

М.У. Утебаев*, С.М. Дашкевич, Р.С. Жылкыбаев, Т.Ю. Жигула,
О.О. Крадецкая, И.В. Чилимова

ТОО «Научно-производственный центр зернового хозяйства им. А. И. Бараева»,
п.Научный, Шортандинский р-н, Акмолинская обл., Казахстан, phytochem@yandex.ru*

БИОХИМИЧЕСКИЕ И ЦВЕТОВЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ЗЕРНА ТВЕРДОЙ ПШЕНИЦЫ (*Triticum durum* Desf.) В УСЛОВИЯХ СЕВЕРНОГО КАЗАХСТАНА

Аннотация

Твердая пшеница (*Triticum turgidum* subsp. *durum*) основная культура для производства макаронных изделий, пасты, булгур и т.д. Ключевыми признаками характеризующие качество зерна являются биохимические показатели (содержание протеина, клейковины, глютен-индекс, стекловидность и др.) а также пигментный состав формирующий цвет готовой продукции. Была поставлена цель, провести оценку сортов яровой твердой пшеницы различного эколого-географического происхождения и отобрать наиболее ценные генотипы для использования в селекции на улучшение качественных характеристик. Биохимические параметры зерна определяли по общепринятым стандартным методикам, содержание каротиноидных пигментов спектрофотометрически на основе оптической плотности и колориметрически с помощью анализатора Minolta CR-300. Установлены различия между сортами по биохимическим показателям и содержанию пигментов. Показано что значение натуре зерна варьировало от 711 до 824 г/л, при среднем 791 г/л. Установлена сильная корреляционная связь между натурой зерна и содержанием клейковины $r = 0,81$. Содержание протеина находилось в пределах от 12,33% (Grekalle) до 16,74% (Svevo), а в среднем составило 13,96%. Содержание каротиноидных пигментов имел размах от 0,218 мг/% (Славута) до 0,435 мг/% (Obelix) при среднем значении 0,312 мг/%. На основе биохимического изучения коллекции твердой пшеницы выделены сорта которые могут стать исходным материалом при создании новых гибридов и сортов сочетающие в себе высокие качественные характеристики с улучшенными питательными свойствами.

Ключевые слова: твердая пшеница, семолина, качество зерна, каротиноиды, цвет крупки, CIELAB, RGB.

Введение

Твердая пшеница (*Triticum durum* Desf.), является основной сельскохозяйственной культурой многих стран Средиземного моря и Средней Азии [1]. На современном этапе, данная культура занимает порядка 13,7 млн га в мире, что составляет около 34,3 млн тонн зерна (в среднем за 2018-2022 годы) [2]. Так как твердая пшеница приспособлена для условий Средиземноморья, то около 50% посевных площадей приходится на страны данного региона. В свою очередь, имеются крупные страны-производители не входящие в данный регион, среди которых, Казахстан занимает пятое место по возделыванию дурум [3]. Известно, что клейковина и ее вязкоупругие свойства играют значительную роль для получения качественных макаронных [4] и хлебобулочных изделий [5]. При этом оказалось, что индекс клейковины значительно зависит от генотипа, чем от окружающей среды [6], но также установлено, что и внесение удобрений влияет на формирование качественной клейковины у твердой пшеницы [7].

В последнее время возросли требования к качеству зерна твердой пшеницы и в особенности к наличию ярко-желтого цвета получаемой семолины. Желтый цвет обусловлен наличием каротиноидных пигментов и при характеристике описывается как индекс желтизны (YI – yellow index). Помимо эстетического восприятия, каротиноиды снижают риск онкологических и нейро-дегенеративных заболеваний, поддерживают зрение, что весьма

актуально на сегодняшний день, а также обладают протекторными свойствами от повышенной солнечной радиации [8]. Ранее было установлено, что каротиноиды снижают активность фитатов – веществ снижающих усвоение железа из продуктов питания [9], тогда можно предположить, что каротиноиды могут являться профилактирующим средством от анемии. Таким образом, важными критериями качества зерна твердой пшеницы являются желтый цвет, за счет наличия каротиноидных пигментов, а также содержание и качество клейковинных белков.

Цель настоящего исследования – оценить сорта яровой твердой пшеницы из различных эколого-географических зон по качеству зерна в условиях Северного Казахстана (Акмолинской области) и выделить лучшие генотипы для рекомендации их использования в селекционном процессе.

Материалы и методы исследования

Объектом исследования служили 20 сортов яровой твердой пшеницы иностранной и отечественной селекции, урожая 2023-2024 гг. Посев проведен на опытных стационарах ТОО «НПЦ ЗХ им. А.И. Бараева», ширина и площадь делянки 1 и 25 м² соответственно, под каждый и сорт. Глубина заделки семян составило 5-7 см, ширина междурядий 10 см.

Биохимические и физические характеристики зерна определяли в соответствии с общепринятыми методиками и стандартами Республики Казахстан.

Содержание каротиноидных пигментов в шроте твердой пшеницы определено спектрофотометрическим методом [10]. В основе, которого лежит экстракция пигментов водонасыщенным *n*-бутанолом и последующим определением оптической плотности при длине волны 440 нм.

В качестве альтернативного метода определения желтого пигмента использован колориметр Minolta CR-300 (Konica Minolta Pty Ltd, Macquarie Park, NSW). Результаты измерения представляют собой координаты *L** (диапазон от 0 для черного до 100 белого цвета), *a** (от красного к зеленому) и *b** (от желтого к синему) цветовой системы Манселла, относительно белой точки D65.

Статистический анализ. Расчет корреляционных связей и ANOVA выполнено на основе методических рекомендаций Доспехова Б.А. [11], в программном обеспечении Excel.

Результаты исследования и обсуждение

Результаты биохимического и физического исследования зерна 20 сортов яровой твердой пшеницы представлено в таблице 1. Сорта сгруппированы по убыванию качественных показателей

Таблица 1 Физические и биохимические свойства зерна 20 сортов яровой твердой пшеницы, урожая 2023-2024 гг.

Сорт	Масса 1000 з., г.	Натура зерна, г/л	Стекло- видность, %	Протеин, %	Клейкови на, %	Индекс клейковины, ед.
1 группа						
Корона (<i>St</i>)	42,1	816	69	14,12	31,0	76
Лавина	35,3	791	75	14,08	29,8	75
Безенчукская нива	47,7	817	70	14,87	31,6	88
Svevo	43,3	804	70	16,74	39,9	46
Egeo	43,9	799	58	14,85	29,9	64
Odisseo	44,5	791	64	14,80	33,5	55
Славута	34,2	787	62	14,02	30,4	60
Дамсинская юбилейная	36,6	784	74	14,15	31,3	93
<i>μ (среднее группы)</i>	<i>41,0</i>	<i>799</i>	<i>68</i>	<i>14,70</i>	<i>32,2</i>	<i>70</i>
2 группа						
Дамсинская 90	44,2	805	64	13,48	33,5	63
Дамсинская янтарная	40,9	796	67	13,04	34,1	52
Iride	38,7	788	66	13,22	32,1	62
Duraking	35,1	791	75	13,55	34,6	42

μ (среднее группы)	39,7	795	68	13,32	33,6	55
3 группа						
Дамсинская 2017	41,3	812	76	13,26	36,2	36
Obelix	33,1	712	52	12,35	21,3	71
Grekalle	43,3	818	68	12,33	33,5	35
Торгай	35,1	711	63	12,95	21,1	78
μ (среднее группы)	38,2	763	65	12,72	28,0	55
4 группа						
СИД-88	37,6	785	65	12,59	31,4	4
Линия 19	34,7	783	74	15,14	36,0	5
Тибетка	41,9	824	70	15,20	35,8	6
Омская янтарная	43,3	804	89	14,49	32,0	4
μ (среднее группы)	39,4	799	75	14,36	33,8	5
min	33,1	711	52	12,33	21,1	4
max	47,7	824	89	16,74	39,9	93
Среднее	39,8	791	69	13,96	32,0	51
НСР_{0,95}	1,47	14	8	1,18	5,3	7

Показатель масса 1000 зерен, характеризует крупность зерна, соответственно, чем крупнее и выполненное зерно, тем больший выход крупки. По результатам исследования средняя масса 1000 зерен составила 39,8 г. Достоверное превышение над стандартом зафиксировано для 11 из 20 сортов, что составило 55%. Зерно, содержащее больше эндосперма и меньше оболочек обладает большей натурной массой. И как оказалось данное значение можно повысить агротехническими методами [12] или ухудшить при несвоевременной уборке из-за выпадения осадков [13]. Значение натурности зерна варьировало от 711 до 824 г/л, при среднем 791 г/л. Показатель выше среднего отмечен у 13 сортов, но при этом только у семи сортов (Дамсинская 90, Дамсинская 2017, Безенчукская нива, Тибетка, Омская янтарная, Svevo и Grekalle) достоверное превышение над сортом-стандартом. Ранее отмечалось, что натура зерна может отрицательно коррелировать с содержанием протеина [13] возможно это применимо для мягкой пшеницы, тогда как по нашим расчетом коэффициент корреляции между натурой зерна и содержанием протеина составило $r = 0,40$ что по шкале Чеддока относится к умеренной положительной связи. Сильная корреляционная связь отмечена между натурой зерна и содержанием клейковины $r = 0,81$.

Стекловидность для твердой пшеницы один из важных признаков характеризующий его класс, и как следствие качество для макаронного производства. У стекловидного зерна, крахмальные зерна мелкие с четкими гранями, не образуют сплошной крахмальный слой, что способствует формированию крупчатой структуры семолины [14]. Размах значения стекловидности в наших исследованиях составил от 52% (Obelix) до 89% (Омская янтарная), при среднем 69%. При использовании американской системы классификации дурум по стекловидности к типу HADW (*Hard Amber Durum wheat*) относятся: Дамсинская 2017 (76%), Лавина (75%), Омская янтарная (89%) и Duraking (75%). К среднему классу: ADW (*Amber Durum wheat*) остальные, за исключением сортов Egeo и Obelix, которые классифицированы как DW (*Durum wheat*) со стекловидностью ниже 60% [15]. Ранее утверждалось о положительной корреляционной связи стекловидности с содержанием протеина и клейковины [16], тогда как по результатам наших исследований корреляция оказалась на уровне от слабой ($r = 0,29$) до умеренной ($r = 0,49$) соответственно.

Содержание протеина в изученных сортах находилось в пределах от 12,33% (Grekalle) до 16,74% (Svevo). В среднем составило 13,96%, при этом 11 сортов превысили данное значение. Достоверное превышение над стандартом по содержанию протеина отмечено у сорта Svevo (16,74%).

Как известно, качество готовой продукции значительно зависит от содержания клейковины и ее качества (глютен-индекса). При том, что накопление клейковины во многом генетический признак, однако при внесении азотных удобрений стало возможным увеличить ее содержание, в особенности при дефиците воды. Содержание клейковины и глютен-индекс

у изученных образцов находился в пределах от 21,1% (Торгай) до 39,9% (Svevo) и от 4 ед. (Омская янтарная) до 93 ед. (Дамсинская юбилейная) соответственно. Содержание клейковины выше среднего отмечено у 11 из 20 сортов (55%). На основе наших многолетних исследований оптимальным содержанием клейковины у твердой пшеницы считается 28-35% при значении глютен-индекса от 40 до 100 ед. Данным условиям соответствовало 50% изученных сортов, однако стоит отметить, что такая градация достаточно условна, и на качество готовой продукции может сказаться и другие биохимические и физические показатели.

Так как среди изученных сортов имелись образцы, с различными качественными биохимическими характеристиками, то проведено группирование по комплексу показателей. В итоге образовано четыре группы (Таблица 1) со средним значением по каждому биохимическому показателю. Расчет t-теста Стьюдента с допущением неравенства дисперсий, не показал достоверности различий средних значений. Тем не менее, полученные различия между группами все же имеют значения при отборе селекционного материала или родительских форм для последующего скрещивания.

Важным критерием оценки качества зерна твердой пшеницы является содержание каротиноидных пигментов. Данную группу веществ составляют химические соединения тетратерпенового ряда, связанные в линейную структуру. Интерес к данным соединениям связан с тем, что при достаточном их количестве, готовая продукция (макароны, паста) приобретают интенсивный желтый цвет, привлекательный для потребителя. К тому же каротиноиды являются предшественниками витамина А и проявляя антиоксидантные свойства, могут снижать риск дегенеративных заболеваний.

В этой связи определено содержание каротиноидных пигментов в цельносомлотом зерне и семолине твердой пшеницы двумя альтернативными методами. Результаты исследования представлены в таблице 2.

Таблица 2. Содержание каротиноидных пигментов и цветовые характеристики зерна твердой пшеницы, урожая 2023-2024 гг.

Сорт	Цельносомлотое зерно (шрот)			Семолина (крупка)				
	Содержание каротиноидов, мг/%	CIELAB <i>L*</i>	<i>a*</i>	<i>b*</i>	Содержание каротиноидов, мг/%	CIELAB <i>L*</i>	<i>a*</i>	<i>b*</i>
<i>1 группа</i>								
Дамсинская 2017	0,420	82,31	0,54	19,12	0,329	87,10	-2,19	26,58
Безенчукская нива	0,385	81,75	0,60	17,36	0,288	86,81	-2,26	25,35
Svevo	0,368	81,47	0,45	18,38	0,335	86,09	-2,34	27,47
Egeo	0,362	81,85	0,42	17,75	0,259	86,17	-2,38	26,37
Odisseo	0,332	81,31	0,48	17,73	0,303	85,56	-2,25	26,74
<i>2 группа</i>								
Дамсинская янтарная	0,274	83,64	0,89	16,53	0,168	87,50	-0,91	19,83
Дамсинская юбилейная	0,297	82,46	1,01	17,37	0,227	87,85	-1,63	22,36
Лавина	0,291	82,86	1,27	17,37	0,194	88,29	-1,37	20,99
СИД-88	0,262	82,65	1,11	15,93	0,174	88,23	-1,42	20,55
Линия 19	0,332	81,88	1,11	18,13	0,215	85,89	-1,23	24,46
Тибетка	0,312	82,24	1,00	16,63	0,183	87,62	-1,86	21,84
Омская янтарная	0,362	82,33	0,61	17,67	0,274	87,41	-2,18	24,76
Iride	0,303	81,93	0,98	17,54	0,215	86,61	-1,47	23,59
Duraking	0,253	83,08	0,63	16,07	0,191	88,39	-1,68	20,09
Славута	0,218	81,93	0,96	17,76	0,230	85,78	-1,13	23,76
<i>3 группа</i>								
Корона (St)	0,303	82,44	0,79	17,40	0,218	86,77	-1,76	21,58

Дамсинская					0,174			
90	0,253	82,89	1,12	16,79		87,57	-0,98	19,45
Grekalke	0,244	82,70	0,86	16,60	0,203	87,06	-1,61	22,29
<i>4 группа</i>								
Торгай	0,235	80,61	1,42	17,19	0,112	84,46	0,06	16,60
Obelix	0,435	79,45	0,19	19,50	0,379	83,61	-1,99	23,98
Среднее	0,312	82,09	0,82	17,44	0,233	86,74	-1,63	22,93
min	0,218	79,45	0,19	15,93	0,112	83,61	-2,38	16,60
max	0,435	83,64	1,42	19,50	0,379	88,39	0,06	27,47
НСР_{0,95}	0,144	0,38	0,07	0,38	0,049	0,26	0,07	0,43

Содержание каротиноидных пигментов в шроте варьировало от 0,218 мг/% (Славута) до 0,435 мг/% (Obelix) при среднем значении 0,312 мг/%. Количество сортов превысивших среднее содержание составило 45% (9 из 20 сортов).

Альтернативным методом определения содержания каротиноидов в зерне и семолине твердой пшеницы является применение анализатора цвета Minolta CR-300. Принцип действия прибора основано на светоотражении пигмента муки, зерна, семолины. Результаты в виде значения L^* (диапазон от 0 для черного до 100 белого цвета), a^* (от красного к зеленому) и b^* (от желтого к синему) в цветовом пространстве CIELAB [17] (рисунок 1).

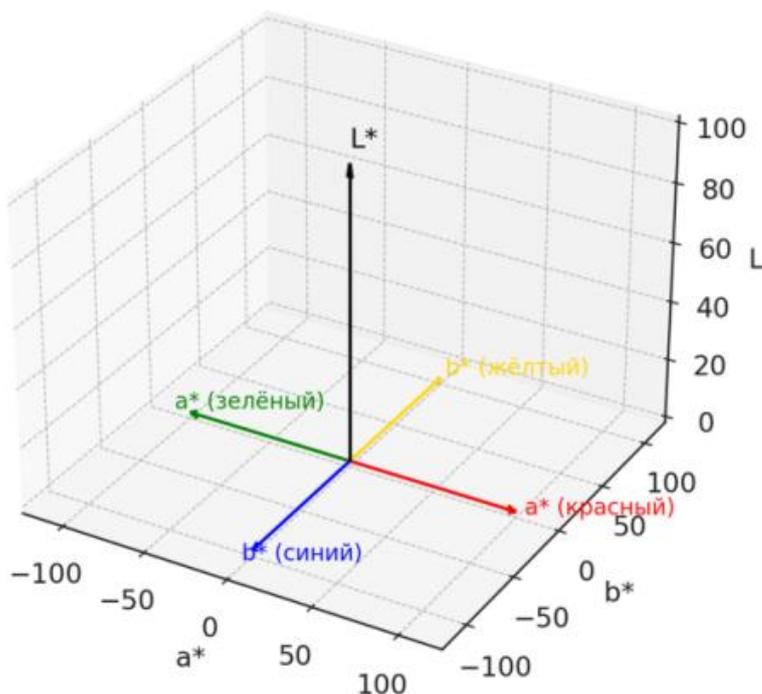


Рисунок 1. Цветовое пространство CIELAB

Значение b^* имеет прямую зависимость от содержания лютеина и каротина. По нашим расчетам корреляционная связь между значением b^* и содержанием каротиноидов в цельносмолотом зерне определенное на основе экстракции водонасыщенным н-бутанолом составило $r = 0,76$.

Для визуализации цвета цельноразмолотого зерна проведена конвертация значений $L^*a^*b^*$ в аддитивную цветовую модель RGB (Red, Green, Blue) [18] (Таблица 3).

Таблица 3. Результат визуализации значений $L^*a^*b^*$ в RGB для шрота (цельносмолотого зерна) и семолины зерна яровой твердой пшеницы, урожая 2023-2024 гг.

Сорт	Цвет цельносмолотого зерна	Цвет семолины
Корона (St)		
Дамсинская 90 3		
Дамсинская янтарная		
Дамсинская 2017		
Дамсинская юбил		
Лавина		
Торгай		
СИД-88		
Безенчукская нива		
Линия 19		
Тибетка		
Омская янтарная		
Iride		
Duraking		
Svevo		
Egeo		
Obelix		
Odisseo		
Grekalle		
Славута		

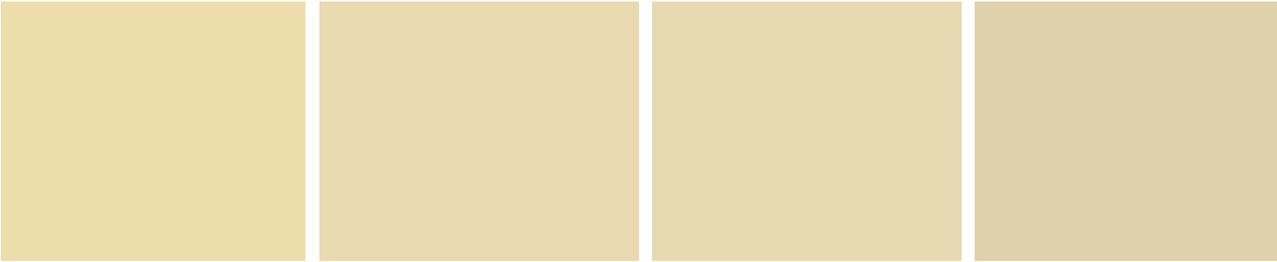
Как видно из таблицы 3, шрот и семолина примерно одного цвета, но различного оттенка, шрот темнее семолины, что объясняется присутствием оболочек, отрубей, влияющие на цветовую характеристику образца. Анализ значений $L^*a^*b^*$ показал что светлый тон семолины образован за счет сдвига значения L^* в белую сторону в среднем на 4-5 ед., параметр a^* от красного к зеленому на 2,45 ед., а b^* увеличился в среднем на 5,5 ед, при минимальном сдвиге 0,59 и максимальном 9,09 ед.

Для получения качественных макаронных изделий из семолины, значение желтого цвета b^* должно быть от 20 и выше [19], L^* от ~67–72, a^* к 0 и до +2 (т.е. невысокое смещение в область красного). Соответствие данным значениям исключает бурый или коричневый тон готовой продукции (макароны, паста, спагетти) [20].

По результатам исследований семолина изученных сортов, по значению b^* соответствовала требованиям для получения качественной продукции. Светлый тон L^* находился в пределах от 83,61 до 88,39, что на наш взгляд не столь критично. Однако значения a^* оказались ближе к зеленой области. У сортов отечественной селекции: Дамсинская 90, Дамсинская янтарная и Торгай, параметр b^* имел значения менее 20 (19,45; 19,83 и 16,60 соответственно), но значение a^* ближе к 0 (-0,98; -0,91 и 0,06 соответственно).

С другой стороны, у семолины иностранных сортов: Безенчукская нива, Омская янтарная, Svevo, Egeo и Odisseo величина a^* показало больший сдвиг в зеленую сторону, но при этом, общий цвет по нашему мнению имеет максимальное соответствие для производства макаронных изделий.

На основе визуальной оценки изученные сорта дифференцированы на группы по интенсивности желтого цвета семолины (Таблица 2). Средние значения $L^*a^*b^*$ и их перевод в цветовую модель RGB представлено на рисунке 2



L^*	a^*	b^*									
86,35	-2,28	26,50	87,36	-1,49	22,22	87,13	-1,45	21,11	84,04	-0,97	20,29

Рисунок 2. Средние данные $L^*a^*b^*$ семолины сортов дифференцированные в четыре группы

Как видно изменение оттенков от группы №1 к №4 характеризуется как от светлого к темному. Параметр L^* вероятно не оказывает существенного влияния, тогда как у значений a^* и b^* проявляются некоторые тенденции. А именно, параметр a^* в группе №1 имеет отрицательное значение -2,28 (зеленая область) и постепенное смещение в красную часть -0,97 группы №4. Значение b^* также меняется от светло-желтого в сторону синей области. Вероятно, параметры a^* и b^* имеют большее значение при формировании цвета семолины, наиболее подходящие при производстве макаронных изделий.

При сравнении результатов дифференциации сортов на группы по параметрам $L^*a^*b^*$ шрота/семолины и биохимическим показателям оказалось, что сорта сформировавшие группу №1 по параметрам $L^*a^*b^*$, также вошли в первую группу и по биохимическим параметрам зерна. Однако при дальнейшем сравнительном анализе, какие либо причинные связи не наблюдались. Вероятно, это связано с тем, что содержание каротиноидных пигментов имеет очень слабую корреляционную связь с параметрами зерна, а на цвет семолины влияет не только содержание каротиноидов, но и качество размола.

Заключение

На основе биохимического анализа зерна сортов твердой пшеницы, а также изучения цветовых характеристик полученной семолины, выделены такие сорта как: Корона, Лавина, Дамсинская юбилейная, Безенчукская нива, Svevo, Egeo, Odisseo, Славута. Данные сорта могут быть ценным исходным материалом для селекции на качественные биохимические характеристики (содержание протеина, высокий глютен-индекс, содержание клейковины), а также созданию гибридов с необходимыми цветовыми характеристиками семолины.

Благодарность. Исследования проведены в рамках научно-технической программы по программно-целевому финансированию 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».

Список литературы

1. Blanco A. Structure and trends of worldwide research on durum wheat by bibliographic mapping [Text] / A. Blanco // Int. J. Plant Biol. – 2024. – Vol. 15, № 1. – P. 132–160. <https://doi.org/10.3390/ijpb15010012>
2. International Grains Council (IGC) [Электронный ресурс] : официальный сайт. – URL: <https://www.igc.int/en/default.aspx> (дата обращения: 19.09.2025).
3. Martínez-Moreno F. Global changes in cultivated area and breeding activities of durum wheat from 1800 to date: a historical review [Text] / F. Martínez-Moreno, K. Ammar, I. Solís // Agronomy. – 2022. – Vol. 12, № 5. – Art. 1135. <https://doi.org/10.3390/agronomy12051135>
4. Ames N. P. The effect of extra-strong gluten on quality parameters in durum wheat [Text] / N. P. Ames, J. M. Clarke, B. A. Marchylo, J. E. Dexter, L. M. Schlichting, S. M. Woods // Can. J. Plant Sci. – 2003. – Vol. 83, № 3. – P. 525–532. <https://doi.org/10.4141/P02-072>

5. Дашкевич С. М. Сравнительный анализ сортов яровой мягкой пшеницы по качеству зерна [Текст] / С. М. Дашкевич, М. У. Утебаев, Е. К. Каиржанов, О. О. Крадецкая, И. В. Чилимова // Изденістер, нәтижелер - Исследования, результаты. – 2024. - №3 (103). - С. 222-230. <https://doi.org/10.37884/3-2024/25>
6. Ames N. P. Effects of nitrogen fertilizer on protein quantity and gluten strength parameters in durum wheat (*Triticum turgidum* L. var. durum) cultivars of variable gluten strength [Text] / N. P. Ames, J. M. Clarke, J. E. Dexter, S. M. Woods, F. Selles, B. Marchylo // Cereal Chem. – 2003. – Vol. 80, № 2. – P. 203–211. <https://doi.org/10.1094/CCHEM.2003.80.2.203>
7. Vida G. Effect of genotypic, meteorological and agronomic factors on the gluten index of winter durum wheat [Text] / G. Vida, L. Szunics, O. Veisz, Z. Bedő, L. Láng, T. Árendás, M. Rakszegi // Euphytica. – 2014. – Vol. 197. – P. 61–71. <https://doi.org/10.1007/s10681-013-1052-6>
8. Wei S. Asymmetric differences in the effects of average air temperature and solar radiation on early rice and late rice yield [Text] / S. Wei, A. Peng, J. Liu, D. Wei, C. Chen // Atmosphere. – 2021. – Vol. 12, № 12. – Art. 1541. <https://doi.org/10.3390/atmos12121541>
9. García-Casal M. N. Vitamin A and β -carotene can improve nonheme iron absorption from rice, wheat and corn by humans [Text] / M. N. García-Casal, M. Layrisse, L. Solano, M. A. Barón, F. Arguello, D. Llovera, J. Ramírez, I. Leets, E. Tropper // J. Nutr. – 1998. – Vol. 128, № 3. – P. 646–650. <https://doi.org/10.1093/jn/128.3.646>
10. AACC International. AACC International Official Method 14-50.01 [Text] // Approved Methods of the American Association of Cereal Chemists. – 11th ed. – St. Paul, MN, USA :AACC International, 2013. <https://www.cerealsgrains.org/resources/Methods/Pages/14ColorPigments.aspx>
11. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта [Текст]/ Б. А. Доспехов. – М. : Колос, 1985. – 416 с.
12. Iqbal M. The effect of vernalization genes on earliness and related agronomic traits of spring wheat in northern growing regions [Text] / M. Iqbal, A. Navabi, R. C. Yang, D. F. Salmon, D. Spaner // Crop Sci. – 2007. – Vol. 47, № 3. – P. 1031–1039. <https://doi.org/10.2135/cropsci2006.09.0618>
13. Farrer D. Delayed harvest effect on soft red winter wheat in the southeastern USA [Text] / D. Farrer, R. Weisz, R. Heiniger, J.P. Murphy, M.H. Pate // Agron. J. – 2006. – Vol. 98, № 3. – P. 588–595. <https://doi.org/10.2134/agronj2005.0211>
14. Sissons M. Role of durum wheat composition on the quality of pasta and bread [Text] / M. Sissons // Food. – Global Science Books, 2008. – P. 75–90. https://www.researchgate.net/publication/228487489_Role_of_durum_wheat_composition_on_the_quality_of_pasta_and_bread
15. United States Department of Agriculture, Agricultural Marketing Service, Federal Grain Inspection Service. Subpart M – United States Standards for Wheat. [Text] / Washington, DC: USDA, 2014. <https://www.ams.usda.gov/sites/default/files/media/WheatStandards.pdf>
16. Matsuo R. R. Relationship between some durum wheat physical characteristics and semolina milling properties [Text] / R. R. Matsuo, J. I. Dexter // Can. J. Plant Sci. – 1980. – Vol. 60, № 1. – P. 117–120. <https://doi.org/10.4141/cjps80-007>
17. CIE. Colorimetry. 3rd ed. (CIE 15:2004). [Text] // Vienna : Central Bureau of the CIE, 2004. – 79 p. <https://cielab.xyz/pdf/cie.15.2004%20colorimetry.pdf>
18. ColorDesigner. LAB to RGB Converter. URL: <https://colordesigner.io/convert/labtorgb> (дата обращения: 19.09.2025).
19. Sissons M. Methods used to assess and predict quality of durum wheat, semolina, and pasta [Text] / M. Sissons, J. Abecassis, B. Marchylo, R. Cubadda // 2nd ed. – MS, United States: AACC International, Inc., 2012. <https://doi.org/10.1016/B978-1-891127-65-6.50017-9>.
20. Carpentieri S. Influence of semolina characteristics and pasta-making process on the physicochemical, structural, and sensorial properties of commercial durum wheat spaghetti [Text] / S. Carpentieri, D. Larrea-Wachtendorff, G. Ferrari // Frontiers in Food Science and Technology. – 2024. – V. 4. – P. 1416654. <https://doi.org/10.3389/frfst.2024.1416654>.

References

1. Blanco A. Structure and trends of worldwide research on durum wheat by bibliographic mapping [Text] / A. Blanco // Int. J. Plant Biol. – 2024. – Vol. 15, № 1. – P. 132–160. <https://doi.org/10.3390/ijpb15010012>
2. International Grains Council (IGC) [Электронный ресурс] : официальный сайт. – URL: <https://www.igc.int/en/default.aspx> (дата обращения: 19.09.2025).
3. Martínez-Moreno F. Global changes in cultivated area and breeding activities of durum wheat from 1800 to date: a historical review [Text] / F. Martínez-Moreno, K. Ammar, I. Solís // Agronomy. – 2022. – Vol. 12, № 5. – Art. 1135. <https://doi.org/10.3390/agronomy12051135>
4. Ames N. P. The effect of extra-strong gluten on quality parameters in durum wheat [Text] / N. P. Ames, J. M. Clarke, B. A. Marchylo, J. E. Dexter, L. M. Schlichting, S. M. Woods // Can. J. Plant Sci. – 2003. – Vol. 83, № 3. – P. 525–532. <https://doi.org/10.4141/P02-072>
5. Dashkevich S. M. Sravnitel'nyi analiz sortov iarovoi miagkoi psheinitzy po kachestvu zerna [Text] / S. M. Dashkevich, M. U. Utebaev, E. K. Kairzhanov, O. O. Kradskaia, I. V. Chilimova // Izdenister, nәtizheler – Issledovaniia, rezul'taty. – 2024. – № 3 (103). – S. 222–230. <https://doi.org/10.37884/3-2024/25>
6. Ames N. P. Effects of nitrogen fertilizer on protein quantity and gluten strength parameters in durum wheat (*Triticum turgidum* L. var. durum) cultivars of variable gluten strength [Text] / N. P. Ames, J. M. Clarke, J. E. Dexter, S. M. Woods, F. Selles, B. Marchylo // Cereal Chem. – 2003. – Vol. 80, № 2. – P. 203–211. <https://doi.org/10.1094/CCHEM.2003.80.2.203>
7. Vida G. Effect of genotypic, meteorological and agronomic factors on the gluten index of winter durum wheat [Text] / G. Vida, L. Szunics, O. Veisz, Z. Bedő, L. Láng, T. Árendás, M. Rakszegi // Euphytica. – 2014. – Vol. 197. – P. 61–71. <https://doi.org/10.1007/s10681-013-1052-6>
8. Wei S. Asymmetric differences in the effects of average air temperature and solar radiation on early rice and late rice yield [Text] / S. Wei, A. Peng, J. Liu, D. Wei, C. Chen // Atmosphere. – 2021. – Vol. 12, № 12. – Art. 1541. <https://doi.org/10.3390/atmos12121541>
9. García-Casal M. N. Vitamin A and β -carotene can improve nonheme iron absorption from rice, wheat and corn by humans [Text] / M. N. García-Casal, M. Layrisse, L. Solano, M. A. Barón, F. Arguello, D. Llovera, J. Ramírez, I. Leets, E. Tropper // J. Nutr. – 1998. – Vol. 128, № 3. – P. 646–650. <https://doi.org/10.1093/jn/128.3.646>
10. AACC International. AACC International Official Method 14-50.01 [Text] // Approved Methods of the American Association of Cereal Chemists. – 11th ed. – St. Paul, MN, USA : AACC International, 2013. <https://www.cerealsgrains.org/resources/Methods/Pages/14ColorPigments.aspx>
11. Dospekhov B. A. Metodika polevogo opyta [Text] / B. A. Dospekhov. – M. : Kolos, 1985. – 416 s.
12. Iqbal M. The effect of vernalization genes on earliness and related agronomic traits of spring wheat in northern growing regions [Text] / M. Iqbal, A. Navabi, R. C. Yang, D. F. Salmon, D. Spaner // Crop Sci. – 2007. – Vol. 47, № 3. – P. 1031–1039. <https://doi.org/10.2135/cropsci2006.09.0618>
13. Farrer D. Delayed harvest effect on soft red winter wheat in the southeastern USA [Text] / D. Farrer, R. Weisz, R. Heiniger, J.P. Murphy, M.H. Pate // Agron. J. – 2006. – Vol. 98, № 3. – P. 588–595. <https://doi.org/10.2134/agronj2005.0211>
14. Sissons M. Role of durum wheat composition on the quality of pasta and bread [Text] / M. Sissons // Food. – Global Science Books, 2008. – P. 75–90. https://www.researchgate.net/publication/228487489_Role_of_durum_wheat_composition_on_the_quality_of_pasta_and_bread
15. United States Department of Agriculture, Agricultural Marketing Service, Federal Grain Inspection Service. Subpart M – United States Standards for Wheat. [Text] / Washington, DC : USDA, 2014. <https://www.ams.usda.gov/sites/default/files/media/WheatStandards.pdf>
16. Matsuo R. R. Relationship between some durum wheat physical characteristics and semolina milling properties [Text] / R. R. Matsuo, J. I. Dexter // Can. J. Plant Sci. – 1980. – Vol. 60, № 1. – P. 117–120. <https://doi.org/10.4141/cjps80-007>

17. CIE. Colorimetry. 3rd ed. (CIE 15:2004). [Text] // Vienna : Central Bureau of the CIE, 2004. – 79 p. <https://cielab.xyz/pdf/cie.15.2004%20colorimetry.pdf>
18. ColorDesigner. LAB to RGB Converter. URL: <https://colordesigner.io/convert/labtorgb> (дата обращения: 19.09.2025).
19. Sissons M. Methods used to assess and predict quality of durum wheat, semolina, and pasta [Text] / M. Sissons, J. Abecassis, B. Marchylo, R. Cubadda // 2nd ed. – MS, United States: AACCI International, Inc., 2012. <https://doi.org/10.1016/B978-1-891127-65-6.50017-9>.
20. Carpentieri S. Influence of semolina characteristics and pasta-making process on the physicochemical, structural, and sensorial properties of commercial durum wheat spaghetti [Text] / S. Carpentieri, D. Larrea-Wachtendorff, G. Ferrari // Frontiers in Food Science and Technology. – 2024. – V. 4. – P. 1416654. <https://doi.org/10.3389/frfst.2024.1416654>.

**М.У. Утебаев*, С.М. Дашкевич, Р.С. Жылкыбаев, Т.Ю. Жигула,
О.О. Крадецкая, И.В. Чилимова**

«Бараев А.И. атындағы Астық шаруашылығы ғылыми-өндірістік орталығы» ЖШС,
Научный ауылы, Шортанды ауданы, Ақмола облысы, Қазақстан, phytochem@yandex.ru*

**СОЛТҮСТІК ҚАЗАҚСТАН ЖАҒДАЙЫНДА ҚАТТЫ БИДАЙ ДӘНДЕРІНІҢ
(*Triticum durum* Desf.) БИОХИМИЯЛЫҚ ЖӘНЕ ТҮС СИПАТТАМАЛАРЫ
Аңдатпа**

Қатты бидай (*Triticum turgidum* subsp. *durum*) – макарон өнімдері, паста, булгур және т.б. өндіруге арналған негізгі дақыл. Дән сапасын сипаттайтын негізгі белгілерге биохимиялық көрсеткіштер (ақуыз, клейковина мөлшері, глютен-индекс, шынылылық және т.б.), сондай-ақ дайын өнімнің түсін қалыптастыратын пигменттік құрамы жатады. Зерттеудің мақсаты – әртүрлі эколого-географиялық шығу тегі бар жаздық қатты бидай сорттарын бағалау және сапалық көрсеткіштерді жақсартуға бағытталған селекцияда пайдалануға ең құнды генотиптерді іріктеу болды. Дәннің биохимиялық параметрлері жалпы қабылданған стандартты әдістемелер бойынша анықталды, ал каротиноидты пигменттердің мөлшері спектрофотометриялық әдіспен (оптикалық тығыздық негізінде) және колориметриялық әдіспен Minolta CR-300 анализаторы арқылы өлшенді. Сорттар арасында биохимиялық көрсеткіштері мен пигмент мөлшері бойынша айырмашылықтар анықталды. Дәннің натуралық массасы 711-ден 824 г/л аралығында ауытқып, орташа мәні 791 г/л құрады. Дәннің натуралық массасы мен клейковина мөлшері арасында күшті корреляциялық байланыс ($r = 0,81$) орнатылды. Ақуыз мөлшері 12,33% (Grekalle) пен 16,74% (Svevo) аралығында болып, орташа есеппен 13,96% болды. Каротиноидты пигменттердің мөлшері 0,218 мг/% (Славута) пен 0,435 мг/% (Obelix) аралығында, орташа 0,312 мг/% деңгейінде анықталды. Жүргізілген биохимиялық зерттеулер негізінде қатты бидай коллекциясынан жоғары сапалық көрсеткіштері мен жетілдірілген тағамдық қасиеттерін үйлестіретін жаңа будандар мен сорттарды жасауға донор бола алатын үлгілер іріктелді.

Кілт сөздер: қатты бидай, семолина, дән сапасы, каротиноидтар, жарма түсі, CIELAB, RGB.

**М.У. Utebayev*, S.M. Dashkevich, R.S. Zhylykbayev, T.Yu. Zhigula,
O.O. Kradetskaya, I.V. Chilimova**

LLP “A. I. Baraev Scientific and Production Center of Grain Farming”, Nauchny settlement,
Shortandy district, Akmola region, Kazakhstan, phytochem@yandex.ru*

**BIOCHEMICAL AND COLOR CHARACTERISTICS OF DURUM WHEAT (*Triticum durum* Desf.) GRAIN UNDER THE CONDITIONS OF NORTHERN KAZAKHSTAN
Abstract**

Durum wheat (*Triticum turgidum* subsp. *durum*) is a major crop for the production of pasta, noodles, bulgur, etc. The key traits determining grain quality include biochemical indicators (protein content, gluten, gluten index, vitreousness, etc.) as well as the pigment composition that defines the color of the final product. The aim of the study was to evaluate spring durum wheat varieties of

diverse ecological and geographical origin and to identify the most valuable genotypes for use in breeding programs aimed at improving quality traits. Biochemical parameters of the grain were determined according to generally accepted standard methods, while carotenoid pigments were quantified spectrophotometrically (based on optical density) and colorimetrically using a Minolta CR-300 analyzer. Differences among varieties were established for biochemical indicators and pigment content. The test weight of grain ranged from 711 to 824 g/L, with an average of 791 g/L. A strong correlation ($r = 0.81$) was found between test weight and gluten content. Protein content ranged from 12.33% (Grekalle) to 16.74% (Svevo), with an average of 13.96%. The carotenoid pigment content varied from 0.218 mg/% (Slavuta) to 0.435 mg/% (Obelix), with an average of 0.312 mg/%. Based on the biochemical evaluation of the durum wheat collection, varieties were identified that can serve as donors for developing new hybrids and cultivars combining high quality parameters with improved nutritional properties.

Keywords: durum wheat, semolina, grain quality, carotenoids, semolina color, CIELAB, RGB.

Вклад авторов

Концептуализация – Утебаев М.У.

Курирование данных - Крадецкая О.О., Дашкевич С.М., Утебаев М.У.

Формальный анализ - Крадецкая О.О., Дашкевич С.М., Чилимова И.В.

Методология - Крадецкая О.О., Дашкевич С.М., Жылкыбаев Р.С.,

Ресурсы – Жылкыбаев Р.С., Жигула Т.Ю.

Проверка - Утебаев М.У., Крадецкая О.О., Дашкевич С.М., Чилимова И.В.

Написание – обзор и редактирование - Утебаев М.У., Дашкевич С.М.

МРНТИ 68.35.03

DOI <https://doi.org/10.37884/4-2025/28>

*В.С. Ерошенко*¹, Н.И. Филиппова¹*

¹ТОО «Научно-производственный центр зернового хозяйства им. А.И. Бараева»,
п.Научный, Казахстан, vyacheslav.work.baraeva@gmail.com*, filippova-nady@mail.ru

ИЗУЧЕНИЕ СОРТООБРАЗЦОВ КОСТРЕЦА БЕЗОСТОГО (*Bromus inermis*) В УСЛОВИЯХ СЕВЕРНОГО КАЗАХСТАНА

Аннотация

В данной статье представлены результаты изучения за 2022-2024 годы питомника конкурсного сортоиспытания костреца безостого в условиях степной зоны Северного Казахстана. Исследования проводились в Акмолинской области в ТОО «НПЦ зернового хозяйства имени А.И. Бараева». Объектом исследований служили 19 сортообразцов костреца безостого, данные сортообразцы изучались по основным хозяйственно-ценным признакам (урожайность зеленой массы, урожайности сухого вещества, урожайности семян); по биологическим свойствам (зимостойкости, засухоустойчивости, продолжительности периодов вегетации) и по химическому составу корма.

В результате изучения по комплексу хозяйственно-ценных признаков в питомнике конкурсного сортоиспытания костреца безостого за полный цикл изучения (2022-2024 годы) выделено 3 перспективных сортообразца; К-964, К-621, К-965. Эти сортообразцы превзошли стандартный сорт Акмолинский изумрудный (93,3 ц/га, 32,0 ц/га, 2,0 ц/га) по урожайности зеленой массы на 2,7-10,4% ц/га, по урожайности сухого вещества на 5,6-18,2%, по урожайности семян на 5-10%, и по питательной ценности корма (превышение по содержанию сырого протеина на 4,6-14,0%) при показателе стандарта Акмолинский изумрудный (12,09) ,