

*Б.М. Баибаева**, А.А. Рсымбетов, Б.А. Айнебекова, А.А. Сураубаева,
Б. Кеңес, Т.Д. Мереева, А.С. Масимгазиева

ТОО «Казахский научно-исследовательский институт земледелия и растениеводства», п. Алмалыбак, Республика Казахстан, bahytgul_1965@mail.ru,
ashat_rsymbetov@mail.ru, bakyt.alpisbay@gmail.com, Suraubayeva02@bk.ru,
kenges.bubina@mail.ru, tolkin_ali@mail.ru, miss.masimgazieva@mail.ru

ОЦЕНКА ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ КАЧЕСТВА ЗЕРНА СЕЛЕКЦИОННЫХ ЛИНИЙ ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЫ

Аннотация

В статье представлены результаты оценки урожайных и технологических характеристик селекционных линий озимой мягкой пшеницы, выведенных на базе ТОО «Казахский научно-исследовательский институт земледелия и растениеводства» (КазНИИЗиР). Проведённое исследование селекционных линий озимой мягкой пшеницы выявило значительное разнообразие по урожайным и технологическим показателям, что свидетельствует о наличии ценных источников для создания высокопродуктивных и качественных сортов. Установлены широкие пределы варьирования таких признаков, как высота растений (85,25–135,05 см), длина колоса (7,6–13,4 см), масса 1000 зерен (30,17–45,68 г), число зерен с колоса (32,0–53,7 шт) и урожайность (22,4–29,0 ц/га). Семь линий достоверно превзошли стандарт по урожайности, а линия 20061-12 показала наивысший результат (29,0 ц/га), сочетая крупное зерно и высокую продуктивность.

По технологическим характеристикам большинство образцов соответствуют требованиям для продовольственного зерна. Отмечены высокое содержание сырой клейковины (у 80 % образцов - первый класс), ферментативная стабильность (100 % - первый класс по числу падения), хорошая стекловидность, валориметрическая оценка и приемлемые хлебопекарные качества. Объём хлеба варьировал от 460 до 840 мл, а органолептическая оценка - от 1,90 до 3,40 балла. Линии 20009-6, 18952-1 и 20841-2 выделились лучшими по показателям выпечки.

Наиболее перспективными являются линии 20061-12, 20009-6, 20232-14, 19051-11, 19405-1 и 18952-1, обладающие комплексом хозяйственно-ценных признаков. Эти линии рекомендованы для включения в последующие этапы селекционного процесса, направленного на выведение новых сортов сильной и ценной пшеницы и адаптированных к засушливым условиям Казахстана, с высоким урожайным потенциалом и улучшенными хлебопекарными свойствами.

Ключевые слова: озимая мягкая пшеница, селекционные линии, урожайность, качество зерна, технологические свойства

Введение

Озимая пшеница (*Triticum aestivum* L.) была и остается стратегическим достоянием и основой продовольственной безопасности не только Казахстана, но и всего центрально-азиатского региона, учитывая ее роль в обеспечении стабильности мировых зерновых рынков. Несмотря на глобальный тренд на диверсификацию севооборотов, пшеница по-прежнему сохраняет за собой статус доминирующей культуры во всех зерносеющих регионах республики: в 2023 году под ее посевами было занято 12,6 млн га, из которых порядка 800 тыс. га пришлось на озимую форму [1].

Однако текущая модель зернопроизводства сталкивается с беспрецедентными вызовами. Согласно прогнозам Программы развития Организации Объединённых Наций, в условиях нарастающего изменения климата Казахстан рискует столкнуться с сокращением

урожайности зерновых на 13–37% уже в следующем десятилетии [2]. Ключевыми лимитирующими факторами становятся учащающиеся экстремальные засухи, суховеи и аридизация климата, усугубляемые деградацией почв и часто низким уровнем агротехнологий. Эта угроза напрямую ставит под вопрос не только экспортный потенциал страны, но и внутреннюю продовольственную стабильность.

В этой связи приоритетной задачей национальной аграрной науки становится не просто увеличение валовых сборов, а создание нового поколения сортов-интродукторов, сочетающих в себе уникальный адаптивный потенциал и премиальное качество зерна. Современная селекция должна работать на опережение, создавая генотипы, толерантные к множественным абиотическим стрессам (засуха, зимние морозы, засоление и др.) и одновременно отвечающие жестким требованиям перерабатывающей промышленности.

Это обуславливает необходимость комплексных научных подходов, направленных на адаптацию агропроизводства, прежде всего — через совершенствование селекционной работы. В условиях интенсификации агропромышленного комплекса и растущего воздействия абиотических и биотических стресс-факторов особую значимость приобретает создание новых сортов озимой пшеницы, отличающихся пластичностью, засухоустойчивостью, морозостойкостью, а также высокими технологическими и хлебопекарными качествами зерна [3-5].

Парадокс современного рынка заключается в том, что требования мукомольной и хлебопекарной отраслей к качеству зерна ужесточаются. Конкурентоспособность на экспортных рынках определяют такие показатели, как натура зерна (не менее 780 г/л), массовая доля белка ($> 14\%$) и клейковины ($> 28\%$), их качество, а также стекловидность [6–8]. Таким образом, возникает острая необходимость в комплексной селекции, нацеленной на синергию признаков – устойчивости и качества.

В ответ на эти вызовы, исследования, проводимые в КазНИИЗиР, сфокусированы на скорейшем выделении и внедрении в селекционный процесс наиболее перспективных линий. Уже получены обнадеживающие результаты: выделены линии с уникальным для зоны рискованного земледелия сочетанием признаков – натурой до 783 г/л, содержанием сырой клейковины до 41% и белка на уровне 15,8% при сохранении высокой продуктивности [9–11].

Целью нашего исследования являлась оценка перспективных селекционных линий озимой пшеницы казахстанской селекции для выявления генотипов-доноров, сочетающих высокую адаптивность к стрессовым факторам среды и комплекс технологически ценных признаков качества зерна.

Полученные данные позволят существенно ускорить селекционный процесс и создать конкурентоспособные сорта, что является ключевым элементом стратегии адаптации Казахстанского АПК к климатическим изменениям и укрепления позиций страны на мировом аграрном рынке.

Методы и материалы

Материалом для исследований послужили 19 селекционных линий озимой мягкой пшеницы из рабочей коллекции КазНИИЗиР. В качестве контрольного сорта (стандарта) использован районированный сорт Стекловидность 24. Выбор обусловлен его широким распространением в зерносеющих регионах Казахстана, высокой адаптивностью к местным почвенно-климатическим условиям и эталонными качественными характеристиками зерна. Полевые опыты заложены в 2024 году на опытных делянках лаборатории селекции озимых культур, расположенных в предгорной зоне Алматинской области. Почва опытного участка – светло-каштановая, суглинистая, содержание гумуса в пахотном слое составляет 1,5-2,0%. Основным лимитирующим фактором продуктивности озимой пшеницы в условиях данной зоны является дефицит атмосферных осадков в сочетании с высокими температурами в критические периоды вегетации растений.

Проведение агротехнологических мероприятий осуществлены по общепринятым методикам и рекомендациям для зоны проведения исследований. Закладка опытов и уборку урожая проводили согласно методике полевого опыта Доспехова Б.А. [12]. Наблюдения и

учеты проводились по Методике государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур [13]. Учет урожая пшеницы проводился поделочно. Определение структуры урожая и биометрических показателей растений пшеницы проводился по методике Государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур. Метод определения массы 1000 зерен или 1000 семян по ГОСТу 12042-80.

Оценка качественных показателей проведена в лаборатории биохимии и оценки качества зерна ТОО «КазНИИЗиР» по общепринятым методикам. Для проведения оценки хлебопекарных свойств зерна яровой мягкой пшеницы использован комплекс технологических и биохимических показателей, регламентированных государственными и международными стандартами.

Количественное и качественное определение сырой клейковины проводилось в соответствии с СТ РК 1054-2002 «Зерно». Число падения определяли по ГОСТ 30498-97 «Зерновые культуры», а натурную массу зерна - по методике ГОСТ 10840-64. Стекловидность зерна оценивали в соответствии с ГОСТ 10987-76, индекс клейковины - методом ИСО 5531-78 с использованием прибора *Gluten Index* (в муке). Седиментационная способность клейковины определялась по методике Зелени, согласно стандарту ИСО 5529:1992. Содержание общего протеина и его фракционного состава определялось методом ближней инфракрасной спектроскопии (НИС) с применением калибровочных моделей, основанных на классическом методе Кьельдаля, с использованием приборов FOSS 1241 и FOSS 2500.

Выход муки оценивали с применением макрварианта анализа по методу Буллера. Физико-технологические характеристики теста, включая водопоглощение и реологические параметры, определялись с использованием прибора Фаринограф по ГОСТ Р 51404-99 (ИСО 5530-1:1997).

Комплексная оценка хлебопекарных свойств зерна завершалась проведением пробной лабораторной выпечки по ГОСТ 27669-88. Качество хлеба оценивалось по следующим критериям: объемный выход, форма, структура и цвет корки, пористость и окраска мякиша. Итоговая хлебопекарная оценка проводилась по 5-балльной шкале.

Метеорологические данные за вегетационный период озимой пшеницы с апреля по июль месяцы показали значительные отклонения от климатической нормы: наблюдался постепенный рост среднемесячных температур от 10,2°C в апреле до 25,1°C в июле, наибольший прогрев отмечался в июле. Апрель и май характеризовались дефицитом влаги (45 мм и 50 мм соответственно), что на 20% и 15% ниже нормы. В июне выпало 75 мм осадков (на 25% выше нормы). Июль снова показал недостаток влаги (30 мм), на 10% ниже нормы. Начало вегетации (апрель-май) сопровождалось недостатком осадков. Июньский пик увлажнения сменился июльской засухой. Температурный режим прогрессировал без резких колебаний.

Погодные условия свидетельствуют о нестабильном увлажнении при относительно стабильном температурном фоне, что могло существенно влиять на рост и развитие озимой пшеницы и требовало, от озимой пшеницы, повышенной адаптивности. Дефицит влаги весной и высокие летние температуры могли снизить урожайность, тогда как июньские дожди частично компенсировали стресс.

Результаты и обсуждение

Изучение морфологических и урожайных характеристик позволило выявить значительную вариабельность у исследуемых селекционных линий озимой мягкой пшеницы по следующим основным признакам: высоте растений, длине главного колоса, числу зерен с главного колоса, массе 1000 зерен и урожайности (таблица 1).

Высота растений варьировала от 85,25 см (линия 20156-4) до 135,05 см (19051-11), при среднем значении 100 см. Стандарт, Стекловидная 24, показал высоту 97,65 см, что близко к среднему уровню. Максимальная высота наблюдалась у линии 19051-11 (135,05 см), существенно превосходя другие образцы, что вероятно, свидетельствует о высокой вегетативной массе и потенциальной склонности к полеганию. Селекционные линии демонстрировали хорошие показатели урожайности, в частности, линия 20156-4 при высоте 85,25 см обеспечила урожайность 26,5 ц/га.

Таблица 1 – Урожайные показатели селекционных линий озимой пшеницы (КСИ, богара, урожай 2024 г.)

Линии	Высота растения, см	Длина главного колоса, см	Число зерен с главного колоса, шт	Масса 1000 зерен, г	Урожайность, ц/га	Превышение стандарта
Стекловидная 24, стандарт	97,65	10,5	37,85	45,68	24,5	0
20389	90,85	13,4	48,35	30,17	22,4	-2,1
20009-6	110	8,8	38,5	36,92	28,3	+3,8
20232-14	96,2	10,5	40,8	31,05	28,1	+3,6
20156-4	85,25	11,3	42,1	39,14	26,5	+2,0
20061-12	101,6	9,95	40,25	41,61	29	+4,5
19488-22	103,7	8,85	42,4	32,76	24,2	-0,3
20060-3	100,95	8,95	32,3	37,14	25,4	+0,9
20961-8	98,15	11,05	45,3	30,57	25,2	+0,7
18952-1	96,65	10,05	46,5	32,88	25,3	+0,8
19995-2	97,9	10,85	39,2	32,03	27,2	+2,7
19488-1	100,65	12,05	53,7	33,26	22,5	-2,0
20841-2	103,3	10,5	43,5	33,2	27,3	+2,8
18792-14	94,5	11,2	45,5	39,72	22,8	-1,7
18792-4	100,65	9,9	45	36,18	26,8	+2,3
19405-1	97,05	10,8	39,1	35,3	27,3	+2,8
19439-3	97,85	9,4	35,5	34,91	25	+0,5
19051-11	135,05	7,6	32	43,08	27,3	+2,8
20114-13	99,8	95,2	37,8	33,85	26,3	+1,8
20841-17	98,7	11,25	49,8	31,28	26,8	+2,3
НСР ₀₅	-	-	-	-	2,02	-

Длина главного колоса варьировала от 7,6 см (19051-11) до 13,4 см (20389), со средним значением 10,5 см. Длинные колосья чаще наблюдались у образцов с умеренной высотой, в частности, у линии 20389 (13,4 см при высоте 90,85 см), что может свидетельствовать о потенциально высокой колосовой продуктивности. В то же время наличие коротких, но плотных колосьев, как у линии 20009-6 (8,8 см), не всегда сопровождалось снижением урожайности, которая составила 28,3 ц/га. Число зерен с главного колоса колебалось от 32 шт. (19051-11) до 53,7 шт. (19488-1), при среднем уровне 41,8 шт. Линия 19488-1 значительно превысила среднее значение, что свидетельствует о высокой зерновой насыщенности колоса. В то же время линии 20841-17 и 20389 также демонстрировали высокое число зерен (49,8 и 48,35 соответственно), обеспечивая хорошую потенциальную продуктивность.

Масса 1000 зерен варьировала от 30,17 г (20389) до 45,68 г у стандарта. Среднее значение по выборке составило 36 г. Значительно высокую массу зерна имели линии 19051-11 (43,08 г), 20061-12 (41,61 г) и 18792-14 (39,72 г), что может свидетельствовать о хороших хлебопекарных свойствах и ценности в селекционной работе. Напротив, линия 20389 имела минимальную массу 1000 зерен (30,17 г), что вероятно повлияло на её урожайность (22,4 ц/га).

Урожайность исследуемых линий варьировала в диапазоне от 22,4 до 29,0 ц/га при среднем значении 26,0 ц/га. Наивысший показатель отмечен у линии 20061-12 (29,0 ц/га), что связано с оптимальным сочетанием таких признаков, как масса 1000 зерен (41,61 г) и число зерен с колоса (40,25 шт.). Высокую урожайность также обеспечили линии 20009-6 (28,3 ц/га), 20232-14 (28,1 ц/га), 19405-1 и 19051-11 (по 27,3 ц/га). При этом линии с более высокой продуктивностью не всегда обладали максимальными морфометрическими параметрами, что подчёркивает сложную, генетически обусловленную природу формирования урожайности. НСР по урожайности составляет 2,02 ц/га. Достоверно превысили стандарт по урожайности 7 линий. Наибольший селекционный интерес представляют линии 20061-12, 20009-6 и 20232-14.

Результаты анализа показали, что линии 20061-12, 20009-6, 20232-14, 19051-11 и 19405-1 отличались повышенными показателями урожайности и благоприятным сочетанием хозяйственно-ценных признаков. Эти генотипы представляют интерес для дальнейшего отбора и использования в селекционных программах, направленных на повышение продуктивности мягкой пшеницы в условиях засушливых регионов.

Далее изучены и проанализированы 20 образцов озимой мягкой пшеницы по следующим признакам: натура, стекловидность, протеин, клейковина, ИДК, седиментация, разжижение, валориметрическая оценка, пробная выпечка хлеба - объём, общий балл, ЧП - в соответствии со СТ РК и методами определения.

Результаты технологической оценки селекционных линий пшеницы представлены в таблицах 2, 3. В качестве стандарта использован сорт Стекловидная 24, демонстрирующий высокие значения таких показателей, как натура зерна (796 г/л), стекловидность (64%) и содержание клейковины (33,8%). Указанный сорт отличался также благоприятными технологическими характеристиками: индекс деформации клейковины составил 75 ед., показатель седиментации - 63 мл, содержание протеина - 15,1%. По итогам хлебопекарной оценки контроль показал наивысший результат: объём хлеба составил 840 мл, общая органолептическая оценка - 3,40 балла, а число падения достигло 591 сек., что свидетельствует о сбалансированной ферментативной активности.

Таблица 2 – Технологические показатели качества зерна (муки) линии озимой пшеницы (КСИ, Карой, 2024)

Линии	Натур, г/л	Стекловидность, %	Клейковина, %	ИДК, ед.	Седиментация, мл	Протеин, %	Фаринограф		Выпечка хлеба		ЧП, сек
							разжижение, е.ф.	валор. оценка, %	объём, мл	общ. оценка, балл	
Стеклов.24, стандарт	796	64	33,8	75	63	15,1	20	62	840	3,40	591
20389	757	50	31,0	100	46	12,7	180	30	490	2,10	511
20009-6	763	50	35,7	110	58	13,8	90	42	710	2,95	527
20232-14	774	48	33,8	95	60	13,7	50	40	600	2,80	552
20156-4	754	53	29,1	90	50	12,5	50	40	530	2,30	493
20061-12	763	50	35,6	110	63	13,9	140	40	630	2,80	508
19488-22	767	50	36,7	115	55	13,7	100	44	610	2,80	542
20060-3	781	53	36,3	115	58	13,8	140	38	560	2,70	538
20961-8	754	57	28,4	105	55	13,1	70	40	580	2,45	530
18952-1	771	53	41,1	120	69	15,8	90	43	670	2,80	589
19995-2	769	54	30,2	110	47	12,6	100	36	550	2,20	503
19488-1	759	54	32,6	100	57	13,6	70	42	660	2,80	458
20841-2	769	52	41,7	120	60	15,1	140	32	500	2,31	526
18792-14	769	54	34,8	105	55	13,9	80	42	630	2,80	534
18792-4	783	57	39,9	105	55	15,3	140	32	550	2,10	596
19405-1	775	53	33,4	100	62	13,7	90	42	610	2,40	522
19439-3	779	50	32,0	115	63	12,8	90	40	540	2,30	464
1905-11	769	59	38,2	115	59	14,4	140	32	650	2,80	572
20114-13	764	51	32,8	105	59	13,0	110	42	630	2,80	530
20841-17	768	50	39,0	105	59	14,7	140	32	460	1,90	586
среднее	769	53	34,8	105	57	13,8	146	39	600	2,50	533

Таблица 3 – Средние значения показателей технологической оценки линии озимой пшеницы (КСИ, богара, урожай 2024 г.)

Показатели	Кол-во линий	Min	Max	Среднее	Классы			
					1	2	3	4
Натура, г/л	20	754	796	769	-	100	-	-
Стекловидность, %	20	48	64	53	5	95	-	-
Клейковина, %	20	28,4	41,7	34,8	80	15	5	-
ИДК, ед.	20	75	120	105	5	-	25	70
Седиментация, мл	20	46	69	57	-	90	10	-
ВПС, %	20	52,0	68,0	60,5	25	25	20	30
Разжижение, ед.ф.	20	20	180	146	25	-	45	30
Валориметрическая оценка, е.ф.	20	32	62	39	5	-	95	-
Объем хлеба, мл	20	460	840	600	-	-	5	95
Общий балл, %	20	1,90	3,40	2,50	-	-	5	95
Протеин, %	20	12,5	15,8	13,8	30	50	20	-
ЧП, сек	20	458	596	533	100	-	-	-

Анализ селекционных образцов выявил широкую вариабельность по большинству признаков. Так, натура зерна колебалась в пределах от 754 до 796 г/л при среднем значении 769 г/л. Наиболее высокую натуру показала линия 18792-4 (783 г/л), что сопоставимо с контролем, тогда как минимальные значения наблюдались у линий 20156-4 и 20961-8. Абсолютное большинство линий (100%) отнесены ко второму классу (769 г/л), соответствующему нормам ГОСТа для продовольственного зерна.

Показатель стекловидности в среднем составил 53%, варьируя от 48% (20232-14) до 59% (1905-11), что соответствует требованиям к продовольственному зерну. Основная часть линий (95%) соответствовала второму классу, что указывает на хорошее развитие эндосперма. Содержание сырой клейковины колебалось от 28,4% до 41,7% (рисунок 1), средний уровень составил 34,8%. Максимальные значения характерны для линий 20841-2 (41,7%), 18952-1 (41,1%) и 18792-4 (39,9%). По уровню клейковины 80% линий отнесены к первому классу (свыше 32%), 15% - ко второму и лишь 5% - к третьему, что свидетельствует о высоком потенциале исследуемого материала для селекции сильной пшеницы.

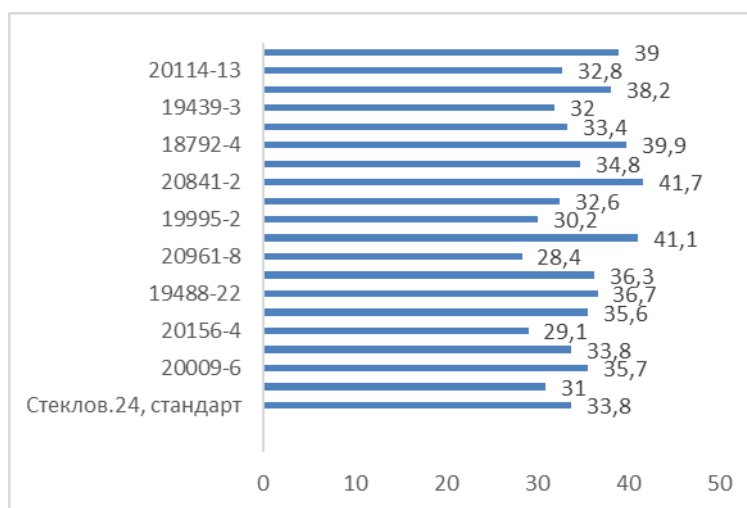


Рисунок 1 – Содержание клейковины (%) у линии озимой мягкой пшеницы

Однако, несмотря на высокие технологические показатели, некоторые линии (например, 20841-2) имеют низкий объем хлеба (500 мл), что требует дополнительного изучения. Индекс деформации клейковины (ИДК) варьировал в пределах 75–120 ед., что свидетельствует о хорошей упругости теста большинства линий. В среднем ИДК составил 105 ед., что соответствует третьему и четвертому классу: 70% линий попали в четвертый класс (средняя

сила), 25% - в третий и лишь 5% - во второй. Это указывает на преобладание клейковины средней силы.

Седиментационная способность зерна находилась в диапазоне от 46 до 69 мл со средним значением 57 мл. Большинство линий (90%) соответствовали второму классу (57 мл), а 10% - третьему. Время положительного сдвига (ВПС) на фаринографе составляло в среднем 60,5 ед.ф., варьируя от 52,0 до 68,0. По данному признаку линии распределились почти равномерно между всеми четырьмя классами, что указывает на разнообразие пластичности теста. Наибольшую набухаемость глютена показала линия 18952-1, в то время как наименьшие значения наблюдались у линии 20389.

Протеиновый состав зерна варьировал от 12,5% (20156-4) до 15,8% (18952-1), при среднем уровне 13,8%, что свидетельствует о хорошем потенциале большинства образцов по белковому качеству. Наибольшее количество линий (50%) соответствовали второму классу, 30% - первому и 20% - третьему.

Данные прибора фаринографа показали значительный разброс по величине разжижения теста - от 20 до 180 ед.ф., при среднем значении 146 ед.ф. Это указывает на различия в водопоглощающей способности и стабильности теста. По степени устойчивости к механической нагрузке 25% линий отнесены к первому классу, 45% - к третьему и 30% - к четвертому. Это свидетельствует о достаточно высоком разбросе консистенции теста среди образцов.

Валориметрическая оценка (суммарный показатель силы муки) колебалась в пределах 32–62 ед.ф., средний уровень составил 39 ед.ф., что свидетельствует о хорошем хлебопекарном потенциале большинства линий. Большинство линий (95%) отнесены к третьему классу. Число падения (ЧП), отражающее ферментативную активность, находилось в пределах от 458 до 596 сек., со средним значением 533 сек., что соответствует требованиям для мукомольной промышленности. Все исследуемые линии показали значения, характерные для качественного хлебопекарного зерна (100% - первый класс).

Основной метод определения хлебопекарных свойств зерна изучаемых образцов - пробная выпечка хлеба. В первую очередь здесь учитываются объёмный выход и общая хлебопекарная оценка, которая, в свою очередь, является средним показателем формы хлеба, пористости и эластичности мякиша. Хлебопекарные характеристики подтверждены объёмом выпеченного хлеба, который варьировал от 460 до 840 мл при среднем значении 600 мл (рисунок 2). Высокие значения зафиксированы у линий 20009-6 (710 мл) и 18952-1 (670 мл). Большинство линий (95%) отнесены к четвертому классу (600 мл), что указывает на хороший хлебопекарный потенциал.

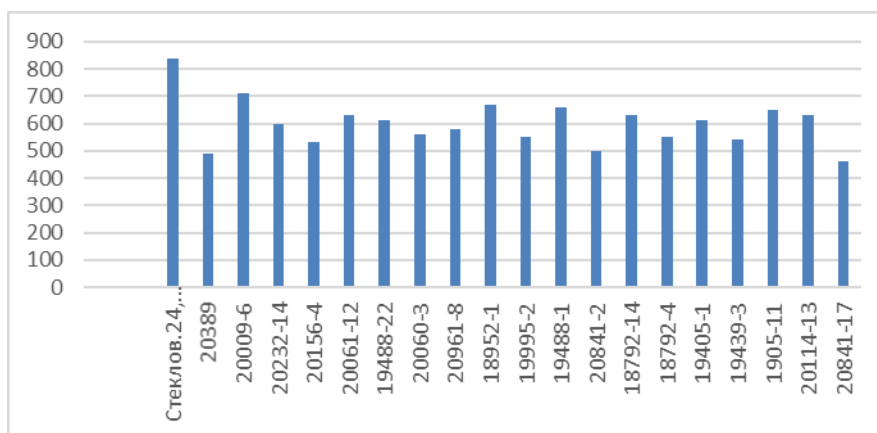


Рисунок 2 – Объем хлеба (см³) линии озимой пшеницы

Общая органолептическая оценка хлеба варьировала от 1,90 до 3,40 балла при среднем значении 2,50. По данному критерию 95% линий оказались в четвертом классе, соответствующем удовлетворительным показателям качества.

По результатам проведенных исследований наиболее перспективными для дальнейшего селекционного использования были идентифицированы линии 20009-6, 18792-14, 18952-1 и 19488-22. Данные генотипы продемонстрировали оптимальное сочетание технологических показателей качества зерна (содержание клейковины 35,6-41,1%, уровень протеина 13,8-15,8%) и хлебопекарных характеристик (объем хлеба 550-670 мл, общая оценка 2,7-2,8 балла), что позволяет рассматривать их как ценный исходный материал для создания сортов сильной пшеницы.

На рисунке 3 представлены технологические показатели качества зерна селекционных линий озимой пшеницы. Он отображает три ключевых параметра для каждой линии: содержание клейковины, содержание протеина (белка), объём хлеба.

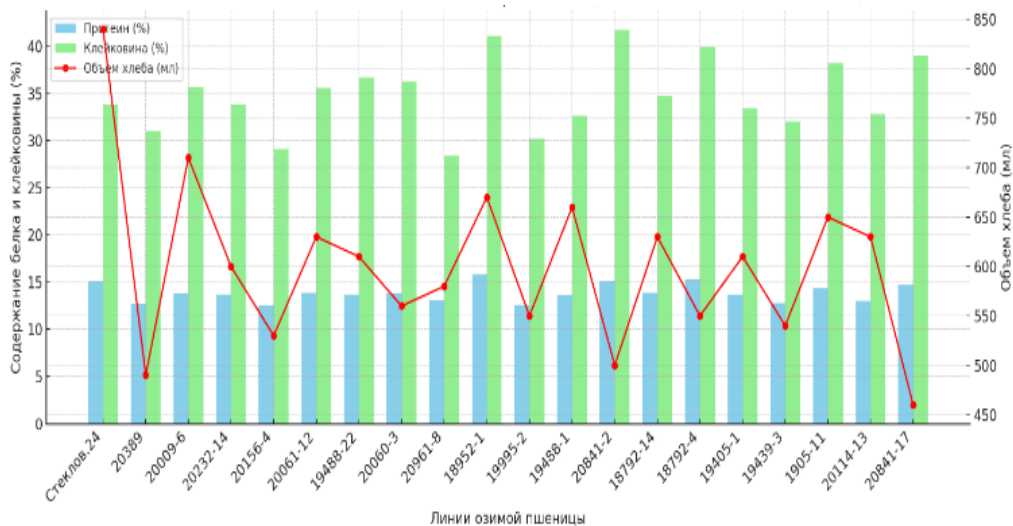


Рисунок 3 - Технологические показатели качества зерна селекционных линий озимой пшеницы

Стандарт Стекловидная 24 показывает наиболее высокие значения по всем параметрам: клейковина – 33,8%, протеин – 15,1%, объём хлеба – 840 мл.

Линии с высоким содержанием клейковины (более 35%), такие как 20009-6, 20061-12, 19488-22, 20060-3, 18952-1, 20841-2, 18792-4, 20841-17, в целом демонстрируют хорошие объёмы хлеба (от 550 до 670 мл), что указывает на высокое хлебопекарное качество. Линии с низким содержанием клейковины (<30%), как 20156-4 (29,1%) и 20961-8 (28,4%), характеризуются меньшими объёмами хлеба (530 и 580 мл соответственно).

Наибольший объём хлеба (670 мл) показала линия 18952-1, которая также имеет наивысшее содержание клейковины (41,1%) и протеина (15,8%). Минимальный объём хлеба (460 мл) у линии 20841-17, несмотря на высокое содержание клейковины (39%) и протеина (14,7%), что может свидетельствовать о других факторах, влияющих на хлебопекарные свойства.

Наблюдается прямая зависимость между содержанием клейковины и объёмом хлеба: линии с более высокой клейковиной чаще демонстрируют лучший объём хлеба.

Однако исключения указывают на то, что не только количественные, но и качественные характеристики клейковины и других биохимических компонентов влияют на конечный объём хлеба. Содержание протеина варьирует от 12,5% до 15,8%, и его связь с объёмом хлеба также частично прослеживается.

Выводы

В результате исследования селекционных линий озимой мягкой пшеницы выявлена высокая вариабельность по морфологическим, урожайным и технологическим признакам, что свидетельствует о наличии ценных источников для создания продуктивных и качественных сортов. По морфологическим признакам отмечены значительные различия: высота растений -

от 85,25 до 135,05 см, длина колоса - от 7,6 до 13,4 см, число зерен с колоса - от 32,0 до 53,7, масса 1000 зерен - от 30,17 до 45,68 г, урожайность - от 22,4 до 29,0 ц/га. Наивысший результат показала линия 20061-12 (29,0 ц/га), благодаря сочетанию массы 1000 зерен и числу зерен с колоса. Семь линий достоверно превзошли стандарт по урожайности ($HCp_{05} = 2,02$ ц/га), что подтверждает их селекционную ценность.

Анализ технологических показателей показал соответствие большинства линий требованиям к продовольственному зерну: 80% образцов отнесены к первому классу по содержанию клейковины, все - к первому классу по числу падения, что указывает на высокую ферментативную стабильность. У многих образцов также выявлены высокая стекловидность и положительная валориметрическая оценка. Объем хлеба варьировал от 460 до 840 мл, с общей оценкой от 1,90 до 3,40 балла. Наилучшие результаты показали линии 20009-6, 18952-1 и 20841-2.

По совокупности признаков (урожайность, масса 1000 зерен, содержание клейковины и протеина, хлебопекарные свойства) наиболее перспективными признаны линии 20061-12, 20009-6, 20232-14, 19051-11, 19405-1 и 18952-1.

Таким образом:

1. Выявлен широкий спектр изменчивости признаков у селекционных линий озимой пшеницы, что указывает на богатый исходный материал для селекции.
2. Отобраны линии - лидеры: Линия 20061-12 показала максимальную урожайность (29,0 ц/га), а линии 20009-6, 18952-1 - лучшие хлебопекарные свойства.
3. Подтверждено высокое технологическое качество зерна большинства линий (1-класс по клейковине и числу падения).
4. Сформирован пул перспективных линий (20061-12, 20009-6, 20232-14, 19051-11, 19405-1, 18952-1), рекомендованных для создания новых адаптивных и высококачественных сортов для условий Казахстана.

Практическая значимость: использование этих генотипов позволит ускорить создание новых засухоустойчивых сортов казахстанской селекции, способных обеспечить стабильное производство высококачественного продовольственного зерна в условиях меняющегося климата и повысить конкурентоспособность отечественного агросектора.

Благодарность: Работа выполнена в рамках 267 бюджетной программы «Повышение доступности знаний и научных исследований» по подпрограмме 101 «Программно-целевое финансирование научных исследований и мероприятий» на 2024-2026 годы (Министерство сельского хозяйства Республики Казахстан) BR24892821 "Селекция и первичное семеноводство зерновых культур для повышения потенциала продуктивности, качества и стрессоустойчивости в различных почвенно-климатических зонах Казахстана". Авторы выражают искреннюю признательность коллегам лаборатории зерновых культур ТОО «КазНИИЗиР» за содействие в организации полевых исследований и сборе первичных данных. Особая благодарность сотрудникам лаборатории биохимии и оценки качества зерна за помощь в проведении аналитических работ и специалисту метеостанции за предоставление климатической информации, необходимой для интерпретации результатов эксперимента.

Список литературы:

- 1 FAO. World Food and Agriculture - Statistical Yearbook. - Rome, 2023. <https://www.fao.org/statistics/yearbook/en>
- 2 IPCC. Climate Change 2022: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Cambridge UP, 2022. <https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg2>
- 3 Zhang Y., Yang P., Zhang L. et al. Wheat grain quality improvement through breeding and agronomic strategies: A review. *Frontiers in Plant Science*, 2023, 14:1162784. <https://doi.org/10.3389/fpls.2023.1162784>
- 4 Shewry P.R., Hey S. The contribution of wheat to human diet and health. *Food and Energy Security*, 2015, 4(3): 178–202. <https://doi.org/10.1002/fes3.64>

5 Liu, Y., Chen, H., Zhang, Q. Genetic basis of grain protein content and its relationship with other quality traits in wheat: a review. *Euphytica*, 2020, 216(6): 92. <https://doi.org/10.1007/s10681-020-02636-6>

6 Левшина И.П., Иванова Т.С. Генетическая обусловленность показателей качества зерна пшеницы // *Агрохимия*. – 2021. – № 8. – С.32–38.

7 Жабрева А.А., Чепелева А.Ф. Технологические свойства зерна пшеницы: от оценки до применения // *Вестник РГАУ-МСХА*. – 2022. – № 4. – С.45–52.

8 Дашкевич С.М., Утебаев М.У., Каиржанов Е.К., Крадецкая О.О., Чилимова И.В. Сравнительный анализ сортов яровой мягкой пшеницы по качеству зерна. *Научный журнал «Ізденістер, нәтижелер – Исследования, результаты»*. № 03 (103), 2024 г., стр. 222-230. <https://doi.org/10.37884/3-103-2024>

9 Ковалева Е.М., Савельева Т.А. Оценка качества зерна и муки: методология и практика. – СПб.: ГИОРД, 2019.

10 Орловская О.А., Вакула С.И., Хотылёва Л.В., Кильчевский А.В. Аминокислотный состав зерна линий мягкой пшеницы с интрогрессиями генетического материала видов рода *triticum* / Молекулярная и прикладная генетика. - 2023. - Т. 34. - С.17-27.

11 Маркевич Д.В., Путятин Ю.В., Таврыкина О.М. Сравнительный анализ состава незаменимых аминокислот в основной продукции зерновых культур / *Почвоведение и агрохимия*. – 2013. – № 1(50). – С. 178–185.

12 Доспехов Б.А. Методика полевого опыта [Текст]/ Б.А. Доспехов// М.: Агропромиздат, 1985. 315с.

13 Методика проведения сортоиспытания сельскохозяйственных растений. – Алматы, 2014. – С.139.

References

1 FAO. *World Food and Agriculture – Statistical Yearbook*. Rome, 2023. <https://www.fao.org/statistics/yearbook/en>

2 IPCC. *Climate Change 2022: Impacts, Adaptation and Vulnerability*. Cambridge UP, 2022. <https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg2>

3 Zhang Y., Yang P., Zhang L. et al. Wheat grain quality improvement through breeding and agronomic strategies: A review // *Frontiers in Plant Science*, 2023, 14:1162784. <https://doi.org/10.3389/fpls.2023.1162784>

4 Shewry P.R., Hey S. The contribution of wheat to human diet and health // *Food and Energy Security*, 2015, 4(3): 178–202. <https://doi.org/10.1002/fes3.64>

5 Liu Y., Chen H., Zhang Q. Genetic basis of grain protein content and its relationship with other quality traits in wheat: a review // *Euphytica*, 2020, 216(6): 92. <https://doi.org/10.1007/s10681-020-02636-6>

6 Levshina I.P., Ivanova T.S. Geneticheskaya obuslovlennost' pokazateley kachestva zerna pshenitsy // *Agrokhimiya*. – 2021. – № 8. – С. 32–38.

7 Zhabreva A.A., Chepeleva A.F. Tekhnologicheskie svoystva zerna pshenitsy: ot otsenki do primeneniya // *Vestnik RGAU-MSKhA*. – 2022. – № 4. – С. 45–52.

8 Dashkevich S.M., Utebaev M.U., Kairzhanov E.K., Kradetskaya O.O., Chilimova I.V. Sravnitel'nyy analiz sortov yarovoy myagkoy pshenitsy po kachestvu zerna // *Nauchnyy zhurnal «Izdenister, natizheler – Issledovaniya, rezul'taty»*. – 2024. – № 3(103). – С. 222–230. <https://doi.org/10.37884/3-103-2024>

9 Kovaleva E.M., Saveleva T.A. Otsenka kachestva zerna i muki: metodologiya i praktika. – SPb.: GIORD, 2019.

10 Orlovskaya O.A., Vakula S.I., Khotylyova L.V., Kil'chevskiy A.V. Aminokislotnyy sostav zerna liniy myagkoy pshenitsy s introgressiyami geneticheskogo materiala vidov roda *Triticum* // *Molekulyarnaya i prikladnaya genetika*. – 2023. – Т. 34. – С. 17–27.

11 Markevich D.V., Putyatin Yu.V., Tavrykina O.M. Sravnitel'nyy analiz sostava nezamenimyykh aminokislot v osnovnoy produktsii zernovykh kultur // *Pochvovedenie i agrokhimiya*. – 2013. – № 1(50). – S. 178–185.

12 Dospekhov B.A. Metodika polevogo opyta [Tekst] / B.A. Dospekhov. – M.: Agropromizdat, 1985. – 315 s.

13 Metodika provedeniya sortoispytaniya sel'skokhozyaystvennykh rasteniy. – Almaty, 2014. – 139 s.

**Б.М. Башабаева*, А.А. Рсымбетов, Б.А. Айнебекова, А.А. Сураубаева,
Б. Кеңес, Т.Д. Мереева, А.С. Масимгазиева**

*"Қазақ егіншілік және өсімдік шаруашылығы ғылыми-зерттеу институты" ЖШС,
Алмалыбақ аулы, Қазақстан Республикасы, bahytgul_1965@mail.ru,
ashat_rsymbetov@mail.ru, bakyt.alpibay@gmail.com, Suraubayeva02@bk.ru,
kenges.bubina@mail.ru, tolkin_ali@mail.ru, miss.masimgazieva@mail.ru*

КҮЗДІК БИДАЙ СЕЛЕКЦИЯЛЫҚ ЖЕЛІЛЕРІНІҢ ДӘН САПАСЫНЫҢ ТЕХНОЛОГИЯЛЫҚ КӨРСЕТКІШТЕРІН БАҒАЛАУ

Аңдатпа

Мақалада күздік жұмсақ бидайдың селекциялық желілерін бағалау нәтижелері келтірілген. Масақтың ұзындығы (7,6–13,4 см), 1000 дәннің салмағы (30,17–45,68 г), масақтан алынған дәндердің саны (32,0–53,7 дана), өнімділік (22,4–29,0 ц/га) сияқты белгілердің өзгеруінің кең шектері белгіленді. Жеті жол өнімділік стандартынан сенімді түрде асып түсті, 20061-12 желісі ірі астық пен жоғары өнімділікті біріктіре отырып, максималды нәтиже көрсетті (29,0 ц/га). Технологиялық сипаттамалары бойынша үлгілердің көпшілігі азық-түлік астығының талаптарына сәйкес келді: 80% - шикі глютеннің құрамы бойынша бірінші класс, 100% - құлау саны бойынша. Жоғары шынылы қанағаттанарлық нан пісіру сапасы; нан көлемі - 460-840 мл, органолептикалық бағасы - 1,90–3,40 балл. 20009-6, 18952-1 және 20841-2 желілері пісірудің ең жақсы көрсеткіштерімен ерекшеленді. Белгілер жиынтығы бойынша кейіннен селекциялық пайдалану үшін алты перспективалық желі таңдалды. Алынған мәліметтер ұн тарту және нан пісіру өнеркәсібі үшін практикалық маңызға ие және Қазақстан жағдайында күздік бидайдың селекциялық бағдарламаларын оңтайландыру үшін пайдаланылуы мүмкін.

Кілт сөздер: күздік жұмсақ бидай, селекциялық желілер, өнімділік, астық сапасы, технологиялық қасиеттері.

**В.М. Bashabayeva*, А.А. Rsymbetov, В.А. Ainebekova, А.А. Suraubayeva,
В. Kenes, Т.Д. Mereeva, А.С. Massimgazieva**

*Kazakh Research Institute of Agriculture and crop production LLP, Almalybak village,
Republic of Kazakhstan, bahytgul_1965@mail.ru, ashat_rsymbetov@mail.ru,
bakyt.alpibay@gmail.com, Suraubayeva02@bk.ru, kenges.bubina@mail.ru, tolkin_ali@mail.ru,
miss.masimgazieva@mail.ru*

ASSESSMENT OF TECHNOLOGICAL INDICATORS OF GRAIN QUALITY OF WINTER WHEAT SELECTION LINES

Abstract

The article presents the results of evaluation of breeding lines of winter soft wheat. Wide limits of variation have been established for such characteristics as ear length (7.6–13.4 cm), weight of 1000 grains (30.17–45.68 g), number of grains per ear (32.0–53.7 pcs.), yield (22.4–29.0 kg/ha). Seven lines significantly exceeded the standard in terms of yield, while the 20061-12 line demonstrated the maximum result (29.0 c/ha), combining coarse grain and high productivity. According to the technological characteristics, most of the samples met the requirements of food grains: 80% - first class in terms of crude gluten content, 100% - in terms of the number of drops. High vitreous content and satisfactory baking qualities were noted; bread volume - 460-840 ml, organoleptic rating - 1.90–3.40 points. The lines 20009-6, 18952-1 and 20841-2 were distinguished by the best baking

performance. According to the set of characteristics, six promising lines were selected for subsequent breeding use. The data obtained are of practical importance for the milling and baking industries and can be used to optimize breeding programs for winter wheat in Kazakhstan.

Keywords: winter soft wheat, breeding lines, yield, grain quality, technological properties.

Вклад авторов:

Башабаева Бакытгуль Магдановна* – Корреспондент, принимала участие в разработке методики оценки качества зерна, координации работы лаборатории биохимических и технологических анализов, обработке экспериментальных данных, формулировании выводов и обобщении результатов исследования. Также обеспечивала своевременную подготовку рукописи к публикации и участвовала в её научной редакции.

Рсымбетов Аскат Амангельдиевич - Организация и контроль лабораторных исследований, автор участвовал в разработке методики оценки качества зерна, организации и контроле лабораторных исследований (определение содержания клейковины, протеина, числа падения и других показателей), анализе технологических характеристик зерна и муки, интерпретации биохимических данных.

Айнебекова Бакыт Алпысбаевна – Автор осуществляла организацию и проведение полевых испытаний селекционных линий яровой мягкой пшеницы, проводила анализ урожайности и морфологических признаков (высота растений, длина колоса, масса 1000 зёрен), участвовала в выделении перспективных линий для дальнейшего использования в селекционном процессе.

Сураубаева Алина Алибиқызы – Автор проводила лабораторные анализы по определению стекловидности и натуры зерна, осуществляла обработку экспериментальных данных и подготовку таблиц с результатами для включения в публикацию.

Кенес Бубина - Автор участвовала в подготовке образцов и проведении лабораторных анализов по определению индекса деформации клейковины (ИДК), седиментации и содержания клейковины, а также фиксировала полученные данные и оказывала помощь в их статистической обработке.

Мереева Толкын Даирбековна - Автор принимала участие в оценке хлебопекарных качеств селекционных линий путём проведения пробной выпечки и органолептической оценки, а также выполняла технологический анализ качества зерна, включая определение содержания белка, крахмала, крупности, твердозерности.

Масимгазиева Айгерим Сайлаубаевна - Оказывала помощь в проведении лабораторных анализов, включая подготовку реактивов, а также участвовала в определении содержания протеина и числа падения.