

УДК 633/635:631.527

**БИОРАЗНООБРАЗИЕ ДИКОРАСТУЩИХ ВИДОВ
ИЗ РОДА *AEGILOPS* L. В КАЗАХСТАНЕ
ДЛЯ СЕЛЕКЦИИ ПШЕНИЦЫ**

М.А. ЕСИМБЕКОВА, К.М. БУЛАТОВА, Р.Ж. КУШАНОВА, К.Б. МУКИН

(Казахский научно-исследовательский институт земледелия и растениеводства)

*Дикие виды и дикорастущие сородичи являются ценной категорией материала генфонда любой сельскохозяйственной культуры. В статье представлены результаты сбора, интродукции, оценки по фенотипу и генотипу (2003–2014 гг.) биоразнообразия местных популяций видов-сородичей пшеницы (род *Aegilops* L.) Казахстана. Выделено по массе 1000 зерен — 25 образцов, по устойчивости к ржавчинным болезням — 45 образцов, по высокому содержанию белка в зерне — 14 образцов, которые рекомендованы для селекции. Образцы идентифицированы по составу запасных белков семян, установлена степень их полиморфности, сходства/различия по компонентному составу белков. Результаты проведенных исследований могут быть использованы в селекции, биотехнологии, частной генетике пшеницы.*

*Ключевые слова: агробиоразнообразие, дикорастущие виды-сородичи, род *Aegilops* L., сбор, фенотипирование, генотипирование, селекция.*

В последние десятилетия проблемам сохранения и рационального использования генетических ресурсов растений, служащих основой для развития селекции и обеспечения продовольственной безопасности, уделяют большое внимание во всем мире. По данным Второго мирового отчета о состоянии генетических ресурсов для продовольствия и сельского хозяйства, число генбанков в странах мира составляет 1750, где сохраняется 7,03 млн образцов (ФАО, 2010).

В Казахстане сужение ареалов диких сородичей и разнообразия культурных растений в масштабе Республики [2, 6], использование методов интенсивного сельского хозяйства и введение в производство высокоурожайных сортов с ограниченной генетической базой привели в ряде случаев к потере уникального генетического материала местной селекции, т.е. к генэрозии [11]. Программными документами (Программа развития агропромышленного комплекса в Республике Казахстан на 2013–2020 годы «Агробизнес-2020») сохранение биоразнообразия определено как одно из основных направлений национальной программы по созданию продуктив-

ных и стрессоустойчивых сортов сельскохозяйственных культур. Казахстаном подписан ряд международных договоров: Конвенция по Биологическому Разнообразию (1992 г.), Минское соглашение (1999 г.), договора о сотрудничестве с международными организациями СИММИТ, ИКАРДА (1996–1998 гг.), Нагойский Протокол (2015 г.), где прописаны механизмы доступа, использования и сохранения национальных генетических ресурсов.

Виды — сородичи культурных растений — это виды эволюционно-генетически близкие к культурным растениям, входящие в один род, пригодные для скрещивания с введением качественных признаков (устойчивость к био- и абиотическим стрессам, дефициту микроэлементов, эффективный фотосинтез и др.). Необходима последующая интрогрессия их в геномы лучших коммерческих сортов, потерявших широкий полиморфизм в процессе селекции и многовекового возделывания. Ряд исследователей полагает, что изучение видов-сородичей и идентификация видов-доноров позволит совершить ресинтез культур и улучшить их генетическое содержание [4].

В Казахстане дикие и дикорастущие сородичи культурных растений, которые составляют важный элемент национальных генетических ресурсов растений, представлены в коллекциях малым объемом, недостаточно изучены с точки зрения генетического биоразнообразия и селекционной полезности [5]. В этой связи исследования популяционного состава видов-сородичей, в частности, пшеницы, на основе нескольких индикаторов и в связи с сохранением *ex-situ* коллекций, отражающих видовое разнообразие, являются актуальными.

Цель исследования — формирование местного генофонда дикорастущих злаковых культур (род *Aegilops* L.) — сбор, интродукция и оценка агробиоразнообразия для использования в качестве исходного материала в селекции пшеницы на адаптивность и продуктивность. В рамках НИР были проведены: 1) сбор и интродукция дикорастущих видов-сородичей злаковых культур (род *Aegilops* L.); 2) мониторинг разнообразия собранного генофонда на уровне фенотипа (фенология, продуктивность, устойчивость к био- и абиотическим стрессам) и генотипа (запасные белки семян).

Материал и методика

Объектом исследований были 217 местных популяций 4-х дикорастущих видов — сородичей рода *Aegilops* L. — *Ae. cylindrica*, *Ae. crassa*, *Ae. tauschii*, *Ae. triuncialis*.

Сбор семян проводили согласно протоколам ICARDA, 2007 [17]; IPGRI, 1997 [20] и методическому руководству ВНИИР им. Н.И. Вавилова, 1999 [8]. Для мониторинга коллекции по фенотипу использованы протоколы IPGRI, 1998 [21] и методическое руководство ВНИИР им. Н.И. Вавилова [8]. Исследования проведены в предгорной зоне Заилийского Алатау (орошение). Высота над уровнем моря — 740 м, 48° с.ш., 77° в.д. Климатические условия в период проведения исследований по температурному режиму и относительной влажности были на уровне средне-голетних показателей, с небольшими колебаниями по годам и месяцам. Электрофорез запасных белков, определение содержания белка в зерне проведены в лаборатории молекулярно-биологического анализа растений ТОО «КазНИИЗиР» на основе стандартных методов [3, 16, 19].

Результаты и их обсуждение

Во флоре Казахстана дикорастущие сородичи пшеницы представлены 5 видами рода *Aegilops* L. — *Ae. cylindrica*, *Ae. crassa*, *Ae. tauschii*, *Ae. triuncialis*, *Ae. juvenalis*, в основном в Южных и Юго-Восточных областях Республики [1]. Сельскохозяйственная деятельность человека, процессы урбанизации способствуют генетической эрозии диких сородичей культурных растений. В Казахстане до настоящего времени используются в качестве пастбищных культур виды *Aegilops* L. (в том числе прямой дикий предок пшеницы — *Ae. tauschii*), что может привести к полному их уничтожению [10]. Для целенаправленного сбора семенного материала, получения информации об эколого-географическом распространении дикорастущих видов-сородичей культурных растений местной флоры, их гетерогенности, времени созревания, способе размножения с 2003 по 2014 гг. были проведены экспедиционные сборы местных видов рода *Aegilops* L. по территории Казахстана [10, 15]. Стратегия и маршруты экспедиций были разработаны на анализе гербарного материала Института Ботаники и Фитоинтродукции Растений, МОН РК. Обследованием были охвачены места обитания видов *Aegilops* L. в 4-х областях Республики Казахстан: Алматинской, Восточно-Казахстанской, Жамбылской и Южно-Казахстанской.

Юго-Восточный и Восточный Казахстан

Для изучения дикой флоры Юго-Восточного и Восточного Казахстана было предпринято 3 экспедиции (2003, 2007, 2010 гг.). В 2003 г. было проведено маршрутно-рекогносцировочное обследование 16 административных районов Алматинской и Восточно-Казахстанской областей. В 2007 и 2010 гг. экспедициями были охвачены предгорные зоны Заилийского и Джунгарского Алатау. Сбор семенного материала дикорастущих злаков был приурочен в первую очередь к степным экосистемам, а также к следующим крупным горным системам: Северный Тянь-Шань (хр. Заилийский Алатау, отроги Джунгарского Алатау), Южный Алтай (хр. Сарымсақты, предгорная равнина Нарымского хребта) и Западный Тарбагатай. Наиболее широкое распространение злаковых культур отмечено в степной, сухостепной, предгорной и полупустынной зонах. Экспедицией 2003 г. было обследовано 49 популяций дикорастущих растений, собрано 144 образца семян 28 видов из 14 родов семейства злаковых, в том числе 5 образцов 2-х видов рода *Aegilops* L.: *Ae. cylindrica* Host — 3 образца, *Ae. squarosa* (= *Ae. tauschii* Coss.) — 2 образца. В 2007 г. и 2010 г. было собрано 36 образцов (*Ae. cylindrica* — 25 обр., *Ae. tauschii* — 11 обр.) в основном в предгорьях Заилийского и Джунгарского Алатау, буферных зонах Кольсайского национального парка, Иле-Алатауского заповедника, где местами встречались целые заросли указанных видов. Сборы *Ae. cylindrica* проведены на высоте от 570 до 1213 м, *Ae. tauschii* — от 602 до 934 м над уровнем моря.

Центральный Казахстан

В Центральном Казахстане коллекция семенного материала была отобрана из различных популяций, связанных с различным ландшафтом и высотными зонами. Сбор образцов был выполнен на участках их естественной среды обитания: Северное Прибалхашье, горы Бектауата, Улутау, Ортау, Каракаралинские горы, близ соленого озера Коктенкуль, по правому берегу реки Сарысу, в пойме озера Зайсан, на предгорной равнине горного хребта Канченгиз, на отрогах горных хребтов Чингизтау, Акчатау, Калбинский и Тарбагатай. Одна из типичных характеристик климата —

резко выраженная засуха. В результате выполненного обследования были отмечены 45 участков среды обитания диких сородичей злаковых культур, собраны семена 133 образцов семейства Poaceae. Вид *Aegilops cylindrical* Host. встречался повсеместно.

Южный Казахстан

Исследована растительность предгорья Западного Тянь-Шаня, Казыгурта, Каратау, а также поймы рек Сырдарья и Арысь, где было собрано 53 образца 4-х видов рода *Aegilops* L. — *Ae. cylindrical*, *Ae. crassa*, *Ae. tauschii*, *Ae. triuncialis*. Аксу-Жабагалинский природный заповедник, расположенный в Северо-Западной оконечности хребта Таласское Алатау в Западном Тянь-Шане, является уникальным местом естественного обитания и сохранения *in-situ* трех видов рода *Aegilops* L. — *Ae. cylindrical*, *Ae. crassa*, *Ae. triuncialis*. Было собрано 13 образцов на различной высоте над уровнем моря (м): *Ae. cylindrical* — 810–2200; *Ae. crassa* — 710; *Ae. triuncialis* — 840, что, естественно, сказалось на популяционном составе и ценности материала. Экспедицией по 7 районам Жамбылской области было собрано 52 образца (гербарий, семена) *Aegilops* L. — *Ae. cylindrical*, *Ae. tauschii*, *Ae. triuncialis*, *Ae. crassa*.

Таким образом, в результате проведенных с 2003 по 2011 гг. экспедиционных обследований 5 областей Республики Казахстан (табл. 1) впервые была сформирована для длительного хранения семенная коллекция местных популяций видов-сородичей пшеницы, которая составила 169 образцов 4 видов рода *Aegilops* L. — *Ae. cylindrical* (111), *Ae. tauschii* (34), *Ae. triuncialis* (16), *Ae. crassa* (8). Наибольшая встречаемость отмечена для видов *Ae. cylindrical*, *Ae. tauschii*. Определены места обитания, сделано картирование.

Таблица 1

Объемы сборов диких видов — сородичей пшеницы флоры Казахстана — род *Aegilops* L.

Род, разновидность	Административные области/количество образцов			
	Алматинская	Южно-Казахстанская	Жамбылская	Итого
<i>Aegilops cylindrical</i>	34	43	34	111
<i>Aegilops tauschii</i>	17	11	6	34
<i>Aegilops triuncialis</i>	—	10	6	16
<i>Aegilops crassa</i>	—	2	6	8
Итого:	51	66	52	169

Дикие и дикорастущие сородичи культурных растений как уникальный генетический ресурс способны решать проблемы устойчивости к болезням, вредителям, холоду, засухе, расширить неизбежно ограниченную генетическую базу современных сортов, переживших модернизацию сельского хозяйства [13, 14]. По фенотипическим признакам изучено 217 образцов (дополнительно к собранному материалу в изучении была включена коллекция ИКАРДА из 48 образцов видов рода *Aegilops* L., собранная по территории РК) местных популяций четырех видов рода *Aegilops* L. — *Ae. cylindrical* (149), *Ae. tauschii* (43), *Ae. crassa* (9), *Ae. triuncialis* (16).

В предгорной зоне Заилийского Алатау (осенний посев) отмечена значительная вариабельность основной фазы развития — длительности периода до колошения (ПДК, дни от 01.01.) в зависимости от вида и места сбора образца:

– размах изменчивости ПДК у образцов вида *Ae. cylindrica* составил 12 дней (133–145 дней). Наиболее скороспелыми были образцы из Жамбылского региона (133), наиболее позднеспелыми — образцы Южно-Казахстанской области (145). Популяции образцов *Ae. cylindrica* Алматинской области заняли среднюю позицию (140);

– популяции вида *Ae. tauschii* Жамбылского региона (ПДК — 155 дн.) проходили фазу колошения на 22 дня позже, чем образцы *Ae. cylindrica* этого же региона и на 11 дней по сравнению с образцами *Ae. tauschii* Алматинской и Южно-Казахстанской областей (ПДК — 144). Замедленное развитие *Ae. tauschii* отмечено как в фазу выхода в трубку, так и в фазу колошения;

– размах изменчивости ПДК образцов *Ae. crassa* независимо от места сбора был на уровне 139–140 дней;

– образцы местной популяции вида *Ae. triuncialis* Жамбылской области имели наиболее длительный период «всходы-колошение» (ПДК — 158 дней) в анализируемой коллекции.

По высоте растений (ВР, см) размах изменчивости в зависимости от вида колебался от 28,0 см (*Ae. crassa*, ЮКО) до 50,0 см (*Ae. cylindrica*, Алматинская обл.): наиболее высокорослыми были образцы *Ae. cylindrica* (44,0–50,0 см), среднерослыми — образцы вида *Ae. tauschii* (35,0–38,0 см) и *Ae. triuncialis* (43,0 см), относительно низкорослы популяции *Ae. crassa* (28,0–37,0 см). Высокая продуктивная кустистость (ПК) была характерна для всех видов и колебалась от 7 шт. (*Ae. tauschii*, ЮКО) до 30 шт. (*Ae. crassa*, Жамбылская обл.) стеблей на одно растение. Высокая (20 шт.) продуктивная кустистость отмечена для образцов вида *Ae. triuncialis* Жамбылской области. Наиболее длинноколосыми (ДК — 12,0–14,0 см) были образцы *Ae. crassa*. Популяции *Ae. triuncialis* при высокой продуктивной кустистости имели очень короткий колос (до 5,0 см). Образцы *Ae. cylindrica* имели колос средней длины (10,0–12,0 см), характерный для вида в целом, независимо от места сбора. Длина колоса образцов *Ae. tauschii* колебалась от 6,0 до 12,0 см. Относительно высокая плотность колоса (13 шт. колосков/колос при длине колоса 12,0 см) была характерна для вида *Ae. cylindrica*, собранного в Алматинской области. Озерненность колоса (КЗК) в целом была невысокая: от 5 шт. (*Ae. triuncialis*, Жамбылская обл.) до 12 шт. (*Ae. tauschii*, Алматинская обл.) с колебаниями в пределах вида в зависимости от места сбора. Местные популяции отнесены к крупносемянным видам рода *Aegilops* L. — масса 1000 семян у местных экотипов 4-х видов колебалась в среднем от 40,0 г (*Ae. tauschii*, *Ae. crassa*) до 56,0 г (*Ae. cylindrica*, *Ae. triuncialis*) с высоким содержанием белка в зерне: *Ae. cylindrica* (17,6%), *Ae. tauschii* (16,5%), *Ae. crassa* (17,2%), *Ae. triuncialis* (18,1%). Средние данные признаков продуктивности 4-х местных видов рода *Aegilops* L. приведены на рисунке 1.

По материалам экспедиций, обследовавших территории Казахстана на зараженность ржавчиной, на листьях дикого злака *Ae. cylindrical Host* были обнаружены до 80–100% пустул желтой ржавчины (*Puccinia striiformis*) — одной из агрессивных болезней пшеницы в Центральной Азии, а также уредопопуляции листовой ржавчины. На растениях этого вида происходит сохранение и становление рас в популяциях указанных видов ржавчин [7]. В 2006 г. на озимых посевах образцы вида *Ae. cylindrica* местной популяции из разных мест сбора проявили устойчивость

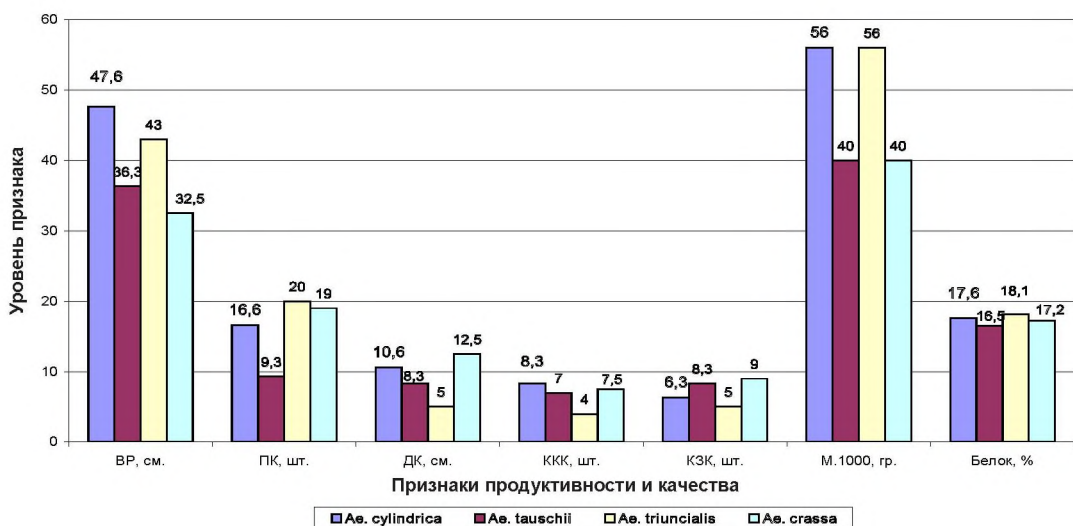


Рис. 1. Признаки продуктивности и качества местных популяций рода *Aegilops* L.

к желтой ржавчине (MR — 5–10–25%). По ряду популяций из Алматинской области процент поражения желтой ржавчиной к третьей оценке снизился до нуля. Однако популяция *Ae. cylindrica* из Жамбылского района показала высокую восприимчивость к бурой ржавчине (80,0–100%). В 2007 г. на 38 образцах *Ae. cylindrica*, 9 образцах *Ae. tauschii* и 1 образце *Ae. crassa* проявление как желтой, так и бурой ржавчины, было высоким (80–100%). В 2009 г. поражение желтой ржавчиной отдельных образцов *Ae. cylindrica*, *Ae. tauschii*, *Ae. crassa* достигало 90%. На яровом посеве 2007 г. местный материал почти полностью поражен бурой ржавчиной. За годы исследований не отмечено поражения видами ржавчины 16 образцов *Ae. triuncialis* (R — 5–10%). Всего выделено по устойчивости к каждому виду ржавчины 45 образцов (табл. 2).

Оценка значимости редких компонентов глиадина и субъединиц глютелина *Ae. cylindrica* для изменения качественных показателей муки и теста пшеницы может открыть новые источники генетического улучшения технологических параметров продуктов переработки пшеничного зерна [12]. Кроме того, специфические компоненты белков, выявленные при изучении дикого сородича, могут служить молекулярными маркерами интрогрессии элементов генома *Ae. cylindrica* в геном мягкой пшеницы. Анализ спектров глиадина образцов, собранных в экспедициях из различных мест произрастания, показал гетерогенность белков по составу, значительный меж- и внутривидовой полиморфизм. Характерным для спектра глиадинов *Ae. cylindrica* было отсутствие в спектре α-глиадинов, насыщенность компонентами g и b зон (табл. 3).

По спектру проламинов образцы *Ae. cylindrica* из экологически разных регионов обнаружили большое сходство. Различия состояли в основном по зоне быстроподвижных компонентов, причем аналогичное разнообразие наблюдалось и внутри популяций. Проведена идентификация всех коллекционных образцов *Ae. cylindrica*, собранных в ходе экспедиций по Республике. По всем популяциям идентифицировано 6 вариантов электрофоретических спектров белка. Число проламиновых биоти-

Образцы диких видов-сородичей рода *Aegilops* L. устойчивые к желтой и бурой ржавчинам

Род/вид	Место сбора: область/район	Географические координаты	Кол-во устойчивых обр., шт
<i>Ae. cylindrica</i>	Алматинская, Илийский	43°21.23' - 076°50.18'	2
	Алматинская, Талдыкурган	43°10.066' - 076°31.712'	3
	Алматинская, Карасайский	43°10.085' - 076°31.745'	1
	Алматинская, Раимбекский	43°10.063' - 076°31.712'	1
	Жамбылская, Шуйский	43°26.395' - 073°53.199'	1
	Жамбылская, Жуалинский	42°38.949' - 070°39.68'	1
	Жамбылская, Т.Рыскулова	42°31.614' - 070°23.360'	1
	ЮКО, Сайрамский	42°16.840' - 069°33.500'	1
<i>Ae. tauschii</i>	ЮКО, Тюлькубасский	42°55.606' - 070°28.701'	2
	Алматинская, Карасайский	43°08 34' - 076°36.45'	2
	Алматинская, Жамбылский	43°17.295' - 076°15.542'	2
	Алматинская, Ескельдинский	44°39.008' - 078°01.364'	1
	Алматинская, Саркандский	45°25.446' - 079°55.908'	2
<i>Ae. triuncialis</i>	Жамбылская, Т.Рыскулова	42°57.470' - 072°10.283'	2
	Жамбылская, Байзакский	42°59.917' - 072°10.28'	1
	Жамбылская, Жуалинский	42°66.659' - 072°01.421'	2
	Жамбылская, Талаский	42°49.721' - 070°57.033'	2
	ЮКО, Тюлькубасский	42°66.714' - 072°01.512'	1
	ЮКО, Сайрамский	42°16.840' - 069°33.500'	3
	ЮКО, Казыгуртский	41°17.420' - 069°33.500'	1
	ЮКО, Сарыагашский	41°54.401' - 069°46.860'	2
	ЮКО, Шардарьинский	41°12.214' - 068°33.194'	1
	ЮКО, Арысский	42°31.904' - 068°46.398'	1
<i>Ae. crassa</i>	ЮКО, Ордабасинский	43° 28.099' - 068°49.539'	1
	Жамбылская, Байзакский	42°59.917' - 072°00.407'	1
	ЮКО, Сайрамский	42°03.481' - 070°30.811'	2
	ЮКО, Шардарьинский	41°12.214' - 068°33.194'	1
	ЮКО, Сарыагашский	41°12.214' - 068°33.193'	1
	ЮКО, Арысский	42°07.103' - 068°06.994'	1
Итого:	ЮКО, Ордабасинский	42°49.770' - 069°07.809'	1
			45

**Глиадиновые формулы выявленных типов спектра
Ae. cylindrica местных популяций**

Биотип	Белковые зоны, компоненты			
	α	β	γ	ω
1	—	1 4 4 4 4 4 3 5 89 85,82 79,77 73,71 68 1 2 3 4 5	3 4 51 1 65 63 58 55 53 1 2 3 4 5	1 134 233 3 46 34 2927,25 221916 1 4 5 6 7 8 9
2	—	4 4 4 4 4 3 5 87 82 80,77 73,71 68 1 2 3 4 5	3 4 51 1 65 63 58 55 53 1 2 3 4 5	1 134 233 3 46 34 2927,25 221916 1 4 5 6 7 8 9
3	—	3 3 3 3 3 1 4 4 3 87 85,82 80,78,77 72,71 68 1 2 3 4 5	1 1 51 1 65 63 58 55 53 1 2 3 4 5	1 131 333 3 3 46 34 31,2927 2221 17,15 1 4 5 6 7 8 9
4	—	1 1 4 4 4 3 4 4 1 89,87 85,82 80,78 73,71 69 1 2 3 4 5	1 51 1 63 58 55 53 2 3 4 5	1 131 333 3 46 34 30,2927 221916 1 4 5 6 7 8 9
5	—	3 5 4 4 4 3 3 4 3 3 89,87 85,82 80,78,77 72,71 68 1 2 3 4 5	4 5 1 65 58 49 1 3 5	1 132 433 3 3 40 33 31,2927 22 21 17,15 2 4 5 6 7 8 9
6	—	1 4 4 4 4 4 3 5 89 85,82 79,77 73,71 68 1 2 3 4 5	4 5 2 1 65 63 57 55 1 2 3 4	1 1342 333 46 34 29 27,25 2219 16 1 4 5 678 9

пов в отдельных образцах варьировало от 2 до 4. Анализ процентного соотношения генотипов *Ae. cylindrica* в местных популяциях Алматинской, Жамбылской и Южно-Казахстанской областей по типам спектра глиадины показал, что в Алматинской и Жамбылской областях преобладают растения с 1-м типом спектра глиадины, тогда как в Южно-Казахстанской — растения со 2-м типом спектра (рис. 2). В целом генетическое разнообразие популяций Жамбылской области выше, чем в остальных регионах: выявлено 6 глиадиновых биотипов.

Результаты электрофоретического анализа (в щелочной среде) комплекса запасных белков единичных семян образцов *Ae. cylindrica* местных популяций показали, что в зоне спектра, где располагаются высокомолекулярные субъединицы глютеинов мягкой пшеницы, выявляются 3 полосы, одна из которых занимает в геле позицию x субъединиц высокомолекулярных глютеинов, кодируемых *Glu-D1* или *Glu-A1* локусами. Вариаций по спектру ВМСГ среди местных образцов *Ae. cylindrica* не выявлено.

Молекулярный анализ показал, что уровень различий вида *Ae. cylindrica* составляет 0,007–0,067.

Проведена идентификация и оценена степень генетического разнообразия 14 образцов *Ae. tauschii* из различных мест произрастания Алматинской, Жамбылской и Южно-Казахстанской областей. Характерным для всех образцов *Ae. tauschii*

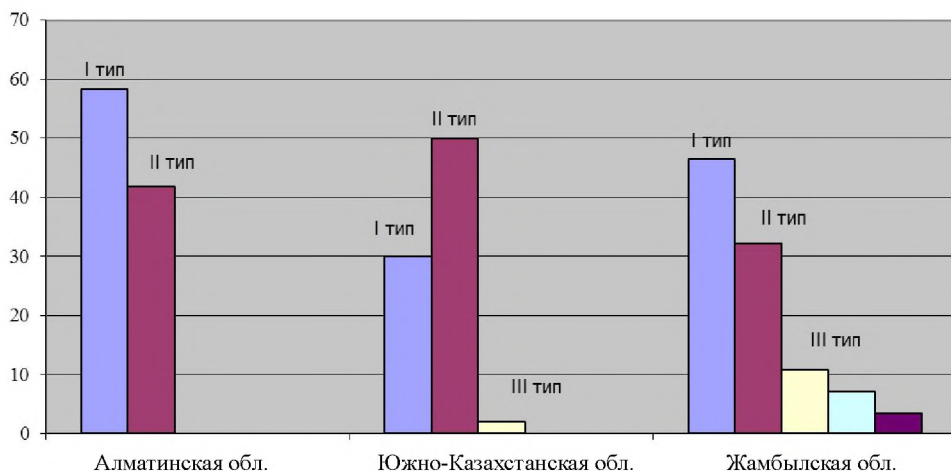


Рис. 2. Процентное соотношение генотипов *Ae. cylindrica* в местных популяциях юго-востока Казахстана по типам спектра глиадина

также было отсутствие в спектре запасного белка проламина α -глиадинов, ω и β зоны спектра были наиболее насыщены компонентами глиадина, тогда как γ зона оказалась менее насыщена белками, большая часть которых была в количественном отношении слабо выражена, рисунок 3.

Меж- и внутривидовой полиморфизм *Ae. tauschii* по глиадину был значительно выше, нежели у *Ae. cylindrical*. Было выявлено 13 вариантов белко-

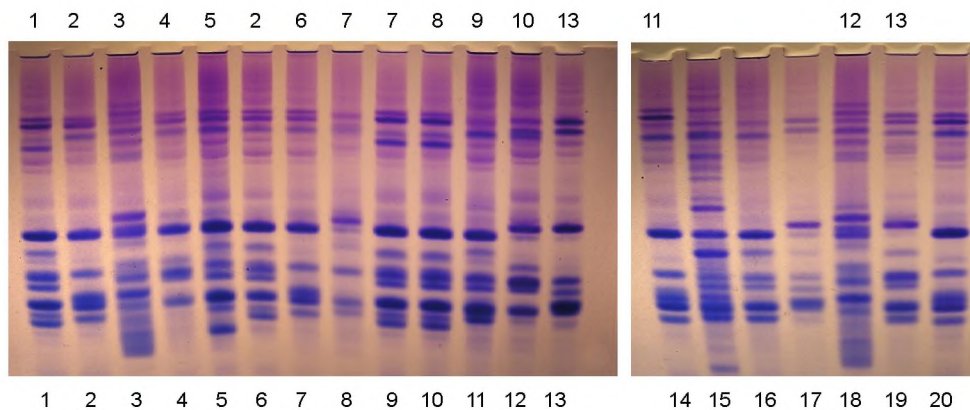


Рис. 3. Спектр запасного белка проламина образцов *Ae. tauschii*: 1-WS150 — Алматинская, Карасай; 2-WS151 — Алматинская, Карасай; 3 — Богарная 56; 4-WS155 — Алматинская, Коксу; 5-WS162 — Алматинская, Илийский; 6-WS163 — Алматинская, Талдыкурган; 7-WS197 — Алматинская; 8-WS198 — Алматинская; 9-WS683 — Алматинская; 10-WS684 — Алматинская; 11-WS753 — Жамбылская; 12-WS754 — Жамбылская; 13-WS755 — Жамбылская; 14-WS684 — Жамбылская; 15-WS753 — Жамбылская; 16-WS754 — Жамбылская; 17-WS755 — Жамбылская; 18 — Богарная 56; 19-WS755 — Жамбылская; 20-WS757 — Жамбылская

вого спектра, т.е. практически в каждом образце преобладали генотипы со специфическим спектром белка (табл. 4).

Изучением разнообразия высокомолекулярных субъединиц глютенина (ВМСГ) методами электрофореза в щелочной и кислой среде у образцов *Ae. tauschii* ($2n=2x=14$, DD) выявлено 42 аллели глютенинкодирующих локусов, некоторые из них не имели аналогов среди известных аллелей мягкой пшеницы [18]. В составе ВМСГ *Ae. tauschii* медленно подвижная субъединица этой зоны обозначена 1D α (рис. 4). Высокомолекулярная субъединица с наибольшей мобильностью в пределах данной зоны геля обозначена 1D γ .

В результате изучения состава высокомолекулярных субъединиц глютенина (ВМСГ) природных популяций *Ae. tauschii*, образцы семян которых были собраны в различных регионах Алматинской области в 2003–2010 гг., установлено, что в области спектра глютенинов, контролируемых у мягкой пшеницы локусами Glu-A1, Glu-B1, Glu-D1, у дикого вида насчитывается 2 субъединицы. Выявлена специфичность ряда популяций по относительной подвижности субъединиц. Уровень внутривидового полиморфизма изученных образцов по составу глютенинов незначителен.

Таблица 4

Регистрация местных образцов *Ae. tauschii* по спектру глиадина

№ п/п	α	β				γ			ω					
WS150	—	87 1	84,81 2	75 3	72,71 4	66,6458 2 3			38 34 30 3 4 5	26 23 6 7	20 8			
WS151,197, 757	—	87 1	82 2	79 3	71 4	66,6458 2 3			38 34 30 3 4 5	26 23 6 7	20 8			
WS155	—	84,82 2	75 3	72 4	68 5	58 53 3 5			38 34 30 3 4 5	26 23 6 7	20 8			
WS162	—	89,87 1	81 2	75 3	69 5	64 1	58 3	53 5	3834 30 3 4 5	26 23 6 7	20 8			
WS163,683, 684	—	88 1	84,81 2	75 3	70,69 5	58 53 3 5			3834 30 3 4 5	26 23 6 7	20 8			
WS198	—	89 1	85,81 2	71 4		63 2	58 3	55 53 4 5	33 4	27,26 6	22 7			
WS753	—	87 1	81 2	75 3	70 5	66 1	6358 2 3	53 5	38 35,3430 3 4 5	26 23 6 7				
WS754	—	8782 1	75 2	72 3	68 5	58 55 53 3 4 5			35,33 4	27,26 6	23 7			
WS755	—	8882 1	79,76 2	72 3	68 5	58 55 53 3 4 5			35,33 4	30 5	26 23 6 7			
WS756	—	8682 1	76 2	72 3		65 1	55 53 4 5		33 31,29 4 5	26 23 6 7	20 8			
WS757	—	86 1	82 2	78,77 3	71 4	68 5	58 53 3 5			38 34 3 4	26 23 6 7	20 8		

Сравнительные анализы глиадиновых белков местных популяций *Ae. triuncialis* и *Ae. crassa* из разных географических мест показали, что каждый из изученных видов имеет свой характерный спектр, отличающийся по числу белковых компонентов и их интенсивности. Наиболее богатым по белковому составу были образцы *Ae. triuncialis* — выявлено от 14 до 17 компонентов, распределенных по всем трем зонам. Интерес представляют зоны II и III. В них наблюдаются отличия по содержанию компонентов, которые могут быть использованы для идентификации внутривидовых биотипов. Следует отметить, что у этого вида каждая зона спектра включает компоненты, отсутствующие у других видов. Образцы *Ae. triuncialis* были изучены по спектру глиадинов в кислой и щелочной системе электрофореза (рис. 5). Выявлено высокое разнообразие образцов как из Жамбылской области (2009 г.), так и из Южно-Казахстанской области (2011 г. сбора). По составу глиадинов все образцы имели высокую гетерозиготность и вариабельность по компонентам всех зон, однако образцы из Южно-Казахстанской области (в. н.у.м. — 520–612) (рис. 6) были генетически

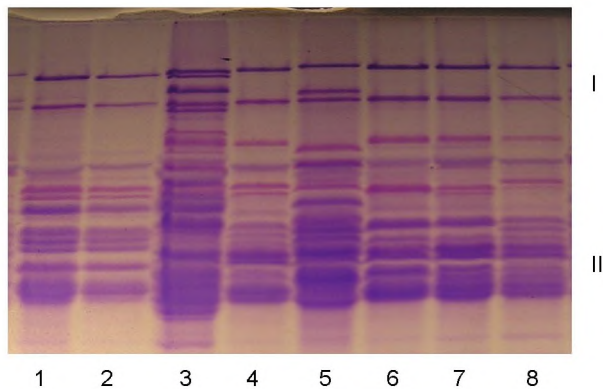


Рис. 4. Спектр запасных белков семян популяции *Ae. tauschii*: 1, 2 — WS154а с. Балгабен Жамбылского р-на; 5 — *Ae. cylindrica*, 6 — WS151 п. Бурундай; 4, 7, 8 — WS150 Карасайский р-он; 3 — озимая мягкая пшеница Богарная 56; I — ВМСГ; II — низкомолекулярные глютелины (НМГ) и глиадины

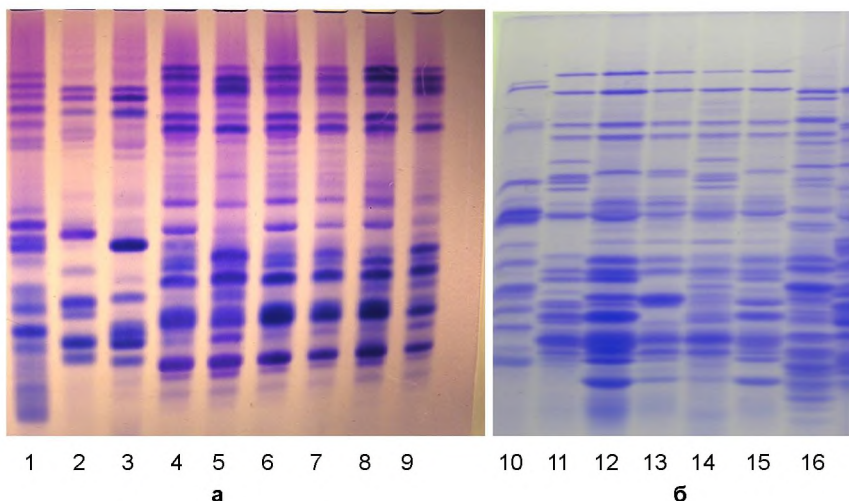


Рис. 5. Спектр проламинов образцов *Ae. triuncialis*: 1 — мягкая пшеница Богарная 56; 2, 3 — *Ae. tauschii*; 4 — *Ae. triuncialis* WS758; 5 — WS759; 6 — WS760; 7 — WS761; 8 — WS 762; 9 — WS 763; 10 — WS945; 11 — WS953; 12 — WS946; 13 — WS948; 14 — WS951; 15 — WS952; 16 — мягкая пшеница Безостая 1

более разнообразны, чем образцы, собранные на высоте 488–934 м н.у.м., причиной чего может быть географическое расположение образцов.

У вида *Ae. crassa* число компонентов составляло 15. Анализ состава высокомолекулярных и низкомолекулярных глютеинов и глиадинов показал, что все образцы *Ae. crassa* были идентичны, что согласуется с данными С. Наимова [9], который также отмечает низкое разнообразие таджикских популяций этого вида по составу глиадинов. Высокомолекулярные глютеины насчитывают 4 компонента, все они по электрофоретической подвижности соотносятся с зоной ВМСГ гексаплоидной и тетраплоидной пшеницы.

Выводы

1. Экспедиционным обследованием дикорастущих видов-сородичей пшеницы Восточного, Центрального и Южного Казахстана собрано 169 образцов семян местных популяций 4-х видов рода *Aegilops* L., в том числе — *Ae. cylindrica* (111 обр.), *Ae. tauschii* (34 обр.), *Ae. triuncialis* (16 обр.) и *Ae. crassa* (8 обр.).

2. Выявлены перспективные образцы: масса 1000 зерен — 25 обр.; устойчивость к ржавчинным болезням — 45 обр.; содержание белка в зерне — 14 обр. (18,0–23,0%).

3. Идентификацией местных образцов видов-сородичей рода *Aegilops* L. по составу запасных белков зерна — проламинов и глютелинов — установлена степень их генетического разнообразия, полиморфности, сходства-различия по компонентному составу белков. Характерным для спектра глиадинов *Ae. cylindrica* было отсутствие в спектре α -глиадинов, насыщенность компонентами γ и β зон. По всем популяциям идентифицировано 6 вариантов электрофоретических спектров белка. Молекулярный анализ показал, что уровень различий вида *Ae. cylindrica* составляет 0,007–0,067. Характерным для всех образцов *Ae. tauschii* также было отсутствие в спектре запасного белка проламина α глиадинов, ω и β зоны спектра были наиболее насыщены компонентами глиадина. Меж- и внутрипопуляционный полиморфизм *Ae. tauschii* по глиадину был значительно выше, нежели у *Ae. cylindrica*, было выявлено 13 вариантов белкового спектра. Местные популяции *Ae. triuncialis* и *Ae. crassa* из разных географических мест имели свой характерный спектр. Наиболее богатым по белковому составу были образцы *Ae. triuncialis*: выявлено от 14 до 17 компонентов, распределенных по всем трем зонам. У вида *Ae. crassa* число компонентов составляло 15. По составу высокомолекулярных и низкомолекулярных глютеинов и глиадинов все образцы *Ae. crassa* были идентичны.

Библиографический список

1. Абдуллина С.А. Список сосудистых растений Казахстана. Алма-Ата, 1998. 186 с.
2. Байтенов М.С. К изучению и охране редких и исчезающих видов растений в Казахской ССР // кн. «Изучение и охрана заповедных объектов». Алма-Ата: Кайнар, 1984. С. 65–67.
3. Булатова К.М. Изучение компонентного состава глютеина пшеницы // Вестник с.-х. науки Казахстана. 1985, № 4. С. 37–39.
4. Гончаров Н.П., Кодратенко Е.А., Храброва М.А., Коновалов А.А., Лайкова Л.И., Блинов А.Г., Головина К.А., Глушков С.А. Рукотворные виды — источник расширения биоразнообразия пшениц // Агромеридиан. 2008. № 3, 4. С. 86–91.

5. *Есимбекова М.А.* Сохранение биоразнообразия генетических ресурсов сельскохозяйственных растений, возможности использования в селекции // ИББР МОН РК: Международная научная конференция по биологии и биотехнологии растений. Алматы, 2014. С. 25–27.

6. *Исмаилов Б.А.* Генетические ресурсы кормовых растений Казахстана и использование их в селекции // Матер. Межд. конф. «Развитие ключевых направлений сельскохозяйственной науки в Казахстане: селекция, биотехнология, генетические ресурсы», МСХ РК / СИММИТ/ГТЦ/ИКАРДА. Астана. 2004. С. 137–141.

7. *Койшибаев М., Моргунов А.И., Яхьяови А., Рсалиев Ш., Жунусова М.К.* Фитопатологическая оценка устойчивости озимой пшеницы к основным грибным болезням и эффективные гены для селекции // Сб. науч. трудов «Эволюция научных технологий в растениеводстве». Т. 1. Пшеница. Краснодар. 2004. С. 363–371.

8. *Мережко А.Ф.* Пополнение, сохранение в живом виде и изучение мировой коллекции пшеницы, эгилопса и тритикале // Методические указания. ВИР. 1999. С. 3–81.

9. *Наимов С., Касымова Г.Ф., Насырова Ф.Ю., Донцова С.В., Нигмонов М., Игамбердиева З.* Биоразнообразие произрастающих в различных климатических условиях Таджикистана видов рода *Aegilops L.* // Агромеридиан. 3(4). 2006. С. 96–101.

10. *Ситпаева Г.Т., Есимбекова М.Ф., Моргунов А.И., Карабаев М.К.* О современном состоянии генетического потенциала диких сородичей злаков на юго-востоке и востоке Казахстана // Межд. конфер. «Развитие ключевых направлений сельскохозяйственных наук в Казахстане: селекция, биотехнология, генетические ресурсы». Астана, 2004. С. 246–252.

11. *Уразалиев Р.А., Есимбекова М.А., Алимгазинова Б.Ш.* Проблемы инвентаризации, сохранения и изучения генофонда сельскохозяйственных растений Казахстана // Международная конференция «Биологические основы селекции и генофонда растений». Алматы, 2005. С. 267–271.

12. *Хакимова А.Г., Конарев В.Г.* Агрегирующая способность клейковины разных видов пшеницы и эгилопса // Тр. по пр. ботанике, генетике и селекции. 1981. Т. 70. Вып. 2. С. 27–34.

13. *Храмцова Е.В., Киселева И.С.* Эгилопс и дикие виды пшеницы как источники полезных свойств для современных сортов пшеницы // Матер. VI Межд. симп. «Новые и нетрадиционные растения и перспективы их использования». М., 2005. Т. 2. С. 402–403.

14. *Чукида Н.Н., Мартынов С.В., Доброторская Т.В., Колесова М.А. Антонов Д.Г. Тырышкин Л.Г.* Виды рода *Aegilops* как генетические источники для селекции пшеницы устойчивости к болезням и вредителям // Материалы VI Международного симпозиума «Новые и нетрадиционные растения и перспективы их использования». М., 2005. Т. 1. С. 146–148.

15. *Alimgazina B.Sh., Yessimbekova M.A.* Plant Genetic Resources of Kazakhstan: Status and Prospects // Russian Journal of Genetics: Applied Research. 2013. Vol. 3, № 1. P. 21–25.

16. *Galili G., Feldman M.* Genetic control of endosperm proteins in wheat. 2. Variation in high molecular weight glutenin and gliadin subunits of *Triticum aestivum* // Theor. and Appl. Genet. 1983. V. 66. P. 77–76.

17. Gene Bank Management for Germplasm Collection. ICARDA. 2007. 46 p.

18. *Konarev V.G., Gavrilyuk I.P. and Peneva T.I.* About nature and origin of wheat genome on the data of biochemistry and immunochemistry of grain proteins // Selsk. Biol. 11(5). 1976. P. 656–665.

19. *Laemmli U.K.* Cleavage of structural proteins during assembly of the head of bacteriophage. T.4. // Nature. 1970. V. 227. № 4. P. 178–189.

20. *Maxted N., Painting K., Guarino L.* Ecogeographic Surveys. University of Birmingham, IPGRI. Rome, 1997. P. 16.

21. *Stalker H.T., Chapman C.* Scientific Management of germplasm: characterization, evaluation and enhancement. IPGRI, 1992. 160 p.

AGROBIODIVERSITY OF WHEAT WILD RELATIVES (*AEGILOPS* L.) IN KAZAKHSTAN APPROPRIATE FOR WHEAT BREEDING

M.A. YESSIMBEKOVA, K.M. BULATOVA, R.Ж. KUSHANOVA, K.B. MUKIN

(Kazakh Research Institute of Agriculture and Crop Production)

Wild species and wild relatives are valuable gene pool of any crop. The article presents the results of the collection, introduction and assessment of biodiversity of wheat wild relative local populations by phenotype and genotype (gen. Aegilops L.) growing in Kazakhstan. It was collected and introduced 169 accessions. There were selected 25 accessions on the 1000 grain weight, 45 accessions for resistance to rust diseases, 14 accessions of high protein content, which are recommended for breeding.

By the evaluation of the seed storage proteins the degree of polymorphism, similarities/differences in the component composition of proteins was established. The results of these studies can be used in plant breeding and biotechnology of wheat genetics.

Key words: agricultural biodiversity, wild relatives, genus Aegilops L., collection, phenotyping, genotyping, breeding.

Есимбекова Мишура Ахметовна — д. б. н., зав. отделом генофонда полевых культур ТОО «Казахский НИИ земледелия и растениеводства» МСХ РК (040909, Республика Казахстан, Алматинская обл., Карасайский р-н, п. Алмалыбак, ул. Ерлеспесова 1; тел.: (872771) 5-38-08, (872738) 9-45-16, (701) 395-72-53; e-mail: minura.esimbekova@mail.ru).

Булатова Кульпаш Мансуровна — д. б. н., зав. лабораторией молекулярно-генетического анализа ТОО «Казахский НИИ земледелия и растениеводства» МСХ РК (040909, Республика Казахстан, Алматинская обл., Карасайский р-н, п. Алмалыбак, ул. Ерлеспесова 1; тел.: (872771) 5-32-16; e-mail: bulatova_k@rambler.ru).

Кушанова Рыстай Жармагалиевна — науч. сотр. отдела генофонда полевых культур ТОО «Казахский НИИ земледелия и растениеводства» МСХ РК (040909, Республика Казахстан, Алматинская обл., Карасайский р-н, п. Алмалыбак, ул. Ерлеспесова 1; тел.: (872771) 5-38-72, (701) 795-04-51; e-mail: kushanova60@mail.ru).

Мукин Кадыржан Бакитжанович — к. с.-х. н., ст. науч. сотр. отдела генофонда полевых культур ТОО «Казахский НИИ земледелия и растениеводства» МСХ РК (040909, Республика Казахстан, Алматинская обл., Карасайский р-н, п. Алмалыбак, ул. Ерлеспесова 1; тел.: (872771) 5-38-61; e-mail: mukin2010@mail.ru).

Yessimbekova Minura Ahmetovna — Doctor of Biological Sciences, Head of the Gene Pool Department of the Kazakh Research Institute of Agriculture and Plant Growing, the Ministry of Agriculture (040909, Almaty region, Karasai district, Almalymbak v., Erlepesova str.,1; tel.: (872771) 5-38-08, (872738) 9-45-16, (701) 395-72-53; e-mail: minura.esimbekova@mail.ru).

Bulatova Kulpash Mansurovna — Doctor of Biological Sciences, Head of the Laboratory of Molecular Genetic Analysis of the Kazakh Research Institute of Agriculture and Plant Growing, the Ministry of Agriculture (040909, Almaty region, Karasai district, Almalymbak v., Erlepesova str.,1; tel.: (872771) 5-32-16; e-mail: bulatova_k@rambler.ru).

Kushanova Rystay Zharmagalievna – Researcher of the Gene Pool Department of the Kazakh Research Institute of Agriculture and Plant Growing, the Ministry of Agriculture (040909, Almaty region, Karasai district, Almalymbak v., Erlepesova str.,1; tel.: (872771) 5-38-72, (701) 795-04-51; e-mail: kushanova60@mail.ru).

Mukin Kadyrzhan Bakytzhanovich – PhD in Agricultural Sciences, Senior Researcher of the Gene Pool Department of the Kazakh Research Institute of Agriculture and Plant Growing, the Ministry of Agriculture (040909, Almaty region, Karasai district, Almalymbak v., Erlepesova str.,1; tel.: (872771) 5-38-61; e-mail: mukin2010@mail.ru).