

5. Пат. 2052264 Российская Федерация. МПК А 61 К 31/33. Лекарственное средство для лечения вирусных заболеваний у животных / А.Л. Коваленко, Л.Е. Алексеева, Н.П. Чижов, М.А. Борисова, Р.А. Купчинский. Заявл. 19.07.1993, № 93037429/15; Опубл. 20.01.1996.
6. Маркович Ю.Д., Пелевин Н.А., Акимова Н.С. Получение акридон-2-сульфоуксусной кислоты и изучение ее антимикробной активности // Изв. Курск. гос. технич. ун-та. - 2007. - № 1. - С. 35-39.
7. Горшенина Н.С., Учаева И.М., Панкратов А.М., Маркович Ю.Д., Губина Т.И. Биологическая активность соединений ряда акридона: эксперимент и квантовохимическое рассмотрение // Техногенная и природная безопасность - ТПБ-2011: Сборник науч. трудов Первой Всероссийской научно-практич. конфер. Саратов, 1-3 февраля, 2011 / Редколлегия: С.М. Рогачева, А.М. Козлитин, И.М. Учаева. Саратов: ИЦ "Наука", 2011. С. 38-41.
8. Souto A.L., Tavares J.F., Da Silva M.S., De Diniz M.F.F.M., De Athayde-Filho P.F., Barbosa Filho J.M. Anti-Inflammatory Activity of Alkaloids: An Update from 2000 to 2010 // Molecules. - 2011. - Vol. 16, № 10. - P. 8515-8534.
9. Michael J.P. Quinoline, Quinazoline and Acridone Alkaloids // Nat. Prod. Rep. - 2004. - Vol. 21, № 5. - P. 650-668.
10. Chen J.J., Dedy L.W., Mackay M.F. Synthesis of Some Acridone Alkaloids and Related Compounds // Tetrahedron. - 1997. - Vol. 53, № 37. - P. 12717-12728.
11. Dos Santos D.A.P., Vieira P.C., Da Silva M.F.G.F., Fernandes J.B., Rattray L., Croft S.L. Antiparasitic Activities of Acridone Alkaloids from *Swinglea glutinosa* (Bl.) Merr. // J. Braz. Chem. Soc. - 2009. - Vol. 20, № 4. - P. 644-651.
12. Muriithi M.W., Abraham W.-R., Addae-Kyereme J., Scowen I., Croft S.L., Gitu P.M., Kendrick H., Njagi E.N.M., Wright C.W. Isolation and *in Vitro* Antiplasmodial Activities of Alkaloids from *Teclea trichocarpa*: In Vivo Antimalarial Activity and X-ray Crystal Structure of Normelicopicine // J. Nat. Prod. - 2002. - Vol. 65, № 7. - P. 956-959.
13. Wu T.-S., Shi L.-S., Wang J.-J., Iou S.-C., Chang H.-C., Chen Y.-P., Kuo Y.-K., Chang Y.-L., Teng C.-M. Cytotoxic and Antiplatelet Aggregation Principles of *Ruta graveolens* // J. Chin. Chem. Soc. - 2003. - Vol. 50, № 1. - P. 171-178.
14. Islam S.K.N., Gray A.I., Waterman P.G., Ahasan M. Screening of Eight Alkaloids and Ten Flavonoids Isolated from Four Species of the Genus *Boronia* (Rutaceae) for Antimicrobial Activities Against Seventeen Clinical Microbial Strains // Phytother. Res. - 2002. - Vol. 16, № 7. - P. 672-674.
15. Tsassi B.V., Hussain H., Geagni A., Dongo E., Ahmed I., Riaz M., Krohn K. Citropremide and Citropiridone: A New Ceramide and a New Acridone Alkaloid from the Stem Bark of *Citropsis gabunensis* // Helv. Chim. Acta. - 2011. - Vol. 94, № 6. - P. 1035-1040.
16. Бухало А.С. Высшие съедобные базидиомицеты в чистой культуре. - Киев: Наукова думка. - 1988. - 144 с.
17. Методы экспериментальной микологии: Справочник / И.А. Дудка, С.П. Вассер, И.А. Элланская, Э.Э. Коваль, Л.Т. Горбик, Е.А. Никольская, В.И. Билай, Т.И. Билай, В.Н. Борисова, В.С. Сиверс, Е.Г. Мусич, Ю.В. Лизак, А.Я. Стрижевская, В.Л. Айзенберг, Л.М. Кириллова, С.И. Безбородова, А.М. Зайченко, Л.А. Загордонцев, Т.Я. Метейко, Д.Н. Черменский, С.М. Шербина, С.Н. Харченко, З.А. Курбачка, А.М. Безбородов, О.А. Берестецкий, Л.А. Богомолова, В.Ф. Патыка, М.М. Левитин, Л.А. Михайлова, И.Г. Одинцова, О.С. Афанасенко, Н.Н. Жданова, А.И. Василевская, П.Н. Кошкин, Т.С. Кириленко, А.С. Бухало, Т.И. Редчиц; Отв. ред. В.И. Билай. - Киев: Наукова думка. - 1982. - 551 с.

ИННОВАЦИОННАЯ БИОЛОГИЯ И БИОТЕХНОЛОГИЯ

УДК 631.527.02

А.И. Абуғалиева, К.К. Кожахметов, Т.В. Савин

ОЦЕНКА И МАРКИРОВАНИЕ ДИКИХ СОРОДИЧЕЙ ПШЕНИЦЫ И ИХ ГИБРИДОВ С КОММЕРЧЕСКИМИ СОРТАМИ ПО СОДЕРЖАНИЮ Fe, Zn И СОСТАВУ ГЛЮТЕНИНА

(Казахский НИИ земледелия и растениеводства, п. Алмалыбак)

В настоящей работе классифицированы генетические ресурсы гексаплоидной пшеницы в пределах каждой изучаемой группы по содержанию Fe в зерне: более 50 мг/кг – 2,5% коммерческого и перспективного генофонда Казахстана; 43-50% в коллекциях российского происхождения и в образцах специальных генетических исследований по засухоустойчивости на уровне 49-41 мг/кг – 13,8% коммерческого генофонда. Генотипы мягкой пшеницы ранжированы по частоте встречаемости классов с содержанием Zn в зерне 45 мг/кг – 1,3% коммерческого и перспективного генофонда Казахстана; 11% для коллекции России; 51-89% - для генетического материала (в условиях богара – полив) на уровне 44-40 мг/кг – 51,2% коммерческого генофонда. Образцов с содержанием Fe > 60 мг/кг отмечено для 4% генотипов из коммерческого генофонда яровой твердой пшеницы и 21% из коллекционного питомника НИИПББ (Отар) и лишь ~1,0% из коллекции озимой твердой пшеницы. Около 14,0% всего изученного генофонда (1074 образца) характеризовались уровнем накопления Fe > 55 мг/кг. Наиболее результативным для повышения Fe в зерне оказалось включение *Tr.kiharae* [21], выделено потомство скрещиваний: Жетысу x *Tr.militinae* (2); Жетысу x *Tr.militinae* (5); (Безостая 1 x *Ae.cylindrica*) x Карлыгаш (7); Эритропермум 350 x *Tr.militinae* x Эритропермум 350 и (Прогресс x *Tr.timopheevi*) x Эритропермум 350 (61-63 мг/кг). По результатам топкроссных скрещиваний с тестерами – коммерческие и наиболее распространенные сорта Стекловидная 24, Алмалы, Жетысу выявлена для двух константных линий 1723 и 1675 передача данного признака потомству в F₂-F₃ поколениях.

В настоящей работе классифицированы генетические ресурсы гексаплоидной пшеницы в пределах каждой изучаемой группы по содержанию Fe в зерне: более 50 мг/кг – 2,5% коммерческого и перспективного генофонда Казахстана; 43-50% в коллекциях российского происхождения и в образцах специальных генетических исследований по засухоустойчивости на уровне 49-41 мг/кг – 13,8% коммерческого генофонда. Генотипы мягкой пшеницы ранжированы по частоте встречаемости классов

с содержанием *Zn* в зерне 45 мг/кг – 1,3% коммерческого и перспективного генофонда Казахстана; 11% для коллекции России; 51-89% - для генетического материала (в условиях богара – полив) на уровне 44-40 мг/кг – 51,2% коммерческого генофонда. Образцов с содержанием *Fe*>60 мг/кг отмечено для 4% генотипов из коммерческого генофонда яровой твердой пшеницы и 21% из коллекционного питомника НИИПББ (Отар) и лишь ~1,0% из коллекции озимой твердой пшеницы. Около 14,0% всего изученного генофонда (1074 образца) характеризовались уровнем накопления *Fe*>55 мг/кг. Наиболее результативным для повышения *Fe* в зерне оказалось включение *Tr.kiharae* [1], выделено потомство скрещиваний: Жетысу x *Tr.militinae* (2); Жетысу x *Tr.militinae* (5); (Безостая 1 x *Ae.cylindrica*) x Карлыгаш (7); Эритроспермум 350 x *Tr.militinae*) x Эритроспермум 350 и (Прогресс x *Tr.timopheevi*) x Эритроспермум 350 (61-63 мг/кг). По результатам топкроссных скрещиваний с тестерами – коммерческие и наиболее распространенные сорта Стекловидная 24, Алмалы, Жетысу выявлена для двух константных линий 1723 и 1675 передача данного признака потомству в F₂-F₃ поколениях.

Одной из глобальных проблем здоровья и питания современного общества становится железонедостаточная анемия, как следствие ухудшения питания и дефицита в нем микроэлементов. Наиболее устойчивой и экономически эффективной стратегией восполнения дефицита питательных микроэлементов в мире является биофортификация [1], то есть создание сортов пшеницы с достаточным содержанием микроэлементов (железо, цинк и т.д.) путем традиционной селекции. Современный сортимент пшеницы представляет собой разнообразие по агроэкоотипу [2]; классу качества – хлебопекарная, кондитерская, кормовая [3]. Питательный аспект различий сортов зерна пшеницы стал рассматриваться в рамках международных программ биофортификации [4] в дополнение развития программ по здоровому питанию и, прежде всего, по фортификации муки. Поиск сырья для производства биофортификационной продукции является весьма актуальным в мире, в целом, и в стране, в частности.

Системные исследования генетических ресурсов пшеницы по содержанию *Fe* и *Zn* в зерне ведутся по международной программе «Харвест Плюс» при участии центра пшеницы и кукурузы СИММИТ. Изучено более 20000 различных образцов пшеницы. При этом только ~1% гермоплазмы скринирован, что открывает потенциальные перспективы поиска генетического материала. К наиболее ощутимым результатам по мягкой пшенице можно отнести данные, представленные по исследованиям пурпурнозерной пшеницы из Китая [5].

Концентрация *Fe* и *Zn* в семенах современных сортов пшеницы относительно невысока как результат селекции, направленной преимущественно на улучшение урожайности. *I.Monasterio* и *R.Graham* [6] констатировали историческое снижение микроэлементов в сортах пшеницы в соответствии с годом их регистрации. Они оценили ежегодное падение эквивалентное 0,13 мг/кг в год (кумулятивный эффект составляет 5 мг/кг за 42 года от базовой 40 мг/кг для *Fe* и 35 мг/кг – для *Zn*).

В предварительных изучениях дикие и примитивные пшеницы, такие как *Tr.monococcum*, *Tr.dicoccum* и *Tr.dicoccoides* были обнаружены как продвинутые генетические доноры содержания микроэлементов, более чем культивируемые сорта пшеницы и селекционные линии [7-9].

Среди гермоплазмы диких пшениц *Tr.dicoccoides* показали наибольшую вариабельность и наивысшие концентрации *Zn* и *Fe*, в связи с чем этот вид является богатым ресурсом генетического разнообразия для агрономических и питательных свойств, таких как аминокислотный состав и содержание протеина [10, 11]. Дикорастущие зерновые содержат много ресурсов генетической адаптации для улучшения культур (устойчивость к био- и абиотическим стрессам, дефициту микроэлементов, эффективный фотосинтез и др.). Адаптивное геномное разнообразие дикорастущих зерновых – лучший резерв и ресурс, подлежащий сохранению *in situ* для последующего использования в селекционных программах.

Прогресс в генетическом понимании *Fe* и *Zn* питания растений связан с использованием методов молекулярного маркирования [12] на основе *QTL*. Селекция на высокое содержание железа и цинка перспективна на основе использования молекулярных маркеров, связанных с уровнем микроэлементов, урожайностью и показателями технологического качества в системе почва-растение [13].

В Центральной Азии и Казахстане проводятся исследования по первичной оценке генетических ресурсов под эгидой СИММИТ [14,15] по озимой пшенице до 500 образцов и по яровой пшенице в рамках Казахско-Сибирской сети для более, чем 150 генотипов в 4-8 точках Казахстана и Сибири [16,17]. Осуществляется также эксперимент по агрономической биофортификации *Zn*, анализ генотип-средовых взаимодействий и взаимосвязь в содержании микроэлементов и содержания протеина [18], охарактеризован сортовой генофонд зарегистрированных и перспективных сортов озимой пшеницы

Казахстана [19, 20], эпизодически исследовался материал диких сородичей [21, 22], изучаются коллекции, как основа селекционной работы на данный признак [23].

Цель исследований: Разработка биохимической основы создания зернового сырья для здорового питания, сбалансированного по микроэлементам и свойствам клейковины на основе параллельного скрининга коллекций диких сородичей пшеницы и их гибридов.

Методы исследований: Содержание *Fe* и *Zn* определяли атомно-абсорбционным и атомно-эмиссионным методом *JCP-OES* [24]. Математическая обработка данных осуществлена корреляционно-регрессионным и кластерным анализом на основе алгоритмов и ПС [25].

Результаты и обсуждение. Характеристика гексаплоидной пшеницы по содержанию *Fe* в зерне

Коллекция мягкой (гексаплоидной) пшеницы (*Tr.aestivum*) представленная коммерческими и перспективными сортами, образцами международного сортоиспытания селекционными и коллекционными образцами в яровом и озимом варианте проанализирована по содержанию *Fe* в зерне. На основе анализа коллекции яровой мягкой пшеницы по 422 генотипам установлена амплитуда изменчивости от 19 до 72 мг/кг по яровой пшенице. Выделены сорта с селективно значимым уровнем *Fe* (>50мг/кг): Челябин, Ирень, Памяти Рюба, Фитон 156, Челябин 2, Степная 15, Линия 752, 776, Кайыр, ГВК 1914/15, Сибаковская юбилейная, Иргина, Ирень, Лютесценс 72, Норис, Пирамида, Московская 35, Иргина, Прохоровка, SQ, Чайниз Скринг.

В целом, классификация сортов по содержанию *Fe*, *Zn* и их концентрации в зерне представлена на дендрограмме, где сорта Челябин, Иргина, Новосибирская 29 образует один кластер. Характеристика изменчивости озимой мягкой пшеницы по содержанию *Fe* в зерне (мг/кг) изучена на образцах сортового генофонда, селекционных и коллекционных образцах. Наиболее высокое среднефоновое значение отмечено для коллекционных блоков. По максимальным значениям выделен ряд сортов, формирующих селективно значимый уровень > 50 мг/кг (Алмалы, Егемен, Виктория 95, Жетысу, Губерния, Левобережная 3, Одесская 120, Эритроспермум 350, Интенсивная, Память 47, Безостая 1-20б, Южная 12, Грекум 289, Грекум 433, США 2375, Безостая 1-20б, Лютесценс 72, Красноводопадская 210, Егемен, Безостая 1-20б, Адыр, Интенсивная, Чейс, Кайрак, Зубков, Свинди, Суперпшеница – 139, *Saulescu* 43, *Huroson*, Санзар). Процент встречаемости генотипов с таким уровнем колебался от 2 до 12% для разных блоков.

Генотипы мягкой пшеницы ранжированы по частоте встречаемости классов с содержанием *Zn* в зерне: более > 45 мг/кг для 1,3% коммерческого и перспективного генофонда Казахстана; 11% для коллекции России; 51-89% - для генетического материала (в условиях богара – полив)

В общем, вклад зоны в общую изменчивость *Fe* и *Zn* в зерне составляет 43-62%, генотипа 5-9%, а их взаимодействия 34-49% по результатам многомерной статистики.

На основе анализа коллекции мягкой (гексаплоидной) пшеницы (*Tr.aestivum*) представленной коммерческими и перспективными сортами, образцами международного сортоиспытания селекционными и коллекционными образцами в яровом и озимом варианте по содержанию *Zn* в зерне установлено, что содержание *Zn* в зерне озимых форм пшеницы формировалось выше, чем в зерне яровых. Известно, чем длиннее период развития и созревания, чем значительнее образуемая основная продукция вида, тем больше его металлоаккумуляционная способность, которая возрастает у видов, требующих для своего развития большого количества воды, калия и фосфора. Накопление тяжелых металлов в сельскохозяйственных растениях возрастает с увеличением количества тепла, продолжительности периода суховея в вегетационный период, выноса с урожаем из почвы азота, фосфора, калия, а уменьшается по мере усиления эрозированности пашни. Согласно среднему по блокам значению варьирует для озимой 24-33 мг/кг против 16-32 мг/кг для яровой и максимальному значению 66 мг/кг против 46 мг/кг; по содержанию *Fe* соответственно для озимой 23-40 мг/кг против 28-38 мг/кг для яровой и максимальному значению 57 мг/кг против 55 мг/кг.

Генетические ресурсы пшеницы в пределах блоков (коммерческие и перспективные сорта и образцы питомника международного испытания, селекционные и коллекционные образцы) различались по среднему фоновому и максимальному значению, с наиболее высоким уровнем для образцов: генетические популяции → коллекции → селекционные питомники → сорта, т.е. по мере убывания степени генетической изменчивости.

Дикие сородичи пшеницы являются источником многих хозяйственно полезных признаков и, прежде всего, устойчивости к абиотическим и биотическим факторам среды. С точки зрения, содержания минеральных элементов, в частности, содержание *Fe* и *Zn* наиболее изучены образцы *Tr.dicccoides*, как предшественника *Tr.durum*, отличающегося относительно повышенным содержанием *Fe* в зерне. Другие виды в большей степени не характеризовались детально по

минеральному составу зерна [24], как и образцы эгилопсов [25]. Практически все дикие сородичи в условиях Казахстана имели повышенный фон *Fe* (таблица 1).

Таблица 1 - Характеристика диких видов пшеницы по содержанию *Fe*, *Zn*.

Виды пшениц	Fe	Zn
Tr. Turgidum	39-36	42-37
Tr. Ispanicae	36	43
Tr. Petropavlovsk	45-35	46-33
Tr. Macha	40	35
Tr. Dicoccum	33-37	38-35
Tr. Polonicum	29-34	36-39
Tr. Persicum	26-39	33-48
Tr. Militinae	33-38	40-48
Tr. Dicoccoides	30	39
Tr. Spharocum	52	42
Tr. Timopheevii	38-35	36-39
Tr. Spelta	41	37
Ae. Triaristata	68-48	46-42
Ae. Cylindrica	126	52
T. kiharae	55	51
T. monococum	41	45
T. compactum	44	55
T. dicoccoides	34	35
T. Eriopicum	38	47

В урожае 2-х репродукций отмечено стабильное преобладание по содержанию *Fe* в ряду: *Tr.dicoccoides* > *Tr.kiharae* > *Tr.militinae* > *Ae.cylindrica* = *Ae.triaristata* > *Tr.timopheevi*. Безусловно, этот ряд работает непосредственно для данного региона и для данных образцов, представляющих дикие виды пшеницы. Коммерческие сорта озимой пшеницы уступают диким сородичам по содержанию *Fe* [21,22].

В наших исследованиях использован материал доктора К.К.Кожаметова [26], созданный им на протяжении многих лет путем гибридизации видов *Tr.timopheevi*, *Tr.militinae*, *Tr.kiharae*, *Tr.dicoccoides*, *Ae.cylindrica* и *Ae.triaristata*.

Таблица 2- Характеристика константных гибридов пшеницы с дикими сородичами по содержанию *Fe* в зерне (мг/кг)

Константные линии	Содержание <i>Fe</i> в зерне, мг/кг			Процент встречаемости генотипов с содержанием <i>Fe</i> , мг/кг:			
	min	max	ср.	>60-50	49-40	39-30	29-20
1	3	4	5	6	7	8	9
1178 (ПЭГ 347 x T.timopheevi)	29	72	42	25	12	50	13
1193 (ПЭГ 349 x T.timopheevi)	29	32	30	-	-	75	25
1630 (ПЭГ 354 x Прогресс)	27	38	32	-	-	70	30
1633 (ПЭГ 333 x Жетысу)	23	31	28	-	-	50	50
1127-9-(ПЭГ-347-х-Эритроспермум 350)	-	-	34	-	-	100	-
1634 (F ₆ Безостая 1 x Ae.cylindrica)	29	35	32	-	-	80	20
1640 (ПЭГ 333 x Жетысу)	33	84	59	50	-	50	-
1674 (F ₇ Безостая 1 x Ae.triaristata)	26	35	32	-	-	60	40
1675 (F ₇ Жетысу x T.kiharae) x Жетысу	28	40	34	-	17	66	17
1676 (F ₄ Жетысу x T.kihara) x Стекловидная 24	28	30	29	-	-	50	50
1680 (ПЭГ 349 x Стекловидная 24)	25	30	29	-	-	60	40
1712 (ПЭГ 463 x Эритроспермум 350)	26	40	34	-	14	72	14
1716 (ПЭГ 350 x Карлыгаш)	26	43	34	-	18	64	18
1717 (ПЭГ 352 x Стекловидная 24)	39	46	41	-	71	29	-
1718 (Безостая 1 x Ae. cylindrica) x Эритроспермум 350	29	46	38	-	29	57	14
1719 (ПЭГ 347 x Карлыгаш)	31	42	38	-	43	57	-

1720 (ПЭГ 402 (Безостая 1 x <i>Ae.triaristata</i>) x Эритроспермум 350	32	42	37	-	20	80	-
1721 (ПЭГ 304 x <i>T.timopheevi</i>)	31	47	38	-	47	53	-
1723 (ПЭГ 304 x <i>T.kiharae</i>)	41	44	43	-	100	-	-
1724 (ПЭГ 348 x Комсомольская 1)	36	37	37	-	-	100	-
1771 (Эритроспермум 350 x <i>T.kiharae</i>)	33	44	39	-	43	57	-
1779 (ПЭГ 304 x Эритроспермум 350)	40	49	45	-	100	-	-

Анализ гибридов между сортами коммерческими и дикими видами пшениц по содержанию *Fe* и *Zn* в зерне проведен на двух наборах гибридов пшеницы, которые характеризовались близким диапазоном изменчивости содержания *Fe* в зерне. Первый набор, [27] включающий константные формы (F_5 - F_6) на основе ПЭГ (пшенично-эгилопсный гибрид) отличался стабильно повышенным (относительно) фоном по содержанию *Fe* (53-59 мг/кг). На основе изучения 65 линий из гибридных комбинаций, второго набора (Базылова Т.) включающих дикие сородичи с насыщением культурных сортов, имеющих коммерческое значение выявлено 5 линий стабильно превышающих (по содержанию *Fe* 55 мг/кг) в сравнении со всеми остальными, но ниже, чем в образцах диких сородичей, выращенных в этом же опыте (61-63 мг/кг для *Ae.cylindrica* и *Ae.triaristata*). В яровом варианте гибриды характеризуются размахом изменчивости сопоставимым с таковым для гибридов в озимом варианте 53-60 мг/кг (таблица 3).

Таблица 3 - Характеристика константных гибридов пшеницы с дикими сородичами по содержанию *Fe* в зерне, включенных в топкроссные скрещивания [27].

Константные гибриды (озимые)	Содержание Fe (мг/кг)		
	2006	2007	2008
ПЭГ 231 x Карлыгаш	39±4	42±3	-
1712 (Эр. 350 x <i>Tr.militinae</i>)	47±6	43±3	-
1718 (ПЭГ 1718)	53±5	43±2	56±6
304 (ПЭГ x Комсомольская 1)	-	41±2	-
1721 (ПЭГ x <i>T.militinae</i>) 6	44±3	40±2	-
1721 (ПЭГ x <i>T.militinae</i>) 9	47±4	45±4	-
1721 (ПЭГ x <i>T.militinae</i>) 4	50±4	-	52±5
1723 (ПЭГ x <i>Tr.kiharae</i>)	50±4	59±5	54±5
1676 (Стекловидная 24 x <i>T.timophevi</i>)	-	51±4	-
1674 (Жетысу x <i>Tr.timopheevi</i>)	-	44±4	-
1680 (Стекловидная 24 x <i>T.militinae</i>)	42±2	45±4	-
1675 (Жетысу x <i>Tr.kiharae</i>)	51±4	55±5	53±5
1825 (Стекловидная 24 x <i>Ae.cylindrica</i>)	49±3	44±4	-
1727 (Эритроспермум 350 x <i>T.kiharae</i>)	53±4	47±3	-
1671 (Жетысу x <i>T.militinae</i>)	66±6	51±5	-
Яровые			
Ильинская x <i>T.timopheevi</i>	-	86±8	-
Казахстанская 10 x <i>T.kiharae</i>	-	54±5	-
Казахстанская раннеспелая x <i>T.timophevi</i>	45±4	-	-
6583 x <i>T.timopheevi</i>	44±4	41±3	-
6625 x <i>T.timopheevi</i>	50±4	-	-
Казахстанская 10 x <i>T.dicoccoides</i>	44±3	58±4	-

Стабильно по 2-м репродукциям выделяются линии потомства ПЭГ x *Tr.kiharae* (59-60 мг/кг) и ПЭГ x *Tr.militinae* (57-59 мг/кг) и сложных гибридов (ПЭГ x *Tr.kiharae*) x Стекловидная 24 (57-62 мг/кг) и (ПЭГ x *Tr.kiharae*) x Алмалы (56-59 мг/кг), а также представляют интерес линии, полученные в скрещиваниях между Жетысу x *Tr.kiharae* (57-58 мг/кг). На данном наборе показано, что наиболее результативным для повышения Fe в зерне оказалось включение *Tr.kiharae* [21], выделено потомство скрещиваний: Жетысу x *Tr.militinae* (2); Жетысу x *Tr.militinae* (5); (Безостая 1 x *Ae.cylindrica*) x Карлыгаш (7); Эритроспермум 350 x *Tr.militinae* x Эритроспермум 350 и (Прогресс x *Tr.timopheevi*) x Эритроспермум 350 (61-63 мг/кг).

Дикие сородичи пшеницы не отличались повышенным, но достаточным содержанием *Zn* в зерне (32-38 мг/кг) на фоне культурных форм в частности сортов включенных в эффективные скрещивания. Гибридные формы как в озимом, так и в яровом варианте характеризовались близким диапазоном изменчивости содержания *Zn* в зерне 37-44 мг/кг. Максимальным содержанием *Zn* характеризовались стабильно гибридные формы с участием *Tr.timopheevi* и сорта Жетысу.

Схема эксперимента по изучению содержания *Fe* в зерне диких форм и их гибридов и выявления доноров на основе топкроссных скрещиваний приведена на рисунке 1. Константные линии между дикими формами и сортами озимой и яровой мягкой пшеницы в урожае 2006-2008 года были проанализированы по

содержанию *Fe* в зерне выявлен ряд константных линий с селективно значимым содержанием *Fe* в зерне (рисунок 1): 1718 (Безостая 1 x *Aegilops cylindrica*) x Эритроспермум 350 до 43-56 мг/кг; 1721 (ПЭГ 304 x *T.timopheevi*) до 50-52 мг/кг; 1723 (ПЭГ 304 x *T.kiharae*) до 50-59 мг/кг; 1727 (Эритроспермум 350 x *T.kiharae*) до 47-53 мг/кг; 1671 (Жетысу x *T.militinae*) до 51-66 мг/кг; 1675 (Жетысу x *T.kiharae*) до 51-55 мг/кг как источники с высоким содержанием *Fe* в зерне.

По результатам топкроссных скрещиваний с тестерами – коммерческие и наиболее распространенные сорта Стекловидная 24, Алмалы, Жетысу выявлена для двух константных линий 1723 и 1675 передача данного признака потомству в F₂-F₃ поколениях (рисунок 1).

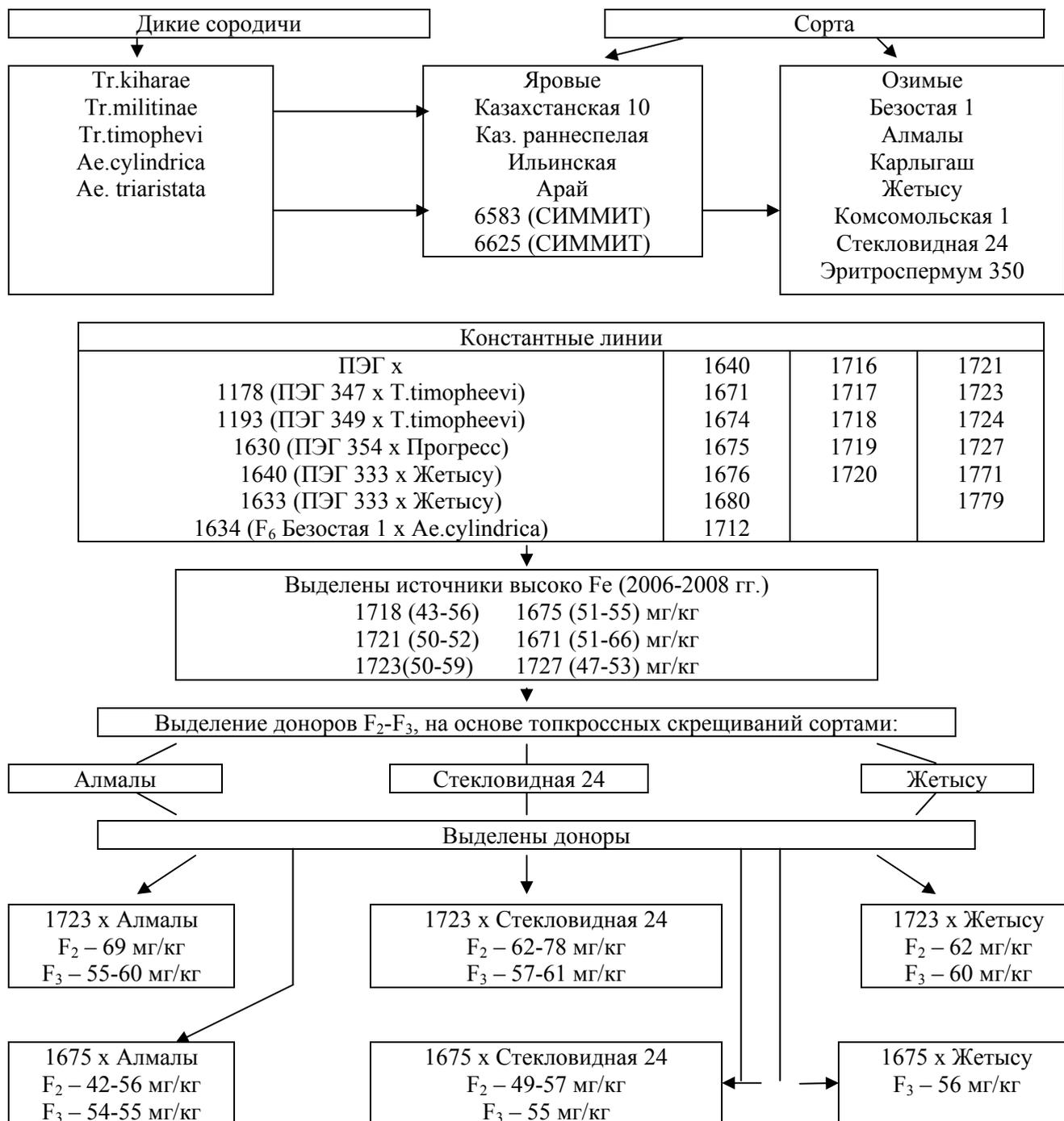


Рисунок 1 – Схема изучения содержания *Fe* в зерне диких сородичей и их гибридов для выделения источников и доноров

Выделенные по высокому содержанию *Fe* генотипы пшеницы характеризовались изменчивостью по составу ВМС глютеина в пределах культурного пула, за исключением *Tr.timopheevi* и *Tr.militinae*.

Образцы генетической коллекции с повышенным фоном *Fe* в зерне (45-72 мг/кг) характеризовались вариабельностью по 1А хромосоме в пределах трех субъединиц, по 1В и 1D – двух. По индексу твердозерности уровень изменчивости для гибридов с участием диких сородичей отмечен в пределах для сортового генофонда, по составу ВМС глютеина установлена значительная вариабельность (таблица 4).

Таблица 4 - Маркирование выделенных форм с высоким содержанием *Fe* по составу ВМС-глютеина

Название сорта	HMW-1A	HMW-1B	HMW-1D
1	2	3	4
Гибриды			
<i>Aegilops triaristata</i>	1'	8	2,2+T2
<i>Aegilops Cylindrica</i>	1'	22	10
<i>T.timopheevi</i>	2*	22	?
<i>T.militinae</i>	2*	22?	?
ПЭГ x <i>Tr.kiharae</i>	1	7+9/6	4+10
ПЭГ x 1718	0	7*	3+12
ПЭГ x 1718	0	7+8	3+12
Казахстанская 10 x <i>Tr.kiharae</i>	2*	7+9	5,5+10
Казахстанская 10 x <i>Tr.dicoccoides</i>	2*	7+9/7+8	5,5+10
6583 x <i>Tr.timopheevi</i>	0	6+8	4+10
6625 x <i>Tr.timopheevi</i>	1	17+18/6+8	4+10
Стекловидная 24 x <i>Ae.cylindrica</i>	0	21+8	5+10
Жетысу x <i>Tr.militinae</i>	1	17+18/21+8	5+10
6625 x <i>Tr.timopheevi</i>	0	21+8	5+10
6583 x <i>Tr.timopheevi</i>	0	7+8	-
(Стекловидная 24 x <i>T.kiharae</i>) x ПЭГ	0	20?	5+10
Жетысу x <i>Tr.kiharae</i>	0	7*	4+10/5+10

Технологическое (хлебопекарное) качество зерна, детерминируемое наличием конкретных субъединиц независимо с содержанием *Fe* и *Zn* в зерне, что позволяет сочетать в одном генотипе технологические и питательные свойства, главные *QTL* которых обнаружены на хромосомах 2А, 3В и 7А [12].

- Graham R.D., Welch R.M. and Bouis HE 2001: Addressing micronutrient malnutrition through enhancing the nutritional quality of staple foods: principles, perspectives and knowl-edge gaps. / *Adv. Agron.*, 70, 77-142.
- Уразалиев Р.А., Кожемякин Е.В., Шегебаев О.Ш., Кожухметов К.К. Комплексная программа селекции агроэкоотипов озимой пшеницы для Казахской ССР (ОПАКС). – Алма-Ата, 1980, Кайнар, 79 с.
- Abugaliyeva A.I., Savin T.V., Seitkazinov A., Suhanberdina D.H. Winter wheat as a raw material for different technological end use. //ICG International Conference Bosphorus 2008, April 24-26, 2008 Istanbul, Turkey.
- Welch R.M., William A. hous, Ivan Ortiz-Monasterio and Z. Cheng. 2005. Potential for improving bioavailable zinc in wheat grain (*Triticum* species) through plant breeding. *J. Agric. Food Chem.* 53: 2176-2180.
- He Yi-zhe, Ning Jun-fen. Xibei nonglin keji daxue xuebao. *Zirn kexue ban*=J. Northwest Sci-Tech Univ. Agr. And Forest. Nat. Sci. Ed. 2003. 31, N3, с.87-90. – Анализ питательного состава специальной пурпурнозерновой пшеницы Qinhei No. 1 с высоким содержанием железа и цинка.
- Ortiz-Monasterio I., and Graham, R.D. 2000. Breeding for trace minerals in wheat. *Food Nutr Bull.* 21:392-396.
- Cakmak I., Tolay I., Ozdemir A., Ozkan H., Kling C.I. 1999a: Differences in zinc efficiency among and within diploid, tetraploid and hexaploid wheats. *Ann. Bot.*, 84, 163-171.
- Nevo E., Grama A., Beiles A., Golenberg E.M. 1986: Resources of high-protein genotypes in wild wheat, *Triticum dicoccoides* in Israel: Predictive method by ecology and allozyme markers. *Genetica*, 68, 215-227.
- Lopez H.W., Krespine V., Lemairet A., Coudray C., Feillet-Coudray C., Messager A., Demignet C., Remesyt C. Wheat Variety has a Major Influence on Mineral Bioavailability; Studies in Rats. – *Journal of Cereal Science* 37 (2003). P.257-266.
- Cakmak I., Torun A., Millet E., Feldman, Fahima T., Korol A., Nevo E., Braun H.J., Ozkan H. *Triticum dicoccoides*: An Important Genetic Resource for Increasing Zinc and Iron Concentration in Modern Cultivated Wheat. *Soil. Sci. Plant Nutr.*, 2004, 50 (7), 1047-1054.
- Nevo E. Genome evolution of wild cereal diversity and prospects for crop improvement. – *Plant Genet. Resour.: Charact. And Util.* 2006. 4, N1, с.36-46.
- Abugaliyeva A.I., Abugaliyeva S.I., Quarrie S.A., Turuspekov Y., Cakmak I., Savin T.V. The content of the microelements in DHL of CS x SQ1 under the two water regiments in South-East of Kazakhstan. – In: Apells R., Eastwood R., Lagudah E., Lagridge P., Mackay M., Mc.Intyre L., Sharp P. eds. *Proceedings of the 11th International Wheat Genetics Symposium. 24-29 August 2008, Brisbane QLD, Australia*, 373.
- Yang X-E., Chen W-R., Feng Y. Improving human micronutrient nutrition through biofortification in the soil-plant system: China as a case study. *Environmental Geochemistry and Health* 29:5, 2007. P.413.

- 14 Morgunov A.I., Gomez-Becerra H.F., Abugalieva A.I., Dzhunusova M., Yessimbekova M.A., Muminjanov H., Zelenskiy Y., Ozturk L., Cakmak Y. Iron and Zinc grain density in common wheat grown in Central Asia. //Euphytica, 2007, 155. p.193-203.
- 15 Gomez-Becerra H.F., Morgounov A.I., Abugalieva A.I., Dzhunusova M., Yessimbekova M., Muminjanov H., Zelenskiy Y., Ozturk L., Cakmak I. Variation of zinc and iron content in wheat grain in Central Asia //Zinc Crops: Improving crop production and human health. – Istanbul, Turkey. – 2007. – P.37.
- 16 Morgounov A., Gomez-Becerra H.F., Abugalieva A. Iron and zinc concentration in grain of spring bread wheat from Kazakhstan and Siberia. – «Агромеридиан», 2006, 1(2). С.5-16.
- 17 Morgunov A., Abugalieva A., Baytasov A., Bekenova L., Berdagulov M., Crossa I., Esymbekova M., Koishibaev M., Korobeinikov N., Maltseva L., Murzatayeva T., Rsaliev Sh., Tsygankov V., Tyumin V., Zelenskiy Yu., Zykin V. «Evaluation of the germplasm through Kazakhstan-Seberian network on spring wheat improvement» - В. Сборнике «Состояние и перспективы развития почвоведения», Алматы, 2005. с.81-82.
- 18 Gomez-Becerra H.F., Morgunov A.I., Abugalieva A.I. Evaluation of the Germplasm through the Kazakhstan-Siberian network of Spring Wheat Improvement: I. Genotype x Environment Interactions and Site Classification for Grain Yield and Grain Protein Content //Australian Journal of Agricultural Research. – 2007. – P.649-660.
- 19 Савин Т.В. Скрининг генофонда озимой пшеницы по содержанию Fe и Zn для выделения исходного материала в селекции на качество зерна: автореф. дисс. канд. биол. наук. – Алмалыбак, 2010. – 24с.
- 20 Абуғалиева А.И., Савин Т.В., Чакмак И. Содержание и концентрация Fe в зерне озимой пшеницы: сорта и регионы //КазНАУ, исследования, результаты. – 2008. – №4. – С.71-77.
- 21 Савин Т.В., Абуғалиева А.И., Кожаметов К.К. Изучение диких сородичей пшеницы по содержанию Fe и Zn на фоне культурных форм и их гибридов. – В сб.: «Роль Вавиловской коллекции генетических ресурсов растений в меняющемся мире». 14-17 декабря 2009 г.: г. Санкт-Петербург, Россия, ВИР
- 22 Abugalieva A.I., Kozhahmetov K.K., Savin T.V., Seitkazinov A. Winter wheat cultivars, wild Triticum and its hybrid as a raw material for different end use. - In.: IV IWQC, Saskatoon, Canada, 2-6 June 2009.
- 23 Абуғалиева А.И., Савин Т.В., Моргунов А.И., Чакмак И., Зеленский Ю.И. Содержание Fe и Zn в зерне пшеницы: (Сортовой генофонд и генетические ресурсы Казахстана). Под общ. ред. Абуғалиевой А.И. – Алматы, – 2011 – 185 С.
- 24 Савин В.Н., Абуғалиев И.А., Абуғалиева А.И. Аналитические исследования в растениеводстве //Доклады РАСХН. – 1998. – №2. – С.13-15.
- 25 Tiwari V.K., Rawat N., Neelam K., Kumar S., Randhawa G.S., Dhaliwal H.S. Substitutions of 2S and 7U chromosomes of Aegilops kotschyi in wheat enhance grain iron and zinc concentration. //Theor. and Appl.Genet.- 2010. –Vol. 121, №2. – P. 259-269.
- 26 Кожаметов К.К. Биологические основы селекции зерновых колосовых культур при отдаленной гибридизации: автореф. дисс. доктор биолог. наук. – Алматы, 2010. – 51с
- 27 Ергебаева Р.С. Селекционная ценность линий мягкой пшеницы, полученных путем отдаленной гибридизации: автореф. дисс. Канд. биол. наук. – Алмалыбак, 2010. – 30с.

Генетикалық қорлардағы гексаплоидты бидайлардың дәнінің құрамында болатын темір элементінің әрбір бөлімі классификацияланды. Қазақстандық коммерциялық және келешегі бар генкормында > 50 мг/кг – 2,5%; Ресейден келген коллекцияларда 43-50%; және құрғақшылыққа төзімді арнаулы генетикалық зерттеулерге алынған үлгілерде (SQ дигаплоидты үлгілерде); коммерциялық генкормында – 49-41 мг/кг – 13,8%.

Дән құрамындағы Zn элементінің жиілігі бойынша жұмсақ бидай генотиптерінің қатары анықталды: Қазақстан генкормындағы коммерциялық және келешегі бар қорлардың үлесі - > 45 мг/кг – 1,3%; ал Ресей коллекциялары бойынша – 11%; генетикалық материалдар үшін (тәліледі егістіктерде – және суармалы) 51-89%-ды құрады; коммерциялық генкормында – 44-40 мг/кг – 51,2%.

Жаздық қатты бидайдың коммерциялық генотиптері бойынша Fe >60 мг/кг құрамдағы үлгілері 4% болғаны анықталды және НИИПББ (Отар)-дан келген коллекциялық көшеттердің құрамында 21%, ал күздік қатты бидай коллекциясында тек қана ~1,0% болғаны анықталды. Барлық зерттелген генкормының 14,0% шамасы (1074 үлгі), Fe > 55 мг/кг құрамымен белгіленіп анықталды. Fe құрамы тұқымқуалаушылық қасиеті жоғары болғанына, Tr.kiharae қосылуы әсер етті олар күздік үлгілерде; Жетісу x Tr.militinae (2); Жетісу x Tr.militinae (5); (Безостая 1 x Ae.cylindrica) x Карлыгаш (7); Эритроспермум 350 x Tr.militinae) x Эритроспермум 350 және (Прогресс x Tr.timopheevi) x Эритроспермум 350 (61-63 мг/кг).

Genetic resources of hexaploid wheats are classified within the limits of each researched group on content Fe in grain more than 50 mg/kg – 2,5 % of a commercial and perspective Kazakhstan genofund; 43-50 % in collections of the Russian origin and in special genetic researches samples on drought resistance at a level of 49-41 mg/kg – 13,8 % of a commercial genofund.

Genotypes of common wheat ranged on classes occurrence frequency with content Zn in grain of 45 mg/kg – 1,3 % of a commercial and perspective Kazakhstan genofund; 11 % for a Russia collection; 51-89 % - for a genetic material (in conditions борapa –watering) at a level of 44-40 mg/kg – 51,2 % of a commercial genofund.

Samples with Fe> 60 mg/kg content are noted for 4 % of genotypes from a commercial genofund of spring wheat and 21 % from collection НИИПББ (Отар) nursery and only ~1,0 % from a winter firm wheat collection. About 14,0 % of all researched genofund (1074 samples) 55 mg/kg were characterized by a Fe> accumulation level. The most productive for increase Fe in grain has appeared inclusion Tr.kiharae [21], the posterity of crossings is allocated: Zhetisu x Tr.militinae (2), Zhetisu x Tr.militinae (5); (Bezostaya 1 x Ae.cylindrica) x Karligash (7); Erithrospermum 350 x Tr.militinae) x Erithrospermum 350 and (Progress x Tr.timopheevi) x Erithrospermum 350 (61-63 mg/kg).

By results of topcrossings with testers – commercial and most widespread varieties Steklovodnaya 24, Almaly, Zhetisu, 1723 and 1675 transfer of the given sign to posterity in F2-F3 generations is revealed for two constant lines.