

белгілермен қасиеттерін күшейтуде барысында (жоғары сапалы тұқым алу, тұқымды ірілету, аурулар мен зиянкестерге төзімді және т.б.) қолдануға болады.

Негізгі сөздер: гендікқор, селекция, ноқат, сорт үлгілері, өнімділік, ақуыз, дән.

**K.Zh. Baitarakova^{1,2*}, M.S. Kudaibergenov², A.Zh. Saikenova², M. Kanatkyzy²,
B.M.Bashabayeva², T.D. Mereyeva², G.O. Bayadilova¹**

¹ Kazakh National Agrarian University, Almaty, Kazakhstan, kuralai_baitarakova@mail.ru,
zhalaiirka_kushik@mail.ru

²Kazakh Research Institute of Agriculture and Plant Growing, Almalybak, Kazakhstan
muhtar.sarsenbek@mail.ru, alma.arai@mail.ru, kanatkyzy_makpal@mail.ru, tolkin_ali@mail.ru,
bahytgul_1965@mail.ru

YIELD AND QUALITY OF CHICKPEA VARIETIES IN THE CONDITIONS OF SOUTH-EAST KAZAKHSTAN

Abstract

The article presents the results of studies of chickpea varieties on yield and grain quality in two arable land backgrounds (semi-secure and hard rain-fed) in the South-East of Kazakhstan. Chickpeas are among the most valuable food leguminous crops, grown mainly on grain, which consists of more than a third of protein. The purpose of this work is to study and isolate the initial forms for breeding, creating new highly productive varieties with good product quality. The authors of this article have identified cultivars with high yield and high protein content, which are of interest for breeding the following cultivars of semi-secured rain-fed: D-9913 (13.2 c/ha-25.4%), D-9901 (13.2 c/ha-25.0%), D-9904 (17.2 c/ha-25.4%), D-9905 (17.2 c/ha-26.3%), D-9914 (17.3 c/ha-27.1), D-9934 (12.3 c/ha-25.4%), D-9939 (13.3 c/ha-25.5%), D-9945 (14.2 c/ha-26.0%), D-9950 (15.2 c/ha-25.2%), D-9917 (15.5 c/ha-25.1), D-9910 (17.3 c/ha-26.7) in conditions of severe rain-fed: D-9918 (10.2 c/ha-25.2%), D-9913 (9.6 c/ha-25.0%), D9914 (12.3 c/ha-26.5%), D9905 (10.2 c/ha-25.4%), D-9910 (10.6 c/ha-26.3%), D-9945 (8.8c/ha-26.1%), D9939 (8.2 c/ha-25.2%), D-9948 (8.5 c/ha-26.3%), D-9917 (9.5 c/ha-25.1%), D-9950 (7.6c/ha-25.0%). These samples can be used in crossbreeding to enhance other economically valuable signs and properties (creation of high grain weight, large-seeding, resistance to diseases and pests, etc.) in conditions of harsh weather.

Key words: gene-pool, breeding, chickpeas, variety type, yield, protein, grain.

МРНТИ 68.03.03; 34.05.17

DOI <https://doi.org/10.37884/2-1-2024/537>

*Д.И. Бабисекова¹, Ш. Мазкират¹, Ш.А. Халбаева¹, К. Абдуламонов²,
А.М. Еспембетова¹, А.Е.Тукенов¹, К.М. Булатова^{*1}*

¹Казахский научно-исследовательский институт земледелия и растениеводства,
п.Алмалыбак, Алматинская обл., Казахстан,
janeka_88@mail.ru, shynarbek.mazkirat@gmail.com, sholpan_2706@mail.ru,
tukenov97@mail.ru, bulatova_k@rambler.ru*

²Памирский биологический институт им. академика Х. Юсуфбекова, НАНТ,
г. Хороз, Таджикистан, ahmad79.79@mail.ru

БЕЛКОВЫЕ И МОЛЕКУЛЯРНЫЕ МАРКЕРЫ В ПРОГНОЗЕ КАЧЕСТВА СТАРОМЕСТНЫХ СОРТОВ ПШЕНИЦЫ ЗАПАДНОГО ПАМИРА

Аннотация

Сохранение генетического разнообразия возделываемых сортов и гибридов сельскохозяйственных культур является одной из важнейших задач аграрной науки, способствующей стабильному производству растениеводческой продукции.

Одним из возможных источников ценных признаков являются староместные сорта, все еще возделываемые в различных эколого-географических условиях.

Они представляют собой нетронутый запас разнообразия, источников устойчивости к неблагоприятным условиям произрастания, свойств, улучшающих качественные показатели растительной продукции.

В статье представлены результаты исследований 9 староместных сортов Западного Памира (Таджикистан, Афганистан) по белковым и молекулярным маркерам, определяющим качество зерна и муки пшеницы.

Методом электрофореза запасного белка семян – глиаина выявлена специфичность всех сортообразцов, за исключением сортов Садирак белоколосый и Садирак красноколосый, которые были идентичны по картине белкового спектра.

Анализ состава высокомолекулярных субъединиц глютеина (ВМСГ) показал, что все проанализированные сортообразцы имели нулевую-с аллель локуса *Glu-A1*, за исключением сортов Сафедакс Ишкашимский и Блудон.

Все староместные сорта являлись носителями аллели *b* локуса *Glu-B1*, ответственную за биосинтез ВМСГ 7+8.

По составу ВМСГ, контролируемых локусом *Glu-D1*, все образцы имели субъединичную пару 2+12 (аллель *a* данного локуса).

Молекулярное маркирование подтвердило состав ВМСГ изученных сортообразцов, выявленный нами методом электрофореза белков.

Наиболее высокую оценку качества по глютеину имеют сортообразцы Сафедакс Ишкашимский и Блудон.

ПЦР анализ выявил у всех староместных сортов аллели *Pina-D1a* и *Pinb-D1a* (дикий тип), характерные для мягкозерных пшениц.

Генотипирование староместных сортов по аллельному составу *waхu* генов не выявило носителей мутантных, нуль аллелей, все староместные сорта характеризовались типичным соотношением двух фракций крахмала.

Ключевые слова: староместный сорт пшеницы, Памир, качество, белковый, молекулярный маркеры, твердозерность, *waхu* гены.

Введение

Широкое включение в гибридизацию узкого набора сортов приводит к сужению генетической базы важнейших сельскохозяйственных культур и ставит под угрозу обеспеченность питанием будущее человечества, поскольку эксплуатация одного и того же набора генов (генетического пула) уже не приводит к повышению урожайности и адаптированности к постоянно меняющимся условиям окружающей среды.

Создание новых сортов невозможно без научно подобранного и комплексно изученного исходного материала из различных эколого-географических зон [1].

Молекулярное маркирование ценных селекционных признаков становится неотъемлемым подходом в селекции сельскохозяйственных культур, в том числе и пшеницы [2,3]

Староместные сорта пшеницы, длительное время возделывающиеся в жестких климатических условиях, представляют собой нетронутый запас разнообразия, источников устойчивости к неблагоприятным условиям произрастания, свойств, улучшающих качественные показатели растительной продукции [4,5].

Таджикистан является одним из центров разнообразия пшеницы в Центральной Азии. Староместные сорта пшеницы до настоящего времени выращиваются фермерами ГБАО

(Горно-Бадахшанская автономная область) Таджикистана на высоте более 2000 м. н.у.м., поскольку современные сорта не выдерживают суровых климатических условий высокогорий. Необходимо использовать в селекционных программах все ценные признаки староместных сортов Таджикистана (ФАО, 2016).

Староместные сорта Горно-Бадахшанской автономной области Таджикистана (Западный Памир) могут служить источниками ценных адаптационных признаков и качественных показателей, включение этих сортов в селекцию приведет к обогащению селекционного пула и созданию перспективных линий с новыми генетическими ассоциациями качества и урожайности [6].

Генетический потенциал современных сортов пшеницы, использованных для гибридизации со староместными сортами, может быть использован для выведения форм, совмещающих адаптированность к стрессовым условиям и стабильную урожайность, высокое качество.

Староместные сорта высокогорий Таджикистана все еще остаются недостаточно изученными для их использования в улучшении сортов, для их эффективного использования в селекции требуется их тщательная характеристика на геномном уровне.

Целью настоящих исследований являлась характеристика стародавних сортов Западного Памира по белковым и молекулярным маркерам, определяющим качество зерна и муки пшеницы.

Реализация цели требовала решения следующих задач:

- оценка специфичности староместных сортов Западного Памира по составу запасных белков семян –глиадинов и глютеинов;
- генотипирование сортообразцов по аллелям генов, контролирующим качественные показатели зерна пшеницы.

Методы и материалы

Объектами исследований были сортообразцы староместных сортов мягкой пшеницы, длительное время возделывающиеся в высокогорных условиях Западного Памира (таблица 1). Образцы представлены Памирским биологическим институтом им. академика Х. Юсуфбекова, Таджикистан.

Таблица 1 - Староместные сорта мягкой пшеницы Западного Памира

Сорт	Оригинатор
Сафедак ишкашимский (St)	Местный, из таджикского Бадахшана
Сурххуша	Местный, из таджикского Бадахшана
Бобилло	Местный, из таджикского Бадахшана
Киляк бартангский	Местный, из таджикского Бадахшана
Джалдак	Местный, из таджикского Бадахшана
Пандаки	Местный из афганского Бадахшана
Садирас белоколосый	Местный из афганского Бадахшана
Садирас красноколосый	Местный из афганского Бадахшана
Блудон (низкорослый)	Происхождение неизвестно

Анализ белков и ДНК семян проводили в лаборатории биотехнологии, биохимии, физиологии растений и оценки качества зерна ТОО «КазНИИЗиР» в 2023-2024 гг. Белковое маркирование проводили методом электрофореза запасных белков пшеничного зерна: глиадинов и глютеинов. Выделение проламинов вели 70% этанолом, фракционирование осуществляли в полиакриламидном геле, кислой системе в соответствии со стандартом СТ РК 3323-2018. Глютеины выделяли и фракционировали в щелочной среде согласно рекомендациям UPOV.

Идентификацию субъединиц глютеина проводили в сравнении со стандартными сортами пшеницы (Безостая 1, Pavon, Pitic).

Для молекулярного скрининга геномная ДНК выделялась из тщательно размолотого семени методом Dellaporta (1983).

Молекулярный скрининг по локусам *Glu-1* проводился с использованием известных маркеров аллелей *A, B, и D* геномов, контролирующих «x» и «y» субъединицы [7,8], (таблица 2).

Аллельные варианты генов *Pina-D1* и *Pinb-D1* локуса твердозерности (*Ha*) оценивались с помощью ПЦР маркеров, рекомендованных Lillemo et al., 2006 [9].

Для идентификации аллелей локусов *Wx-A1, Wx-B1* and *Wx-D1* использовали маркеры, рекомендованные Nakamura et.al., (2002) и Qin et al., 2018 [10, 11].

ПЦР анализ проводили в термоциклере iCycler “BIORAD”. Условия амплификации соответствовали рекомендациям авторов разработанных праймеров, а также подбирались опытным путем.

Электрофорез продуктов амплификации проводили в полиакриламидном геле (8 % акриламид, 1× трис – боратный буфер). Продукты амплификации обнаруживали бромистым этидием. Документирование полученных электрофореграмм проводили с помощью гель документирующей системы Quantum ST4, размерность продуктов - с помощью компьютерной программы “quantum capt, image analysis” относительно маркеров длины фрагментов ДНК.

Таблица 2 – Праймеры, использованные для маркирования генов, сцепленных с показателями качества зерна и муки

Локус	Маркер	Последовательность	Продукт , размер, п.н.	Источник
<i>Glu-A1</i>	<i>UMN 19</i>	GGAGACAATATGAGCAGCAAG CTGCCATGGAGAAGTTGGA	344 362	Liu et al.,2008
<i>Glu-D1</i>	<i>UMN25</i>	GGGACAATACGAGCAGCAAA CTTGTTCCGGTTGTTGCCA	299 281	Liu et al.,2008
<i>Glu-D1</i>	<i>UMN26</i>	CGCAAGACAATATGAGCAAAC TTGCCTTTGTCCTGTGTGTGC	397 415	Liu et al.,2008
<i>Glu-B1</i> <i>By8</i>	<i>PS7</i>	TTAGCGCTAAGTGCCGTCT TTGTCCTATTTGCTGCCCTT	527	Lei et al., 2006
<i>Pina-D1a</i> <i>Pina-D1b</i>	<i>Pina-D1</i>	CATCTATTCATCTCCACCTGC GTGACAGTTTATTAGCTAGT	520	Lillemo et al., 2006
<i>Pinb-D1a</i> <i>Pinb-D1b</i>	<i>Pinb-D1</i>	AATAAAGGGGAGCCTCAACC GAATAGAGGCTATATCATCACC A	500	Lillemo et al., 2006
<i>Wx-A1a</i> <i>Wx-A1b</i>	<i>Wx-A1</i>	CGTTTTAACTATACGTCTCGC ATATGCAAAGGAGGTGAGGAA C	1038	Huang et al.,2010
<i>Wx-B1a</i> <i>Wx-B1b</i>	<i>BDFL</i> <i>BRD</i>	CTGGCCTGCTACCTCAAGAGCA ACT CTGACGTCCATGCCGTTGACGA	497 455 425	Nakamura et al., 2002
<i>Wx-D1a</i> <i>Wx-D1b</i>	<i>Wx-D1-2</i>	ACAGGATCTCTCCTGGAAG GCAAGGAAAATAGTGAAGC	920 279	Qin et al.,2018

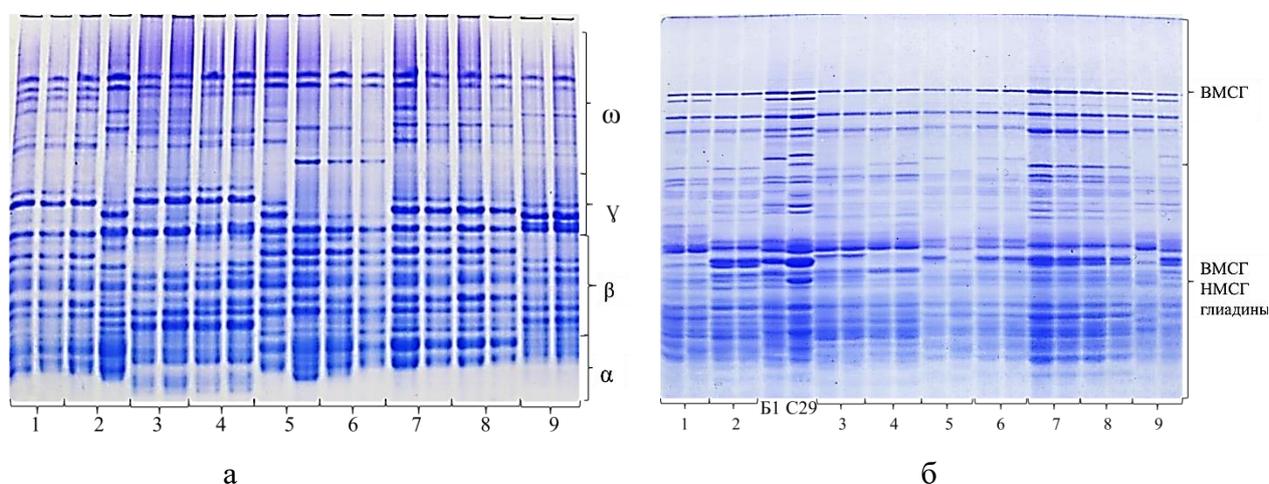
Результаты и обсуждение

Известно, что на ранних стадиях селекции (F2-F3 поколения) в распоряжении селекционера имеется недостаточное число зерен для оценки качественных показателей линий инструментальными методами. Белковое и молекулярное маркирование позволяет проводить исследования на единичных зернах с сохранением их зародышевой части и на отдельном растении, отбирать линии с требуемыми признаками и вести целевую селекцию в селекционных питомниках второго, третьего года.

Глиадины являются спирторастворимой фракцией запасных белков зерна пшеницы, в ходе электрофоретического фракционирования которых в полиакриламидном геле компоненты распределяются по молекулярной массе и заряду, формируя спектр, который фиксируется трихлоруксусной кислотой и окрашивается красителем. Для идентификации сорта при передаче на государственное сортоиспытание нами ведется регистрация компонентов в пределах четырех групп (α , β , γ и ω) с их нумерацией и относительной электрофоретической подвижностью.

Электрофорез запасных белков зерна изученных сортообразцов, проведенный в кислой и щелочной среде (рисунок 1), показал полиморфность большинства из них по составу глиадиновой фракции. Таковыми были образцы Сафедакс Ишкашимский, Сурххуша, Джалдак, Пандаки, Садирас красноколосый, Блудон. Сортообразец Сурххуша был полиморфен также и по составу высокомолекулярных глютеинов. Все образцы были специфичны по составу глиадинов, за исключением сортов Садирак белоколосый и Садирак красноколосый, которые были идентичны по комплексу основных клейковинных белков.

Спектр глиадинов и глютеинов может служить надежным показателем идентичности образца в ходе воспроизводства, быть полезным при оценке его гетерогенности [13].



1 – Сафедакс Ишкашимский; 2 – Сурххуша; 3 – Бабило; 4 – Киляк бартангский; 5 – Джалдак; 6 – Пандаки; 7 – Садирас белоколосый; 8 – Садирас красноколосый; 9 – Блудон.

Рисунок 1 - Спектр глиадинов (а) и комплекса глиадинов и глютеинов (б)

Глютеины, также как и глиадины, относятся к основным белкам зерна, формирующим клейковину. При экстракции всего белкового комплекса из муки в буферной среде с содержанием β -меркаптоэтанола становится возможным фракционирование преобладающего числа компонентов в ходе электрофореза в щелочной среде с ДДС Na. В белковом спектре проявляются высокомолекулярные субъединицы глютеина (ВМСГ), низкомолекулярные субъединицы глютеина (НМСГ) и глиадины. ВМСГ четко проявляются в верхней части полиакриламидного геля, их число варьирует, в зависимости от генотипа, максимальное число достигает, как правило, 5 субъединиц. Высокомолекулярные субъединицы глютеина

контролируются локусами *Glu -A1*, *Glu -B1* и *Glu -D1*, каждый из которых состоит из двух тесно сцепленных генов, экспрессирующих субъединицы х- и у-типов.

Все запасные белки оказывают влияние на эластичность и консистенцию теста, что отражается на хлебопекарном качестве. В наибольшей степени изучено влияние ВМСГ на показатели качества зерна и муки, предложена градация каждой аллели глютенинкодирующих локусов в качество (*Glu-1 quality score*), которая постоянно пополняется и уточняется [15].

Анализ состава высокомолекулярных субъединиц глютенина показал, что все проанализированные сортообразцы не имели в составе ВМСГ субъединицу 2* (нулевая, с аллель локуса *Glu-A1*), за исключением староместного сорта Сафедакс Ишкашимский и сортообразца Блудон. Сортообразец Сурххуша был полиморфен по этому показателю: часть зерен имела аллель *b*, контролирующую биосинтез ВМСГ 2*, которая имеет высокий ранг (3 балла) по вкладу в качество (таблица 3).

Для всех местных сортов как Таджикского, так и Афганского Бадахшана характерна аллель *b* локуса *Glu-B1*, контролирующая биосинтез *x* субъединицы 7 и *y* субъединицы 8. Этот вариант высоко ранжируется по градации Рауне по вкладу в оценку качества по глютенину – 3 балла.

По составу ВМСГ, контролируемых локусом *Glu-D1*, все образцы имели субъединичную пару 2+12 (аллель *a* данного локуса). Ее вклад в качество оценивается по *Glu-1 quality score* не очень высоко, в 2 балла.

Таблица 3 - Состав высокомолекулярных субъединиц глютенина у сортообразцов мягкой пшеницы Западного Памира

Наименование сортообразца	Локусы, ВМСГ			<i>Glu-1 quality score</i> , баллы
	<i>Glu-A1</i>	<i>Glu-B1</i>	<i>Glu-D1</i>	
Сафедакс Ишкашимский	2*	7+8	2+12	8
Сурххуша	0/2*	7+8	2+12	6/8
Бобило, Киляк бартангский, Джалдак, Пандаки, Садирас белоколосый, Садирас красноколосый	0	7+8	2+12	5
Блудон	2*	7+8	2+12	8

Исходя из полученных данных можно предположить, что наиболее высокие показатели качества муки и теста имеют сортообразцы Сафедакс Ишкашимский и Блудон.

Следует отметить, что все сорта имеют ценную аллель локуса *Glu-B1* (отвечает за биосинтез ВМСГ 7+8) и могут использоваться в селекции на повышение хлебопекарного качества [16].

Оценка качества по глютенину является прогнозной характеристикой, ряд авторов отмечают неполную корреляцию между оценкой Рауне (*Glu-1 score*) и фактическим качеством, в частности и по локусу *Glu -B1*[17].

В то же время, именно методами белкового, либо ДНК маркирования можно на ранних стадиях селекции оценивать, браковать низкокачественные и отбирать перспективные генотипы, сохранять и воспроизводить ценную линию без затрат большого количества зерна.

Для скрининга расщепляющихся гибридных популяций пригодны локус специфичные кодоминантные ДНК маркеры, визуализация которых позволяет отбирать гомо- и гетерозиготные по селектируемому признаку формы.

Для подтверждения правильности идентифицированных аллелей глютенинкодирующих локусов нами был проведен ПЦР анализ с использованием маркеров UMN19, UMN25 и UMN26, разработанных Liu et al. (2008) [8]. Анализ подтвердил состав ВМСГ изученных сортообразцов, выявленный нами методом электрофореза белков.

На рисунке 2 а приведен спектр продуктов амплификации с маркером UMN25, где фрагмент с размерностью 299 п.н. подтверждает наличие ВМСГ 2, контролируемую локусом *Glu-D1*, а фрагмент 281 п.н. – субъединицу 5. Сорта Pitic и Ravon использовались в качестве контролей, имеют ВМСГ 2 и 5, соответственно. При ПЦР с праймером *PS7*, использованным для генотипирования образцов по локусу *Glu-B1* контрольными образцами были сорта мягкой пшеницы Chinese spring и Стекловидная 23, имеющие ВМСГ у 8 локуса *Glu-B1*.

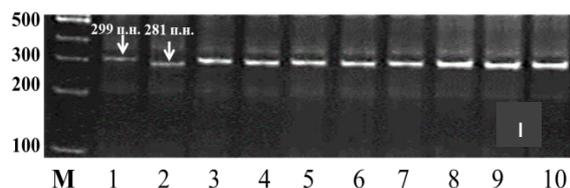
Твердозерность также является одним из важнейших показателей качества зерна и муки. Она определяет текстуру зерна, по выраженности признака мягкая пшеница подразделяется на 2 класса: твердозерная и мягкозерная. Различие в текстуре зерна определяется экспрессией гена твердозерности (*Ha*), расположенного на коротком плече хромосомы 5 [18].

Этот локус содержит гены, ответственные за биосинтез белков пуриноидин а (*PinaD1*) и пуриноидин б (*Pinb-D1*), которые формируют белок фрайбилин, от характера сцепленности которого с крахмалом зависит текстура зерна и структура муки [19].

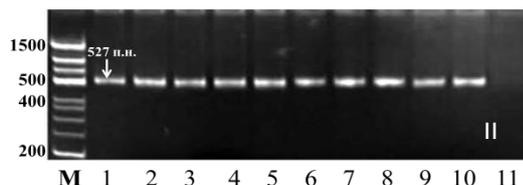
Твердозерные сорта пшеницы больше востребованы при выпечке хлеба из дрожжевого теста, тогда как мягкозерные сорта подходят для производства кондитерских изделий.

Проведенный нами ПЦР анализ выявил у всех староместных сортов аллели *Pina-D1a* и *Pinb-D1a* (дикий тип), характерные для мягкозерных пшениц. В качестве контроля использовали сорт твердой пшеницы (отсутствие локусов) и сорт мягкой пшеницы Казахстанская 10, у которого присутствует мутантная *b* аллель локуса *Pinb-D1* (рисунок 2, III).

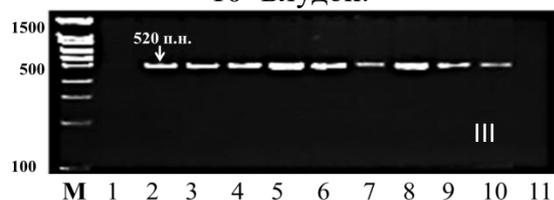
Состав крахмала также является важной характеристикой пшеничного зерна и муки, дифференцирующий конечный тип переработки.



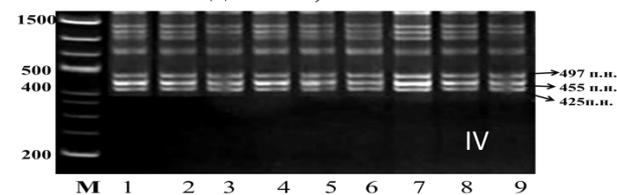
М-Маркер; 1-Pitic; 2- Ravon; 3- Сафедак Ишкашимский; 4-Сурхуша; 5-Бобило; 6-Киляк бартангский; 7-Джалдак; 8-Пандаки; 9- Садирас белоколосьий; 10- Блудон.



М-Маркер; 1- Chinese spring; 2- Сафедак Ишкашимский; 3-Сурхуша; 4-Бобило; 5-Киляк бартангский.; 6-Джалдак; 7-Пандаки; 8- Садирас белоколосьий; 9- Блудон; 10- Стекловидная 24; 11 - Казахстанская .



М-Маркер; 1-Наурыз 6; 2- Chinese spring; 3-Сафедак Ишкашимский; 4-Сурхуша; 5-Бобило; 6-Киляк бартангский; 7-Джалдак; 8-Пандаки; 9- Садирас белоколосьий; 10- Блудон; 11- Казахстанская 3.



М-Маркер; 1- Chinese spring; 2-Сафедак Ишкашимский; 3-Сурхуша; 4-Бобило; 5-Киляк бартангский; 6-Джалдак; 7-Пандаки; 8- Садирас белоколосьий; 9- Блудон.

Рисунок 2 - Спектры продуктов ПЦР амплификации ДНК маркеров локусов *Glu-D1*[I], *Glu-B1*у8 [II], *Pina-D1*[III] и *Wx-B1*[IV]

Крахмал пшеничного состоит из амилозы и амилопектина, синтез амилозы контролируется *Wx* генами (*Wx-A1*, *Wx-B1* и *Wx-D1*), локализованными в хромосомах 7AS, 4AL и 7DS [20].

Генотипирование староместных сортов по аллельному составу waxy генов не выявило носителей мутантных, нуль аллелей, все сорта характеризуются типичным соотношением двух фракций крахмала.

Выводы

Староместные сорта мягкой пшеницы Западного Памира идентифицированы по спектрам запасных белков – глиадинов и высокомолекулярных субъединиц глютеина. Образцы специфичны по составу глиадинов являются носителями ценной в отношении хлебопекарного качества субъединичной пары 7+8, контролируемой локусом *Glu-B1*. Методами молекулярного маркирования установлено, что все образцы относятся к мягкозерным пшеницам, мутантных аллелей waxy генов не выявлено.

Благодарность: Данное исследование финансируется Комитетом науки Министерства науки и высшего образования Республики Казахстан (Грант № AP19677334).

Список литературы

1. Базилова Д. Исходный материал для селекции яровой мягкой пшеницы в условиях северного Казахстана [Текст] / Д. Базилова, Ю. Долинный, Г. Иванова // *Izdenister Natigeler*. – 2022. - №2(94). – С. 37–46. <https://doi.org/10.37884/2-2022/05>
2. Song L. Molecular Markers and Their Applications in Marker-Assisted Selection (MAS) in Bread Wheat (*Triticum aestivum* L.) [Text] / L. Song, R. Wang, X. Yang, A. Zhang, D. Liu // *Agriculture*. – 2023. – V. 13. – P. 642. <https://doi.org/10.3390/agriculture13030642>
3. Кумарбаева М. Идентификация источников устойчивости к пятнистости septoria tritici в гермоплазме озимой пшеницы [Текст] // М. Кумарбаева, А. Кохметова, А. Малышева, А. Болатбекова // *Izdenister Natigeler*. – 2023. - №4(100). – С. 57–62. <https://doi.org/10.37884/4-2023/07>
4. Lazaridi, E. Crop Landraces and Indigenous Varieties: A Valuable Source of Genes for Plant Breeding [Text] / E. Lazaridi, A. Kapazoglou, M. Gerakari, K. Kleftogianni, K. Passa, E. Sarri, V. Papasotiropoulos, E. Tani, P.J. Bebeli, // *Plants*. – 2024. – V.13 (6). – P. 758. <https://doi.org/10.3390/plants13060758>
5. Marone, D. Importance of landraces in cereal breeding for stress tolerance [Text] / D. Marone, M.A. Russo, A. Mores, D.B. Ficco, G. Laidò, A.M. Mastrangelo, G.M. Borrelli // *Plants*. – 2021. – V. 10(7). – P. 1267. <https://doi.org/10.3390/plants10071267>
6. Отамбекова М.Г. Староместные сорта пшеницы на фермерских полях в Таджикистане [Текст] / М.Г. Отамбекова, Б.Ю. Хусенов, М.А. Махкамов // *Известия Академии Наук Республики Таджикистан Отделение биологических и медицинских наук*. – 2015. - №4 (192). - С.38-43.
7. Liu, S. New DNA markers for high molecular weight glutenin subunits in wheat [Text] / S. Liu, S. Chao, J.A. Anderson // *Theoretical and Applied Genetics*. – 2008. – V. 118(1). – P. 177-183. <https://doi.org/10.1007/s00122-008-0886-0>.
8. Lei Z.S. Y-type gene specific markers for enhanced discrimination of high-molecular weight glutenin alleles at the Glu-B1 locus in hexaploid wheat [Text] / Z.S. Lei, K.R. Gale, Z.H. He, C. Gianibelli, O. Larroque, X.C. Xia, W. Ma // *Journal of Cereal Science*. – 2006. – V. 43(1). – P. 94-101. <https://doi.org/10.1016/j.jcs.2005.08.003>
9. Lillemo, M. Puroindoline grain hardness alleles in CIMMYT bread wheat germplasm [Text] / M. Lillemo, F. Chen, X. Xia, M. William, R.J. Peña, R. Trethowan, Z. He // *Journal of Cereal Science*. – 2006. – V. 44(1). P. 86-92. <https://doi.org/10.1016/j.jcs.2006.03.004>
10. Nakamura T. Rapid classification of partial waxy wheats using PCR-based markers [Text] // T. Nakamura, P. Vrinten, M. Saito, M. Konda // *Genome*. – 2002. – V. 45(6). – P. 1150-1156. <https://doi.org/10.1139/g02-090>

11. Qin P. Effects of the Wx Gene on Starch Biosynthesis, Physicochemical Wheat Flour Properties, and Dry Noodle Quality [Text] / P. Qin, Z. Kong, Y. Liu. // Food Science and Technology Research. – 2018. – V. 24(3). – P. 443-453. <https://doi.org/10.3136/fstr.24.443>
12. Husenov B. Breeding for wheat quality to assure food security of a staple crop: the case study of Tajikistan [Text] / B. Husenov, M. Makhkamov, L. Garkava-Gustavsson, H. Muminjanov, E. Johansson // Agric & Food Secur. – 2015. – V. 4. – P. 1-8. <https://doi.org/10.1186/s40066-015-0029-1>
13. Starovičová, M. Identification of Glutenin Markers in Cultivars of three Wheat Species. Czech Journal of Genetics and Plant Breeding [Text] / M. Starovičová, Z. Gálová, H. Knoblochová // Czech journal of genetics and plant breeding. – 2018. – V. 39. – P. 51-57. 10.17221/3719.
14. Utebayev, M. Genetic diversity of gliadin-coding alleles in bread wheat (*Triticum aestivum* L.) from Northern Kazakhstan [Text] / M. Utebayev, S. Dashkevich, N. Bome, K. Bulatova, Yu. Shavrukov // PeerJ. – 2019. V. 7. – P. e7082. <https://doi.org/10.7717/peerj.7082>
15. Utebayev, M. Grain quality of spring wheat (*Triticum aestivum* L.) cultivars developed in Western Siberia under the conditions of Northern Kazakhstan [Text] / M. Utebayev, T. Shelaeva, N. Bome, I. Chilimova, O. Kradetskaya, S. Dashkevich, V.V. Novokhatin, L.I. Weisfeld // Proceedings on applied botany, genetics and breeding. – 2022. – V. 183. – P. 27-38. 10.30901/2227-8834-2022-3-27-38.
16. Karaduman Ya. Evaluating selection efficacy of high molecular weight glutenin subunits (HMWGs) by relating gluten quality parameters [Text] / Ya. Karaduman, Z.S. Yeşildağ, A. Akın // LWT. – 2022. – V. 155. – P. 112949. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2021.112949>
17. Tabbita F. Assessing Payne score accuracy through a bread wheat multi-genotype and multi-environment set from CIMMYT [Text] / F. Tabbita, M. Itria Ibba, F. Andrade, J. Crossa, C. Guzmán // Journal of Cereal Science. – 2024. – V. 115. <https://doi.org/10.1016/j.jcs.2023.103830>.
18. Nucia, A. Molecular and physical characterization of grain hardness in European spring common wheat (*Triticum aestivum* L.) [Text] / A. Nucia, S. Okoń, M. Tomczyńska-Mleko, A. Nawrocka. - 3 Biotech. – 2021. – V. 11(7). – P. 345. <https://doi.org/10.1007/s13205-021-02897-3>
19. Чеботарь С.В. Генетический полиморфизм локусов, определяющих хлебопекарное качество украинских сортов пшеницы [Текст] / С.В. Чеботарь, Е.М. Благодарова, Е.А. Куракина, И.В. Семенюк, А.М. Полищук, Н.А. Козуб, И.А. Созинов, А.Н. Хохлов, А.И. Рыбалка, Ю.М. Сиволап // Вавиловский журнал генетики и селекции. – 2012. – Т. 16, № 1. – С. 87-98.
20. Davoyan, E.R. Allelic variants for Waxy genes in common wheat lines bred at the Lukyanenko National Grain Center [Text] / E.R. Davoyan, L.A. Bepalova, R.O. Davoyan, E.V. Agaeva, G.I. Bukreeva, Yu.S. Zubanova, D.S. Mikov, D.M. Boldakov // Vavilov Journal of Genetics and Breeding. – 2019. – V. 23(7). – P. 910-915. DOI 10.18699/VJ19.566

References

1. Bazilova D. Iskhodnyj material dlya selektsii yarovoj myagkoj pshenitsy v usloviyakh severnogo Kazakhstana [Tekst] / D. Bazilova, YU. Dolinnyj, G. Ivanova // Izdenister Natigeler. – 2022. - №2(94). – S. 37–46. <https://doi.org/10.37884/2-2022/05>
2. Song L. Molecular Markers and Their Applications in Marker-Assisted Selection (MAS) in Bread Wheat (*Triticum aestivum* L.) [Text] / L. Song, R. Wang, X. Yang, A. Zhang, D. Liu // Agriculture. – 2023. – V. 13. – P. 642. <https://doi.org/10.3390/agriculture13030642>
3. Kumarbaeva M. Identifikatsiya istochnikov ustojchivosti k pyatnistosti septoria tritici v germoplazme ozimoy pshenitsy [Tekst] // M. Kumarbaeva, A. Kokhmetova, A. Malysheva, A. Bolatbekova // Izdenister Natigeler. – 2023. - №4(100). – S. 57–62. <https://doi.org/10.37884/4-2023/07>
4. Lazaridi, E. Crop Landraces and Indigenous Varieties: A Valuable Source of Genes for Plant Breeding [Text] / E. Lazaridi, A. Kapazoglou, M. Gerakari, K. Kleftogianni, K. Passa, E. Sarri, V. Papatiroopoulos, E. Tani, P.J. Bebeli, // Plants. – 2024. – V.13 (6). – P. 758. <https://doi.org/10.3390/plants13060758>

5. Marone, D. Importance of landraces in cereal breeding for stress tolerance [Text] / D. Marone, M.A. Russo, A. Mores, D.B. Ficco, G. Laidò, A.M. Mastrangelo, G.M. Borrelli // *Plants*. – 2021. – V. 10(7). – P. 1267. <https://doi.org/10.3390/plants10071267>
6. Otambekova M.G. Staromestnye sorta pshenitsy na fermerskikh polyakh v Tadjhikistane [Tekst] / M.G. Otambekova, B.YU. KHusenov, M.A. Makhkamov // *Izvestiya Akademii Nauk Respubliki Tadjhikistan Otdelenie biologicheskikh i meditsinskikh nauk*. – 2015. - №4 (192). - S.38-43.
7. Liu, S. New DNA markers for high molecular weight glutenin subunits in wheat [Text] / S. Liu, S. Chao, J.A. Anderson // *Theoretical and Applied Genetics*. – 2008. – V. 118(1). – P. 177-183. <https://doi.org/10.1007/s00122-008-0886-0>.
8. Lei Z.S. Y-type gene specific markers for enhanced discrimination of high-molecular weight glutenin alleles at the Glu-B1 locus in hexaploid wheat [Text] / Z.S. Lei, K.R. Gale, Z.H. He, C. Gianibelli, O. Larroque, X.C. Xia, W. Ma // *Journal of Cereal Science*. – 2006. – V. 43(1). – P. 94-101. <https://doi.org/10.1016/j.jcs.2005.08.003>
9. Lillemo, M. Puroindoline grain hardness alleles in CIMMYT bread wheat germplasm [Text] / M. Lillemo, F. Chen, X. Xia, M. William, R.J. Peña, R. Trethowan, Z. He // *Journal of Cereal Science*. – 2006. – V. 44(1). P. 86-92. <https://doi.org/10.1016/j.jcs.2006.03.004>
10. Nakamura T. Rapid classification of partial waxy wheats using PCR-based markers [Text] // T. Nakamura, P. Vrinten, M. Saito, M. Konda // *Genome*. – 2002. – V. 45(6). – P. 1150-1156. <https://doi.org/10.1139/g02-090>
11. Qin P. Effects of the Wx Gene on Starch Biosynthesis, Physicochemical Wheat Flour Properties, and Dry Noodle Quality [Text] / P. Qin, Z. Kong, Y. Liu. // *Food Science and Technology Research*. – 2018. – V. 24(3). – P. 443-453. <https://doi.org/10.3136/fstr.24.443>
12. Husenov B. Breeding for wheat quality to assure food security of a staple crop: the case study of Tajikistan [Text] / B. Husenov, M. Makhkamov, L. Garkava-Gustavsson, H. Muminjanov, E. Johansson // *Agric & Food Secur.* – 2015. – V. 4. – P. 1-8. <https://doi.org/10.1186/s40066-015-0029-1>
13. Starovičová, M. Identification of Glutenin Markers in Cultivars of three Wheat Species. *Czech Journal of Genetics and Plant Breeding* [Text] / M. Starovičová, Z. Gálová, H. Knoblochová // *Czech journal of genetics and plant breeding*. – 2018. – V. 39. – P. 51-57. 10.17221/3719.
14. Utebayev, M. Genetic diversity of gliadin-coding alleles in bread wheat (*Triticum aestivum* L.) from Northern Kazakhstan [Text] / M. Utebayev, S. Dashkevich, N. Bome, K. Bulatova, Yu. Shavrukov // *PeerJ*. – 2019. V. 7. – P. e7082. <https://doi.org/10.7717/peerj.7082>
15. Utebayev, M. Grain quality of spring wheat (*Triticum aestivum* L.) cultivars developed in Western Siberia under the conditions of Northern Kazakhstan [Text] / M. Utebayev, T. Shelaeva, N. Bome, I. Chilimova, O. Kradetskaya, S. Dashkevich, V.V. Novokhatin, L.I. Weisfeld // *Proceedings on applied botany, genetics and breeding*. – 2022. – V. 183. – P. 27-38. 10.30901/2227-8834-2022-3-27-38.
16. Karaduman Ya. Evaluating selection efficacy of high molecular weight glutenin subunits (HMWGs) by relating gluten quality parameters [Text] / Ya. Karaduman, Z.S. Yeşildağ, A. Akın // *LWT*. – 2022. – V. 155. – P. 112949. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2021.112949>
17. Tabbita F. Assessing Payne score accuracy through a bread wheat multi-genotype and multi-environment set from CIMMYT [Text] / F. Tabbita, M. Itria Ibba, F. Andrade, J. Crossa, C. Guzmán // *Journal of Cereal Science*. – 2024. – V. 115. <https://doi.org/10.1016/j.jcs.2023.103830>.
18. Nucia, A. Molecular and physical characterization of grain hardness in European spring common wheat (*Triticum aestivum* L.) [Text] / A. Nucia, S. Okoń, M. Tomczyńska-Mleko, A. Nawrocka. - 3 *Biotech*. – 2021. – V. 11(7). – P. 345. <https://doi.org/10.1007/s13205-021-02897-3>.
19. CHEbotar' S.V. Geneticheskij polimorfizm lokusov, opredelyayushhikh khlebopekarnoe kachestvo ukrainskikh sortov pshenitsy [Tekst] / S.V. CHEbotar', E.M. Blagodarova, E.A. Kurakina, I.V. Semenyuk, A.M. Polishhuk, N.A. Kozub, I.A. Sozinov, A.N. KHokhlov, A.I. Rybalka, YU.M. Sivolap // *Vavilovskij zhurnal genetiki i selektsii*. – 2012. – T. 16, № 1. – C. 87-98.

20. Davoyan, E.R. Allelic variants for Waxy genes in common wheat lines bred at the Lukyanenko National Grain Center [Text] / E.R. Davoyan, L.A. Bepalova, R.O. Davoyan, E.V. Agaeva, G.I. Bukreeva, Yu.S. Zubanova, D.S. Mikov, D.M. Boldakov // Vavilov Journal of Genetics and Breeding. – 2019. – V. 23(7). – P. 910-915. DOI 10.18699/VJ19.566

**Д.И. Бабисекова¹, Ш. Мазкират¹, Ш.А. Халбаева¹, К. Абдуламонов²,
А.М. Еспембетова¹, А.Е. Туkenov¹, К.М. Болатова^{1*}**

¹Қазақ егіншілік және өсімдік шаруашылық ғылыми-зерттеу институты, Алмалыбақ ауылы, Алматы облысы, Қазақстан,

janeka_88@mail.ru, shynarbek.mazkirat@gmail.com, sholpan_2706@mail.ru,
akzhanes@mail.ru, tukenov97@mail.ru, bulatova_k@rambler.ru*

²Академик Х. Юсуфбеков атындағы Памир биологиялық институты, ТҰҒА, Хорог қ-сы, Тәжікстан, ahmad79.79@mail.ru

БАТЫС ПАМИРДІҢ ЖЕРГІЛІКТІ БИДАЙ СОРТТАРЫНЫҢ БЕЛОКТЫҚ ЖӘНЕ МОЛЕКУЛАЛЫҚ МАРКЕРЛІК БОЛЖАМДЫ САПАСЫ

Аңдатпа

Өсірілетін ауыл шаруашылық дақылдардың сорттар мен гибридтертердің генетикалық әралуандылығын сақтау, өсімдік шаруашылық өнімдерінің тұрақты өндірісіне үлес қосатын аграрлық ғылымның ең маңызды мәселесі болып табылады. Қазіргі күнге дейін әр түрлі экология-географиялық жағдайларда өсірілетін байырғы жергілікті сорттар, бағалы белгілердің көзі болып табылады.

Олар әралуандылықтың түртілмеген қоры, өсімталдықтың қолайсыз жағдайларына төзімділік көзі болып табылады, өсу өнімінің сапалық көрсеткіштерін жақсартатын қасиетке ие.

Мақалада бидайдың дәні мен ұнының сапасын анықтайтын белоктық және молекулалық маркерлер бойынша Батыс Памирдің (Тәжікстан, Ауғанстан) 9 байырғы жергілікті сортына жүргізілген зерттеу нәтижелері ұсынылды.

Дәннің қор белогы-глиадин электрофорезі әдісі нәтижесінде Садирак белоколосый және Садирак красноколосый сорттарын ұқсастығын ескермегенде, белоктық спектр суреті бойынша барлық сорт үлгілерінің ерекшелігі анықталды.

Глютениннің жоғары молекулалық суббірліктер (ГЖМС) құрамының анализі, Сафедак Ишкашимский және Блудон сорттарын қоспағанда, үлгілердің барлығы *Glu-A1* локусының нөлдік- *c* аллелін көрсетті.

Барлық байырғы жергілікті сорттар ГЖМС 7+8 биосинтезіне жауапты *Glu-B1* локусының *b* аллелін тасымалдаушы болып табылды.

Glu-D1 локусымен бақыланатын ГЖМС құрамы бойынша, барлық сынамалар 2+12 (берілген локустың *a* аллелі) суббірліктік жұпқа ие екені көрсетілген.

Молекулалық маркерлеу, белоктық электрофорез әдісі арқылы анықталып зерттелген сорт үлгілерінің ГЖМС құрамын растады.

Сафедак Ишкашимский және Блудон сорт үлгілері глютенин сапасы бойынша анағұрлым жоғары бағаға ие болды.

ПТР анализ, барлық байырғы жергілікті сорттарда жұмсақдәнді бидайларға тән *Pina-D1a* және *Pinb-D1a* (жабайы тип) аллелін айқындады.

Ваху гендердің аллельдік құрамы бойынша, байырғы жергілікті сорттардың генотиптелуі мутантты, нөл аллель тасымалдаушыларын айқындамады, барлық байырғы жергілікті сорттар крахмалдың екі фракциясының кәдімгі арақатынасымен сипатталған.

Негізгі сөздер: байырғы жергілікті бидай сорты, Памир, сапа, белоктық, молекулалық маркерлер, қаттыдәнділік, ваху гендер.

*D.I. Babissekova¹, Sh. Mazkirat¹, Sh.A. Khalbayeva¹, K. Abdulamonov², A.M. Yespembetova¹,
A.Ye.Tukenov¹, K. M. Bulatova*¹*

¹*Kazakh Research Institute of Agriculture and Plant Growing, Almalybak v., Almaty region,
Kazakhstan,*

*janeka_88@mail.ru, shynarbek.mazkirat@gmail.com, sholpan_2706@mail.ru,
tukenov97@mail.ru, bulatova_k@rambler.ru**

²*Pamir Biological Institute named after academician Kh. Yusufbekov, TNASc, Khorog, Tajikistan,
ahmad79.79@mail.ru*

PROTEIN AND MOLECULAR MARKERS IN THE QUALITY PREDICTION OF WESTERN PAMIR WHEAT LANDRACE VARIETIES

Abstract

Preservation of the genetic diversity of cultivated varieties and hybrids of agricultural crops is one of the most important tasks of agricultural science, contributing to the stable production of crop products. One possible source of valuable traits is landraces still cultivated in different eco-geographical conditions. They represent an untouched reserve of diversity, sources of resistance to unfavorable growing conditions, and properties that improve the quality of plant products.

The article presents the results of studies the Western Pamirs (Tajikistan, Afghanistan) 9 landraces on protein and molecular markers associated with the quality of grain and wheat flour.

The method of the seeds storage protein - gliadin electrophoresis revealed the specificity of all varieties, with the exception of Sadirak belokolosy and Sadirak krasnokolosy, which were identical on protein spectrum.

Analysis of the composition of high-molecular-weight glutenin subunits (HMWGS) showed that all analyzed varieties had a null-*c* allele of the *Glu-A1* locus, with the exception of the varieties Safedax Ishkashimsky and Bludon. All landraces carried the *b* allele of the *Glu-B1* locus, responsible for the biosynthesis of HMWGS 7+8. According to the composition of HMWGSs controlled by the *Glu-D1* locus, all samples had the subunit pair 2+12 (allele *a* of this locus).

Molecular (DNA) markers confirmed the HMWGS composition of the studied varieties, which were identified by protein electrophoresis.

The varieties Safedak Ishkashimsky and Bludon have the highest quality rating for glutenin composition.

PCR analysis revealed alleles *Pina-D1a* and *Pinb-D1a* (wild type), characteristic of soft grain wheat, in all landraces.

Genotyping of landraces according to the allelic composition of waxy genes did not reveal carriers of mutant, null alleles, all landraces were characterized by a typical ratio of two starch fractions.

Key words: landrace, wheat, Pamir, quality, protein, molecular markers, grain hardness, waxy genes.

МРНТИ 631.371:631.527

DOI <https://doi.org/10.37884/2-1-2024/538>

М. Ю.Бодря^{1}, Е.В. Шило¹, В.А. Чудинов¹, Б.М.Башабаева²*

¹*ТОО «Карабалыкская СХОС», Костанайская область, Карабалыкский район,
с. Научное, Республика Казахстан, m.bodraya95@mail.ru, rgkp.karabalyk@mail.ru*

²*ТОО «Казахский научно-исследовательский институт земледелия и
растениеводства»,*

п. Алмалыбак, Республика Казахстан, bahytgul_1965@mail.ru