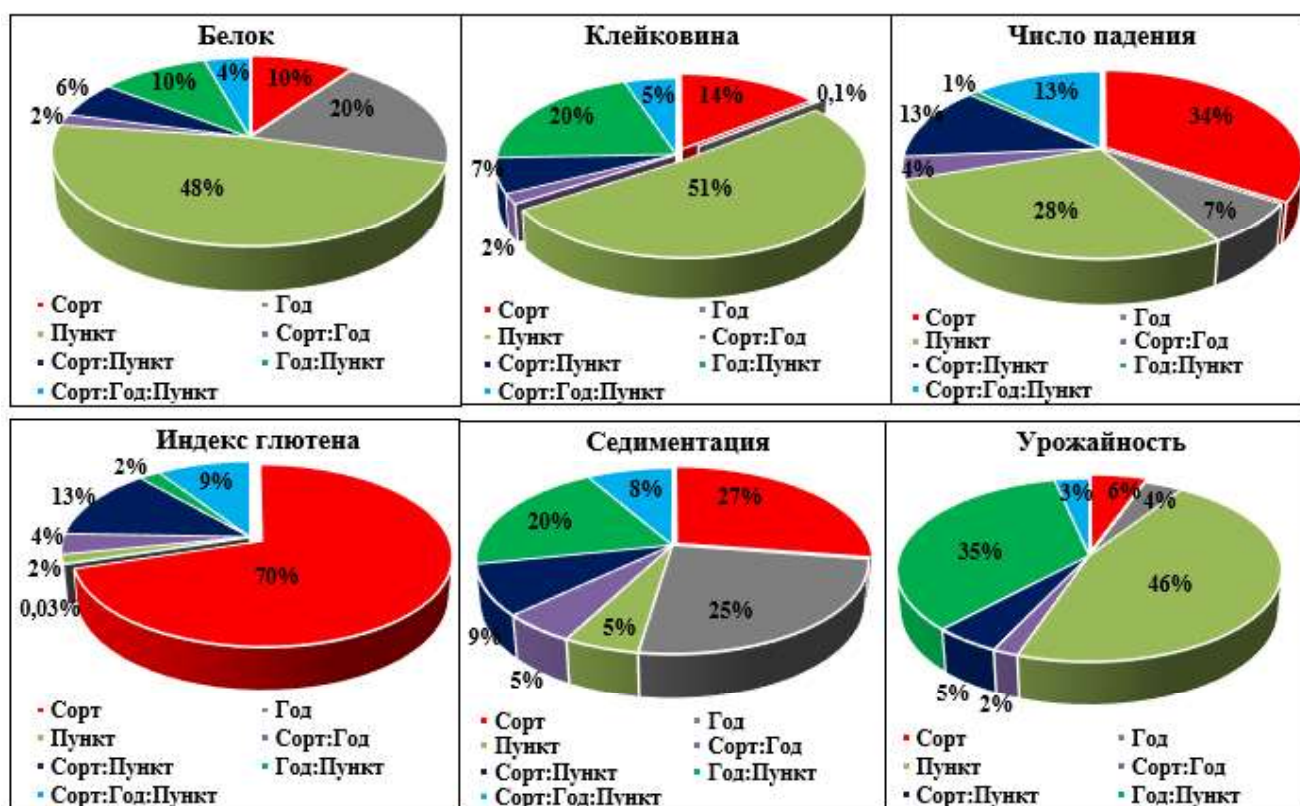




белка в зерне – 17,9 %; клейковины – 37,9 %; зольность зерна – 1,46 %; ЧП – 393 с; ИГ – 95,1 %; седиментация – 55,8 мл. Однако урожайность сортообразцов в данном пункте сортоиспытания сети КАСИБ самая низкая (2,19 т/га) в отличие от пункта Челябинск, расположенного в этом же регионе (4,09 т/га). При этом показатели качества зерна в пункте Челябинск значительно ниже: белок – 14,2 %; клейковина – 28,9 %, зольность зерна – 1,32 %; ИГ – 91,8 %; седиментация – 48,9 мл. В пунктах Омск и Новосибирск технологические показатели качества зерна существенно не отличались, за исключением достоверно более низких ЧП (295 с) и урожайности (2,82 т/га) в пункте Омск.

В целом изученные сортообразцы КАСИБ-22 имели высокие показатели белка и клейковины – 14,2–17,9 и 28,9–37,9 % соответственно; ЧП – 295–393 с; ИГ – 91,8–95,4 % и седиментации – 48,9–55,8 мл. Условия года оказывали существенное влияние на содержание белка в зерне и показатель седиментации. В условиях более благоприятного по влагообеспеченности 2022 г. эти признаки были ниже (13,3–16,7 % и 42,4–54,7 мл соответственно), чем в 2021 г. во всех пунктах сортоиспытания.

Результаты 3-факторного дисперсионного анализа, позволяющие оценить вклад трех факторов (сорт, пункт и год) и их взаимодействия в изменчивость изученных признаков, представлены на рисунке.



Доля вклада влияния факторов, %, в изменчивость показателей качества зерна и урожайности, 2021–2022 гг.

Влияние фактора «сорт» было наиболее существенным в фенотипическую изменчивость показателей седиментации (27 %), ЧП (34 %) и ИГ (70 %). Данные признаки могут быть использованы в селекции на качество зерна для повышения эффективности отбора селекционного материала. Для урожайности, содержания белка и клейковины в зерне этот показатель, напротив, не превышал 6–14 %, тогда как влияние фактора «пункт» по данным признакам было в 4–8 раз выше (46–51 %).

Условия года оказывали наибольшее влияние на накопление белка в зерне (20 %) и показатель седиментации (25 %). Взаимодействие факторов «год × пункт» было выше по содержанию клейковины в зерне, седиментации и урожайности (20–35 %), а взаимодействие факторов «сорт × год», «сорт × пункт» и «сорт × год × пункт» по всем признакам – 2–5, 5–13 и 3–13 % соответственно.

Показатель седиментации и индекс глютена характеризуют состояние клейковинного комплекса зерна, число падения – активность амилолитических ферментов в продуктах



переработки зерна. Повышенное ЧП тесно связано с хорошими реологическими свойствами теста, формоустойчивостью, объемом и структурно-механическими, органолептическими свойствами хлеба, поэтому используется на мукомольных и хлебопекарных предприятиях в качестве прогностического показателя хороших хлебопекарных свойств зерна [7, 9, 12].

По изученным показателям качества выделены лучшие сорта и линии питомника КАСИБ-22, относящиеся к сортам сильной пшеницы (табл. 2). Сорта селекции Самарского НИИСХ Лютесценс 1462, Лютесценс 1486, Линия 1616ae14, достоверно превысившие по урожайности региональные стандарты во всех пунктах изучения питомника КАСИБ-22 (3,70–3,86 т/га), имели высокие показатели качества зерна, за исключением зольности, косвенно характеризующей накопление макро- и микроэлементов в зерне (1,18–1,39 %). Эти сорта являются успешным примером сочетания в одном генотипе высокой урожайности и признаков качества, как правило, имеющих отрицательную корреляцию с урожайностью в селекции на улучшение качества зерна [4, 6].

Таблица 2

Характеристика сортов пшеницы с высокими показателями качества зерна и урожайности, в среднем по четырем пунктам сети КАСИБ, 2021–2022 гг. (X_{cp} /ранг)

Сорт, линия	Белок, %	Клейковина, %	Зольность*, %	Число падения, с	Индекс глютена, %	Седиментация, мл	Урожайность, т/га
Памяти Азиева, St	16,5 / 12	34,6 / 12	1,48 / 10	395 / 9	93 / 36	56 / 21	3,06 / 32
Астана 2, St	16,0 / 23	33,9 / 18	1,49 / 8	412 / 3	96 / 22	59 / 10	3,15 / 27
Омская 35, St	15,9 / 21	33,7 / 21	1,44 / 13	358 / 26	97 / 20	58 / 8	3,36 / 13
Линия 435/12	17,1 / 2	36,9 / 3	1,34 / 35	382 / 19	99 / 3	60 / 4	3,21 / 22
Лютесценс 1364	18,1 / 1	39,7 / 1	1,52 / 3	371 / 24	99 / 2	61 / 3	2,84 / 41
Лютесценс 1356	16,9 / 4	36,8 / 5	1,43 / 16	350 / 30	98 / 14	64 / 1	3,30 / 18
Агрономическая 5	16,9 / 5	36,4 / 6	1,34 / 41	266 / 43	48 / 44	28 / 44	3,17 / 25
Лютесценс 1462	16,8 / 6	33,1 / 2	1,18 / 43	270 / 42	94 / 33	53 / 29	3,86 / 1
Лютесценс 82/09-7	16,8 / 7	35,2 / 7	1,49 / 9	354 / 28	98 / 7	57 / 16	3,27 / 20
Челябинка	16,7 / 8	34,5 / 14	1,50 / 7	308 / 41	97 / 13	56 / 13	3,39 / 12
Лютесценс 71/10-4	16,6 / 10	35,1 / 8	1,42 / 19	375 / 21	99 / 1	55 / 20	3,13 / 29
Лютесценс 1486	16,0 / 24	33,0 / 27	1,39 / 29	375 / 22	95 / 31	54 / 26	3,74 / 2
Линия 1616ae14	14,9 / 44	31,1 / 42	1,34 / 34	318 / 38	92 / 38	46 / 41	3,70 / 3
НСР ₀₅	2,21	6,92	0,03	98,9	13,3	9,10	0,18

* данные представлены за 2022 г.

Представленные сорта и линии 435/12 (Северо-Казахстанская СХОС), Лютесценс 1364, Лютесценс 1356 (СибНИИРС), Агрономическая 5 (Омский ГАУ), Лютесценс 82/09-7, Лютесценс 71/10-4 (Омский АНЦ), Челябинка (Челябинский НИИСХ) характеризовались высоким содержанием белка и клейковины, зольности зерна (> 16 , > 35 и $> 1,34$ % соответственно); имели индекс глютена > 97 % и седиментацию > 55 % (за исключением Агрономической 5), а также повышенные показатели числа падения (266–382 с). Урожайность этих сортообразцов находилась на уровне стандартов Астана 2 и Омская 35 – 2,84–3,39 т/га.

Большой диапазон показателей качества сортообразцов селекционных учреждений России и Казахстана, а также изучение в разных экологических пунктах позволяют выделить сорта с широкой нормой реакции и высокой адаптивностью, слабо реагирующих на изменение условий среды и формирующих высокую урожайность и отличное качество зерна независимо от пункта сети КАСИБ. Сортообразцы, сочетающие высокую урожайность с хорошими технологическими свойствами зерна, рекомендуется использовать в качестве исходного материала для улучшения признаков качества в селекции. В сортоиспытании сети КАСИБ проходят оценку лучшие сорта селекционных учреждений, предназначенные для передачи на ГСИ. Их внедрение в производство



позволит повысить качество товарного зерна пшеницы для хлебопекарных целей в Западно-Сибирском и Уральском регионах России.

Заключение. При изучении одинакового набора сортов и линий яровой пшеницы в разных эколого-географических пунктах отмечен наибольший размах варьирования белка и клейковины в зерне. Это обусловлено влиянием почвенно-климатических условий разных экологических пунктов в Западно-Сибирском и Уральском регионах.

В пункте Курган изученные показатели качества зерна были наибольшими при самой низкой урожайности (2,19 т/га) в сравнении с пунктами Омск, Новосибирск и Челябинск. Исследуемые современные сорта яровой мягкой пшеницы КАСИБ-22 имели высокие показатели белка, клейковины (14,2–17,9 и 28,0–37,9 % соответственно), ИГ (91,8–95,4 %), седиментации (48,9–55,8 мл) и числа падения (295–393 с), что свидетельствует о низкой амилолитической активности ферментов, высокой питательной ценности и хороших хлебопекарных свойствах зерна.

Для таких признаков, как состояние клейковинного комплекса зерна (показатели седиментации и ИГ) и углеводно-амилазного комплекса (ЧП) отмечен относительно высокий вклад генотипа (27–70 %) в общую фенотипическую изменчивость, что повышает эффективность отбора по этим признакам в селекционной практике. Почвенно-климатические условия и используемые агротехнические приемы оказывали большое влияние на изменчивость содержания белка и клейковины в зерне, число падения и урожайность (фактор «пункт» – 28–51 %). Погодные условия также в сильной степени влияли на накопление белка и показатель седиментации (фактор «год» – 20–25 %).

Выделены сортообразцы питомника КАСИБ-22, обладающие селекционной ценностью по изученным признакам качества зерна: Линия 435/12 (Северо-Казахстанская СХОС), Лютесценс 1364, Лютесценс 1356 (СибНИИРС), Агрономическая 5 (Омский ГАУ), Лютесценс 82/09-7, Лютесценс 71/10-4 (Омский АНЦ), Челябинка (Челябинский НИИСХ), Лютесценс 1462, Лютесценс 1486, Линия 1616ae14 (Самарский НИИСХ).

Благодарности. Определение качества зерна в Омском ГАУ проведено при финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования Российской Федерации (грант № 075-15-2021-534 от 28.05.2021); полевые исследования и анализ структуры урожая сортов пшеницы питомника ОН-КАСИБ – при поддержке Российского научного фонда (соглашение № 22-16-20008 от 23.03.2022 г.).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Генотипическая и экологическая изменчивость содержания цинка в зерне сортов яровой мягкой пшеницы международного питомника КАСИБ / В. П. Шаманин [и др.] // Вавиловский журнал генетики и селекции. 2021. Т. 25(5). С. 543–551. DOI: 10.18699/VJ20.60.
2. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). 5-е изд., перераб. и доп. М.: Колос, 1985. 351 с.
3. Идентификация локусов, контролирующих качество зерна, сортов мягкой пшеницы питомника КАСИБ / И. В. Потоцкая [и др.] // Вестник Омского ГАУ. 2021. № 4(4). С. 45–52. DOI: 10.48136/2222-0364_2021_4_45.
4. Крупнов В. А., Крупнова О. В. Генетическая архитектура содержания белка в зерне пшеницы // Генетика. 2012. № 48 (2). С. 149–159.
5. Леонова И. Н. Молекулярные маркеры: использование в селекции зерновых культур для идентификации, интрогрессии и пирамидирования генов // Вавиловский журнал генетики и селекции. 2013. № 17(2). С. 314–325.
6. Митрофанова О. П., Хакимова А. Г. Новые генетические ресурсы в селекции пшеницы на увеличение содержания белка в зерне // Вавиловский журнал генетики и селекции. 2016. № 20(4). С. 545–554. DOI: 10.18699/VJ16.177.
7. Нелюбина Е. В., Сычева Д. М., Кравченко Я. А. Характеристика хлебопекарных свойств зерна белорусской пшеницы разных сортов // Вестник МГУП. 2017. № 1(22). С. 59–65.
8. Оценка сортов яровой мягкой пшеницы на устойчивость формирования сильного и ценного по качеству зерна в условиях юга Западной Сибири / И. В. Пахотина [и др.] // Успехи современного естествознания. 2018. № 9. С. 29–36.
9. Оценка хлебопекарного качества зерна новых сортов мягкой пшеницы (*Triticum aestivum* L.) / Б. Ю. Хусенов [и др.] // Известия академии наук республики Таджикистан. Отделение биологических и медицинских наук. 2010. № 4. С. 54–64.



10. Перспективные возможности использования молекулярно-генетических подходов для управления технологическими свойствами зерна пшеницы в контексте цепочки «зерно – мука – хлеб» / Е. К. Хлесткина [и др.] // Вавиловский журнал генетики и селекции. 2016. № 20(4). С. 511–527. DOI: 10.18699/VJ15.140.

11. Реализация генетического потенциала сортов мягкой пшеницы под влиянием условий внешней среды: современные возможности улучшения качества зерна и хлебопекарной продукции (Обзор) / Е. К. Хлесткина [и др.] // Сельскохозяйственная биология. 2017. № 52(3). С. 501–514. DOI: 10.15389/agrobiology.2017.3.501rus.

12. Современная оценка хлебопекарных свойств российской пшеницы / Е. П. Мелешкина [и др.] // Вестник ВГУИТ. 2021. Т. 83. № 1. С. 155–162. DOI: 10.20914/2310-1202-2021-1-155-162.

13. Сравнение российской оценки хлебопекарных свойств пшеницы и определение качества зерна с использованием миксолаба / Е. П. Мелешкина [и др.] // Вестник ВГУИТ. 2019. Т. 81. С. 70–80. DOI: 10.20914/2310-1202-2019-3-70-80.

14. Федин М. А. Методика государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур. М.: Колос, 1985. 267 с.

15. Present and future prospects for wheat improvement through genome editing and advanced technologies / S. Li et al. *Plant Comm.* 2021;2(4):100211. DOI: 10.1016/j.xplc.2021.100211.

16. Rasheed A., Xia X. From markers to genome-based breeding in wheat. *Theor. Appl. Genet.* 2019;132:767–784. DOI: 10.1007/s00122-019-03286-4.

REFERENCES

1. Genotypic and environmental variability of zinc content in the grain of spring soft wheat varieties of the international nursery KASIB / V. P. Shamanin et al. *Vavilov Journal of Genetics and Breeding.* 2021;25(5):543–551. DOI: 10.18699/VJ20.60. (In Russ.).

2. Dospheov B. A. Methodology of field experience: (with the basics of statistical processing of research results). 5th ed., revised. and additional. M.: Kolos; 1985. 351 p. (In Russ.).

3. Identification of loci that control grain quality of bread wheat varieties from the KASIB nursery / I. V. Pototskaya et al. *Bulletin of Omsk State Agrarian University.* 2021;4(4):45–52. DOI: 10.48136/2222-0364_2021_4_45. (In Russ.).

4. Krupnov V. A., Krupnova O. V. Genetic architecture of protein content in wheat grain. *Genetics.* 2012;48(2):149–159. (In Russ.).

5. Leonova I. N. Molecular markers: use in the breeding of grain crops for identification, introgression and pyramiding of genes. *Vavilov Journal of Genetics and Breeding.* 2013;17(2):314–325. (In Russ.).

6. Mitrofanova O. P., Khakimova A. G. New genetic resources in wheat breeding to increase the protein content in grain. *Vavilov Journal of Genetics and Breeding.* 2016;20(4):545–554. DOI: 10.18699/VJ16.177. (In Russ.).

7. Nelyubina E. V., Sycheva D. M., Kravchenko Y. A. Characteristics of the baking properties of grain of Belarusian wheat of different varieties. *Bulletin of MGUP.* 2017;1(22):59–65. (In Russ.).

8. Assessment of spring soft wheat varieties for the stability of the formation of strong and valuable grain quality in the conditions of the south of Western Siberia / I. V. Pakhotina et al. *Advances in modern natural science.* 2018;9:29–36. (In Russ.).

9. Assessment of the baking quality of grain of new varieties of soft wheat (*Triticum aestivum* L.) / B. Yu. Khusenov et al. *News of the Academy of Sciences of the Republic of Tajikistan. Department of Biological and Medical Sciences.* 2010;4:54–64. (In Russ.).

10. Promising possibilities of using molecular genetic approaches to control the technological properties of wheat grain in the context of the grain-flour-bread chain / E. K. Khlestkina et al. *Vavilov Journal of Genetics and Breeding.* 2016;20(4):511–527. DOI: 10.18699/VJ15.140. (In Russ.).

11. Realization of the genetic potential of soft wheat varieties under the influence of environmental conditions: modern opportunities for improving the quality of grain and bakery products (Review) / E. K. Khlestkina et al. *Agricultural biology.* 2017;52(3):501–514. DOI: 10.15389/agrobiology.2017.3.501rus. (In Russ.).

12. Modern assessment of the baking properties of Russian wheat / E. P. Meleshkina et al. *Vestnik VGUIT.* 2021;83(1):155–162. DOI: 10.20914/2310-1202-2021-1-155-162.

13. Comparison of Russian assessment of baking properties of wheat and determination of grain quality using mixolab / E. P. Meleshkina et al. *Vestnik VGUIT.* 2019;81:70–80. DOI: 10.20914/2310-1202-2019-3-70-80. (In Russ.).

14. Fedin M. A. Methodology for state testing of agricultural crops: general part. M.: Kolos, 1985. 267 p. (In Russ.).

15. Present and future prospects for wheat improvement through genome editing and advanced technologies / S. Li et al. *Plant Comm.* 2021;2(4):100211. DOI: 10.1016/j.xplc.2021.100211.

16. Rasheed A., Xia X. From markers to genome-based breeding in wheat. *Theor. Appl. Genet.* 2019;132:767–784. DOI: 10.1007/s00122-019-03286-4.

Статья поступила в редакцию 26.02.2023; одобрена после рецензирования 10.03.2023; принята к публикации 17.03.2023.
The article was 26.02.2023; approved after reviewing рецензирования 10.03.2023; accepted for publication 17.03.2023.