

Сәкен Сейфуллин атындағы Қазақ агротехникалық зерттеу университетінің Ғылым жаршысы: пәннаралық = Вестник науки Казахского агротехнического исследовательского университета имени Сакена Сейфуллина: междисциплинарный. – Астана: С. Сейфуллин атындағы Қазақ агротехникалық зерттеу университеті, 2025. -№ 4 (128). - Р.119-128. - ISSN 2710-3757, ISSN 2079-939X

[doi.org/10.51452/kazatu.2025.4\(128\).2092](https://doi.org/10.51452/kazatu.2025.4(128).2092)

УДК 631.527.5

Исследовательская статья

Расширение генетической изменчивости проса обыкновенного на основе внутрисортовой гибридизации

Абылкаирова М.М. , Дюсибаева Э.Н. , Зейнуллина А.Е. , Сарбасова Н.А. 
Рысбекова А.Б. 

Казахский агротехнический исследовательский университет имени С. Сейфуллина
Астана, Казахстан

Автор-корреспондент: Абылкаирова М.М.: margarita.abkv@gmail.com

Соавторы: (1: ЭД) e.dyussibayeva@kazatu.edu.kz; (2: А3) a.zainullina@kazatu.edu.kz
(3: НС) nuriyasarbassova01@gmail.com; (6: АР) a.rysbekova@kazatu.edu.kz

Получено: 07.11.2025 **Принято:** 15.12.2025 **Опубликовано:** 30.12.2025

Аннотация

Предпосылки и цель. Расширение генетической базы проса обыкновенного (*Panicum miliaceum L.*) является важным направлением селекции, поскольку существующие сорта ограничены по уровню адаптивности и продуктивности. Целью работы было получить гибридные поколения на основе искусственной гибридизации и провести предварительную оценку их продуктивных признаков для дальнейшего выделения перспективного селекционного материала.

Материалы и методы. Материалом исследования служили отечественные сорта и коллекционные образцы из ВИР (Всероссийский Институт Растений) и USDA (United States Department of Agriculture), адаптированные к условиям Казахстана. Проводились 43 комбинации скрещивания с последующей оценкой завязываемости семян и первичной продуктивности гибридных растений.

Результаты. Из 43 комбинаций 22 завершились успешным завязыванием семян, средний показатель которого составил 9,4%. Наиболее высокие результаты отмечены при скрещивании местных сортов с зарубежными образцами, что свидетельствует о высокой генетической совместимости и потенциале для селекционного улучшения. Предварительная оценка гибридных растений позволила выделить комбинации с оптимальными значениями продуктивных признаков.

Заключение. Полученные гибриды представляют ценность для дальнейшего селекционного процесса, направленного на создание перспективных линий проса с улучшенными характеристиками. Дальнейшие исследования будут включать детальную оценку продуктивности и адаптивности отобранного материала.

Ключевые слова: просо; *Panicum miliaceum*; продуктивность; гибридизация; искусственная гибридизация; селекция.

Введение

Просо (*Panicum miliaceum L.*) – богатая питательными веществами и климатически устойчивая продовольственная и кормовая культура. *P. miliaceum* – диплоидная ($2n=36$) культура с коротким периодом вегетации, способная переносить повышение температуры и недостаток влаги [1]. Хотя она самоопыляемая культура, тем не менее, также отмечено естественное перекрестное опыление, превышающее 10% [2]. Культура проса C4 типа возделывается в Индии, Непале, Западной Бирме, Пакистане, Шри-Ланке и странах Юго-Восточной Азии. Помимо употребления в пищу, она широко используется в качестве корма для птиц и животных в различных частях

Азии [3]. По питательной ценности зерновых просо аналогично злакам или даже превосходит их, а белок состоит из незаменимых аминокислот [4]. С экологической точки зрения просо является важной продовольственной культурой благодаря своему короткому вегетационному периоду и способности адаптироваться к широкому диапазону температур, режимов влажности и условий с низкими затратами [5]. В Казахстане площадь посевов проса составляет 49,5 тыс. га, а средняя урожайность 16,8 ц/га [6]. В последние годы просо приобрело огромное значение во всем мире благодаря своему потенциалу в борьбе с голодом и недоеданием, а также в обеспечении продовольственной и пищевой безопасности.

Гибридизация представляет собой важный процесс для формирования генетической изменчивости у растений. При улучшении сельскохозяйственных культур, развивая разнообразную популяцию для осуществления отбора по желаемым признакам, гибридизация является предварительным шагом. В последнее годы селекционные программы проса, направленные на повышение продуктивности, дали положительные результаты. Создано немало улучшенных сортов, хотя их производственный потенциал ограничен. Несмотря на имеющуюся достаточную изменчивость в существующих генофондах, она не использована в полной мере. Следуя гибридизации и отбору в расщепляющихся популяциях, можно использовать существующую изменчивость для создания новых сортов [7].

Морфология и биология цветков перекрестноопыляемых культур обеспечивают лёгкость гибридизации, в отличие от самоопыляемых культур. Морфология цветков, крошечные цветки и особенности цветения являются основными препятствиями для скрещивания родительских форм проса. Однако, селекционный отбор, за которым следует гибридизация для создания новых сортов, является важнейшей стратегией селекции данной культуры. Даже для опытного селекционера процент успешных скрещиваний относительно низок, что ограничивает генетические исследования по улучшению урожайности проса [8]. Чтобы преодолеть подобные трудности, для каждой из просяных видов применяются модифицированные методы скрещивания, учитывая их морфологию цветков и биологические особенности. Ручная кастрация цветков, хотя практически очень сложна, но вполне эффективна, так как исключает получение псевдогибридных зерновок. Просо относится к самоопыляемым культурам семейства злаковых. Следовательно, для расширения генетической базы создание вариаций путем искусственной гибридизации является необходимым условием. Морфология цветков, их размер и характер цветения являются основными препятствиями в рекомбинационной селекции путем гибридизации [9]. В связи с этим, целью наших работ являлось скрещивание специально подобранных родительских пар на основе эффективного и успешного метода искусственной гибридизации с последующим анализом гибридных комбинаций для получения предселекционных материалов.

Материалы и методы

В программу гибридизации были внесены сорта и образцы проса казахстанской селекции, и образцы мировой коллекции ВИР и USDA (таблица 1).

Таблица 1 – Родительские формы для гибридизации

Сорта и образцы	Происхождение	Средняя продуктивность (2024-2025 гг), г/м ²	Масса 1000 семян, г
Саратовское 6	Россия	314,6	9
Уральское 109	Казахстан	264,4	7,5
Шортандинское 7	Казахстан	209,8	9,6
Яркое 6	Казахстан	116,3	9,5
Яркое юбилейное	Казахстан	207,2	9,3
K-1474	Россия	350,1	8
K-2241	Таджикистан	135,7	6,5
K-2274	Казахстан	200,1	6

Продолжение таблицы 1

K-2468	Казахстан	274,9	9,5
K-3906	Казахстан	156,4	7,3
PI 175798	Турция	318,2	9
PI 177015	Турция	128,9	7,6
PI 177481	Турция	143,7	7,5
PI 209790	Германия	123,7	6
PI 211058	Индия	264,1	10

Полный процесс цветения занимает 12-15 дней. Восприимчивость рыльца и сбрасывание пыльцы происходят одновременно. Пыльники липкие и не сбрасывают пыльцу, в то время как цветки закрыты. Сразу после раскрытия цветка пыльники высыхают и инициируют сбрасывание пыльцы. Цветки открыты примерно на 10-15 мин. Факторы окружающей среды, а именно оптимальная температура, умеренная влажность и палящее солнце, стимулируют процесс цветения. Замечено, что в пасмурные и пасмурные дни цветение затрудняется; поэтому для стимуляции цветения метёлки нагревают с помощью линзы. Цветение можно стимулировать, нагревая метёлку линзой, с максимальной реакцией между 10:00 и 11:00 утра. Было предложено несколько методов кастрации проса, включая горячий воздух, горячую воду, протирание метёлок и погружение их в воду (и кастрацию с последующим помещением в мешочек на 2 дня перед опылением. Учитывая вышеуказанные особенности цветения проса, гибридизацию проводили в утреннее время с молодыми метелками, что позволило обеспечить оптимальное условие для завязывания зерновок проса. Селекционная работа проводилась на базе Казахского агротехнического исследовательского университета им. С.Сейфуллина в соответствии с методикой государственного сортоиспытания и методом искусственной гибридизации [10]. Для получения гибридных комбинаций посевов проса в искусственных контролируемых условиях проводились гибридизационные работы. В качестве материнских и отцовских форм использовали сортообразцы с хозяйственно-ценными признаками, адаптированные к климатическим условиям Казахстана. При подборе пар пыльники на молодых метелках должны быть ещё зелёными, выполненными, на нижнем уровне, с не жизнеспособными тычинками и не раскрывшимся зародышевым мешком. Созревшие верхние и нижние чашелистики метелки удалялись специальными ножницами. В отобранным колосе (в среднем по 50 шт.) удалялись все пыльники, расположенные по 3 на каждом чашелистике. После удаления пыльников верхушка колоска срезалась на высоте 3-4 см для посадки на изолятор. Для опыления удалялись тычинки с хорошо созревшими жёлтыми пыльниками, которые вот-вот лопнут, отрезалась 1/4 чашелистиков и затем тычинки оставлялись открытыми на пергаментном мешочке. Через 1-2 мин зрелые пыльники вытаскивались через срезанные чашелистики. Пыльники встраивались в предварительно запечатанных пергаментных пакетах (рисунок 1).

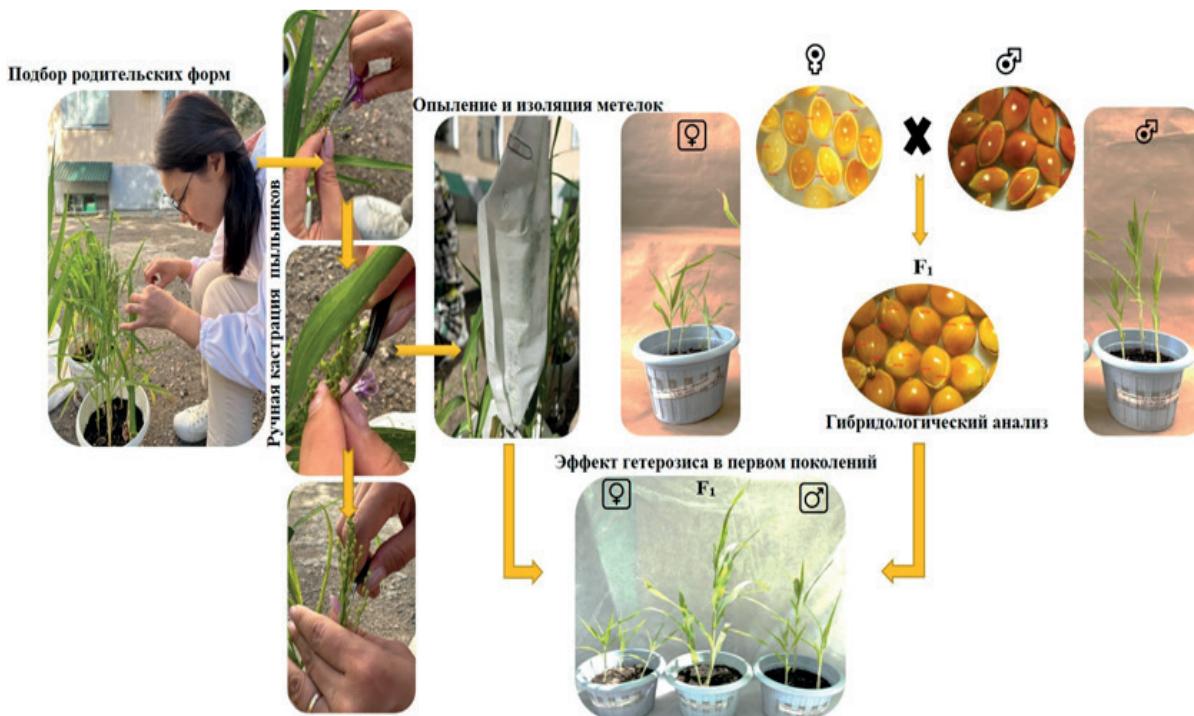


Рисунок 1 – Основные этапы гибридизации проса

Для повышения эффективности опыления тычинки помещались вместе с материнскими формами в пакет из пергаментной бумаги для их изоляции от остальных тычинок [11]. Сбор анализа метелок гибридных комбинации проводился при полном созревании.

После получения гибридных семян, они были посажены в вегетативные сосуды для генерации следующих поколений, а также для анализа и оценки их потенциальной продуктивности. Продуктивность оценивалась по следующим параметрам: высота растений (см), длина метелки (см), длина и ширина флагового листа (см), диаметр соломы (см), количество междуузлий (шт.), продуктивная кустистость (шт.). Высота растений, длина метелки, длина и ширина флагового листа измерялись с помощью метровой линейки; количество междуузлий считалось вручную; для измерения диаметра соломы стебель растения разрезался в середине и затем его диаметр измерялся линейкой. Количество междуузлий (шт.) и продуктивная кустистость (шт.) считались вручную.

Статистический анализ был проведен в программах Excel, RStudio.

Результаты и обсуждение

Получение гибридных семян в полевых условиях требует значительного времени и уровень завязываемости тесно зависит от условий окружающей среды, что усложняет процесс опыления из-за особенностей биологии цветения мелкосемянной культуры проса. Проведение гибридизации в контролируемых условиях повышает эффективность получения гибридной популяции, что способствует оптимизации селекционного процесса вне зависимости от условий и места закладки опыта. Метод ускоренной селекции предусматривает непрерывное получение потомства с использованием вегетационных сосудов [12]. Для синхронизации сроков цветения отобранные родительские формы с различной скороспелостью были посажены в вегетационные сосуды 5, 15 и 25 мая, учитывая прогнозируемые даты наступления фазы цветения. Для реализации гибридизации было подобрано 14 родительских пар различного происхождения, они были заложены в вегетационные сосуды в разные сроки с учетом продолжительности вегетации каждого генотипа. В результате гибридизации опылено 1799 завязей из 43 комбинации и получено 175 гибридных зерновок, процент завязываемости в среднем составил 9,4% (таблица 2).

Таблица 2 – Результаты успешной гибридизации сортов и образцов проса

Комбинации	Число кастрированных и опыленных цветков, шт	Число завязанных семян, шт	Завязываемость, %
♀PI 211058×♂Шортандинское 7	45	12	26,6
♀PI 211058×♂Уральское 109	48	4	8,3
♀K-3906×♂Саратовское 6	31	4	12,9
♀Яркое 6×♂PI 211058	48	33	68,7
♀Шортандинское 7×♂K-1474	42	16	38,10
♀PI 211058×♂Уральское 109	47	7	14,89
♀PI 209790×♂Яркое 6	36	6	16,67
♀K-3906×♂Саратовское 6	40	4	10,0
♀K-2241×♂Шортандинское 7	40	2	5,00
♀K-2241×♂K-3906	40	12	30,0
♀K-3906×♂Шортандинское 7	40	3	7,5
♀Шортандинское 7×♂K-3906	40	1	2,5
♀K-2468×♂Шортандинское 7	50	18	36,0
♀PI 209790×♂K-2241	51	7	13,7
♀K-2241×♂PI 209790	46	7	15,2
♀K-2274×♂K-2241	52	14	26,9
♀K-2274×♂PI 175798	38	6	15,7
♀Шортандинское 7×♂K-2274	35	8	22,8
♀Шортандинское 7×♂PI 175798	30	4	13,3
♀PI 175798×♂Шортандинское 7	46	4	8,7
♀Шортандинское 7×♂PI 177015	17	1	5,8
♀PI 177481×♂Яркое юбилейное	46	2	4,3
Итого	1799	175	9,4

В получении истинных гибридов самый высокий уровень успешности был получен при скрещивании местных сортов с зарубежными образцами. Так, у комбинаций ♀Шортандинское 7×♂K-2274: ♀PI211058×♂Шортандинское 7; ♀K-2468×♂Шортандинское 7; ♀Шортандинское 7×♂K-1474 и ♀Яркое 6×♂PI 211058 уровень завязываемости достиг 38,10%, 22,86%, 26,6%, 36,0% и 68,7%, соответственно. При гибридизации коллекционных образцов ВИР - K-2241 и K-3906 – также удалось получить 12 гибридных зерновок из 40 кастрированных цветков, процент завязываемости у данной комбинации был равен 30,0%.

Несмотря на разное происхождение, принудительная гибридизация отечественных и зарубежных образцов доказала их высокую генетическую совместимость: ♀PI211058×♂Уральское 109 – 8,3%; ♀PI 175798×♂Шортандинское 7 – 8,7%; ♀K-3906×♂Саратовское 6 – 10,0%, ♀K-3906×♂Саратовское – 12,9; PI 209790×♂K-2241 – 13,73%, ♀Шортандинское 7 ×♂PI 175798 – 13,33%; ♀PI 211058×♂Уральское 109 – 14,89%; ♀PI 209790×♂Яркое 6 – 16,67%, ♀K-2241×♂PI 209790 – 15,22%; ♀K-2274×♂PI 175798 – 15,79%. Наименьший процент завязываемости оказался у следующих комбинаций: ♀Шортандинское 7×♂K-3906 – 1 зерновка из 40 кастрированных (2,50%); ♀PI 177481×♂Яркое юбилейное – 2 зерновки из 46 кастрированных (4,35%); ♀K-2241×♂Шортандинское 7 – 2 зерновки из 40 кастрированных (5,0%); ♀Шортандинское 7×♂PI 177015 – 1 зерновка из 17 кастрированных цветков (5,88%) и ♀K-3906×♂Шортандинское 7 – было получено 3 зерновки из 40 цветков (7,50%).

В целом при анализе гибридных зерновок отмечено, что из 43 комбинации успешными оказались 22. Процент завязывания семян в скрещиваниях варьировался от 2,5 до 68,7%, со

средним значением 9,4%. Однако, с учетом биологической особенности проса, каждая зерновка имеет высокий генетический потенциал, что дает возможность получить достаточное количество семян для гибридологического анализа F1/F2 и оценки комбинационной способности данной культуры.

Для генерации последующих поколений F1-F2 гибридные зерновки были посажены в вегетативные сосуды. В результате фенологических наблюдений в F1 поколении отмечен гетерозисный эффект (рисунок 2).



Рисунок 2 – Гибридные комбинации F1 поколений с родительскими формами

Для анализа и отбора гибридов F1 поколений полученные гибридные зерновки из 12 комбинаций также были посажены в полевых условиях Научно-производственного центра зернового хозяйства имени А.И. Бараева. В связи с малым количеством полученных гибридных зерен часть гибридов первого поколения не была включена в полевые исследования. В результате проведенных полевых исследований был получен гибридный материал F1 поколений, и семена были размножены в достаточном количестве для дальнейших селекционных работ. Полученные гибриды были проанализированы по элементам продуктивности в сравнении с родительскими формами для проведения отбора высокопродуктивного материала (таблица 3).

Таблица 3 – Оценка родительских форм и гибридов проса по параметрам продуктивности

Комбинации	Высота растения, см	Длина метелки, см	Длина флагового листа, см	Ширина флагового листа, см	Количество междуузьев, шт	Диаметр соломы, см	Продуктивная кустистость, шт	Масса 1000 семян, г
♀К-2274×♂К-2241	85,4	21,4	24,6	1,74	4,8	0,5	4	10,6
♀ПИ 211058×♂Уральское 109	92,4	22,5	23,5	4,8	4	0,5	5	10,5
♀К-2241×♂ПИ 209790	101,2	26	24,4	1,2	6,2	0,6	5	9,9
♀Шортандинское 7×♂К-1474	95,8	27,2	30,4	1,96	5,2	0,5	3,2	10

Продолжение таблицы 3

♀Шортандинское 7×♂K-2274	94,8	25,2	24,2	1,4	4,8	0,5	3,2	9,8
♀Шортандинское 7×♂PI 177015	79	23	25,2	1,7	4,6	0,4	3,4	8,9
♀K-3906×♂Саратовское 6	98,9	26,4	25	1,8	5,2	0,4	4	10,2
♀K-2241×♂Шортандинское 7	100,3	25,5	24,2	1,7	4,8	0,5	5,2	10,9
♀K-2468×♂Шортандинское 7	105,4	24,4	23,8	1,36	4,6	0,4	4	9,9
♀K-2274×♂PI 175798	101	22,8	21,9	1,6	4,8	0,5	3,2	10,1
♀K-2241×♂K-3906	102,2	21,4	20	1,56	4,4	0,5	3,6	10,3
♀PI 211058×♂Шортандинское 7	99,1	22,4	23,5	1,4	5,2	0,5	5	10,5

По результатам, высота растений варьировала от 79 до 105,4 см, при среднем значении 96,3 см. Наиболее продуктивные по кустистости комбинации характеризовались средней высотой (95-100 см), предположительно, умеренная высота растений обеспечивает оптимальное соотношение между вегетативным ростом и формированием репродуктивных структур. Длина метёлки варьировала от 21,4 до 27,2 см при среднем значении в 24,0 см. Ширина метёлки изменялась в пределах 1,2-1,96 см. Количество междуузлий менялось от 4,0 до 6,2. Диаметр стебля находился в диапазоне 0,4-0,6 см, оставаясь относительно стабильным.

Ручная кастрация цветков практически очень сложна, поэтому широко применяется контактный метод гибридизации. Тем не менее, успешность получения настоящих F1 составляет 2-3%. Хотя не существует единого метода, подходящего для всех видов проса, важно найти самый эффективный метод, позволяющий получить максимальное количество гибридных семян для всех просовидных культур [11].

По данным *Hulse et al.* (1980) биология цветения проса обыкновенного имеет ряд особенностей: соцветие может быть открытым или компактным, с многочисленными колосками [13]. Каждый колосок имеет две колосковые чешуи и две нижние цветковые чешуи. Внешняя и внутренняя колосковые чешуи карликовые и длинные соответственно. В нижней нижней цветковой чешуе находится один цветочек. Длинный, бесплодный и без тычинок цветочек находится в нижней нижней цветковой чешуе, а короткий и fertильный – в верхней. Нижняя цветковая чешуя редуцирована, а верхняя нижней цветковая чешуя выдающаяся [14]. Три тычинки желтовато-коричневого, янтарного, черноватого или темно-коричневого цвета. Столбик двураздельный, рыльце перистое [15]. Цветение происходит в базипетальном направлении. Цветение начинается с 10:00 до 12:00 [16]. Так, из отработанных 43 комбинациях удачными оказались 22 комбинации, их процент удачи варьируется между 2,5-68,7%. По результатам искусственного опыления нами получено достаточное количество родительских комбинаций для последующих анализов F1-F2.

По итогам, наилучшие показатели были отмечены у комбинаций ♀K-2241×♂Шортандинское 7 и PI 211058×♂Шортандинское 7. Эти гибриды имели оптимальное сочетание по разным параметрам. Они первоочередно будут включены в дальнейшую селекционную работу и испытания последующих поколений. Также стоит отметить сорт Шортандинское 7 как одну из наиболее удачных родительских форм для производства гибридов.

Заключение

Проведённое исследование показало, что искусственная гибридизация – это эффективный подход к расширению генетической изменчивости проса и созданию исходного материала для селекционного улучшения данной культуры. В ходе работы было установлено, что успешность завязываемости семян существенно варьирует между родительскими формами. Полученные гибридные комбинации обладают существенным потенциалом для дальнейшего изучения в поколениях F1 и F2, оценки комбинационной способности и выделения перспективных линий.

Из 43 проведенных комбинаций 22 дали успешное завязывание семян, что подтверждает генетическую совместимость исследованных генотипов. Наиболее перспективными оказались гибриды ♀K-2241×♂Шортандинское 7 и PI 211058×♂Шортандинское 7, проявившие высокий уровень завязываемости и благоприятные значения продуктивных признаков.

Гибриды F₁ демонстрировали гетерозис и вариабельность морфологических характеристик, что делает их ценным исходным материалом для дальнейшего отбора. Полученные результаты создают основу для продолжения селекционной работы в последующих поколениях, включая анализ комбинационной способности и выделение потенциально высокопродуктивных линий.

Вклад авторов

МА: сбор материала и проведение экспериментов, анализ данных. ЭД: разработка методологии, литературный обзор, написание основной части статьи. АЗ, НС: сбор и обработка данных. АР: определение целей и задач исследования, редактирование статьи. Все авторы прочитали, изучили и одобрили окончательную редакцию рукописи, с учетом доработок и представленных замечаний.

Информация о финансировании

Данная работа выполнена в рамках научного проекта АР22785049 «Усовершенствование селекционного процесса на основе химического мутагенеза для получения скороспелых мутантных форм проса (*Panicum miliaceum L.*)» (2024-2026). Грантовое финансирование научно-исследовательской работы было предоставлено Комитетом Науки Министерства науки и высшего образования Республики Казахстан.

Список литературы

- 1 Changmei, S., Dorothy, J. (2014). Millet - The frugal grain. *International Journal of Science Research and Review*, 3(1), 75-90.
- 2 Nagaraja, TE, Nandini, C., Bhat, S., Parveen, SG. (2023). Artificial hybridization techniques in small millets: A review. *Frontiers in Plant Science*, 14, 1-17. DOI: 10.3389/fpls.2023.1112117.
- 3 Rajput, SG, Plyler-Harveson, T., Santra, DK. (2014). Development and characterization of SSR markers in proso millet based on switch grass genomics. *American Journal of Plant Sciences*, 5(1), 175-186. DOI: 10.4236/ajps.2014.51023.
- 4 Gomashe, S. (2017). Proso millet (*Panicum miliaceum L.*): Genetic improvement and research needs. In J.V. Patil (Ed.), *Millets and sorghum: Biology and genetic improvement*. John Wiley & Sons Ltd, 150-179. DOI: 10.1002/9781119130765.ch5.
- 5 Tonapi, VA, Venkatesh, B., Srinivasbabu, S., Dyakar, R. (2022). Strategies for enhancement of production and productivity of millets. In *Finger millet: Nature's master grain*. Excel India Publishers, 1-15.
- 6 APK-News.kz. (2025). Структуру посевных площадей 2025 года представили в Казахстане <https://apk-news.kz/news/item-5043>.
- 7 Kamaleev, RD, Novikova, AA, Zorov, AA, Lebedev, SV. (2021). Choosing of the basic material in the millet breeding based on the recombination ability assessment. *Earth and Environmental Science*, 839(5), 052006. DOI: 10.1088/1755-1315/839/5/052006.
- 8 Manjappa, G., Rangaiah, S., Gowda, MVC. (2019). Assessment of heterotic potential of hybrids using a novel partial male sterile mutant (PS1) in finger millet (*Eleusine coracana L.*). *Mysore Journal of Agricultural Sciences*, 49(2), 266-269.
- 9 Жирнова, ИА, Дюсибаева, ЭН, Рысбекова, АБ, Жакенова, АЕ, Сейтхожаев, АИ. (2020). Оценка результативности способов искусственной принудительной гибридизации просо посевного (*Panicum miliaceum L.*). *Вестник Евразийского национального университета имени Л.Н. Гумилева. Серия биологические науки*, 1(130), 47-54.
- 10 Агафонов, НП, Курцева, АФ. (1988). *Изучение мировой коллекции проса. Методические указания*. Под ред. Г.Е. Шмареева. Л.: ВИР, 30.
- 11 Дорофеев, ВФ, Лаптев, ЮП, Чекалин, НМ. (1990). Цветение, опыление и гибридизация растений.). *Агропромиздат*, 34-35.
- 12 Watson, A., Ghosh, S., Williams, MJ, et al. (2018). Speed breeding is a powerful tool to accelerate crop research and breeding. *Nature Plants*, 4, 23-29. DOI: 10.1038/s41477-017-0083-8

- 13 Hulse, JH, Laing, EM, Pearson, OE. (1980). *Sorghum and the millets: Their composition and nutritional value*. Academic Press. 99.
- 14 Seetharam, A., Gowda, J., Halaswamy, JH. (2003). *Small millets*. In S.K. Chowdhury & S.K. Lal (Eds.), Nucleus and breeder seed production manual. Indian Agricultural Research Institute. 54-67.
- 15 Nanda, JS, Agrawal, PK. (2008). Botany of field crops. *Kalyani Publishers*, 1, 381.
- 16 Jayaraman, N., Suresh, S., Nirmala, A., Ganeshan, NM. (1997). *Genetic enhancement and breeding strategies in small millets*. Coimbatore, India, 19-21.

References

- 1 Changmei, S., Dorothy, J. (2014). Millet - The frugal grain. *International Journal of Science Research and Review*, 3(1), 75-90.
- 2 Nagaraja, TE, Nandini, C., Bhat, S., Parveen, SG. (2023). Artificial hybridization techniques in small millets: A review. *Frontiers in Plant Science*, 14, 1-17. DOI: 10.3389/fpls.2023.1112117.
- 3 Rajput, SG, Plyler-Harveson, T., Santra, DK. (2014). Development and characterization of SSR markers in proso millet based on switch grass genomics. *American Journal of Plant Sciences*, 5(1), 175-186. DOI: 10.4236/ajps.2014.51023.
- 4 Gomashe, S. (2017). Proso millet (*Panicum miliaceum L.*): Genetic improvement and research needs. In J.V. Patil (Ed.), Millets and sorghum: *Biology and genetic improvement*. John Wiley & Sons Ltd., 150-179. DOI: 10.1002/9781119130765.ch5.
- 5 Tonapi, VA, Venkatesh, B., Srinivasbabu, S., Dyakar, R. (2022). Strategies for enhancement of production and productivity of millets. In *Finger millet: Nature's master grain*. Excel India Publishers, 1-15.
- 6 Strukturnu posevnykh ploshchadei 2025 goda predstavili v Kazakhstane. (2025). APK-News.kz. <https://apk-news.kz/news/item-50437>.
- 7 Kamaleev, RD, Novikova, AA, Zorov, AA, Lebedev, SV. (2021). Choosing of the basic material in the millet breeding based on the recombination ability assessment. *Earth and Environmental Science*, 839(5), 052006. DOI: 10.1088/1755-1315/839/5/052006.
- 8 Manjappa, G., Rangaiah, S., Gowda, MVC. (2019). Assessment of heterotic potential of hybrids using a novel partial male sterile mutant (PS1) in finger millet (*Eleusine coracana L.*). *Mysore Journal of Agricultural Sciences*, 49(2), 266-269.
- 9 Zhirnova, IA, Dyussibayeva, EN, Rysbekova, AB, Zhakenova, AE, Seitkhozhaev, AI. (2020). Otsenka rezul'tativnosti sposobov iskusstvennoi prinuditel'noi gibridizatsii proso posevnogo (*Panicum miliaceum L.*) *Vestnik Evraziiskogo natsional'nogo universiteta imeni L.N. Gumileva. Seriya biologicheskie nauki*, 1(130), 47-54.10.
- 10 Agafonov, NP, Kurtseva, AF. (1988). *Izuchenie mirovoi kollektssi prosa: metodicheskie ukazaniya*. G.E. Shmaraev, Ed. VIR.
- 11 Dorofeev, VF, Laptev, YuP, Chekalin, NM. (1990). Tsvetenie, opylenie i gibridizatsiya rastenii. *Agropromizdat*, 34-35.
- 12 Watson, A., Ghosh, S., Williams, MJ, et al. (2018). Speed breeding is a powerful tool to accelerate crop research and breeding. *Nature Plants*, 4, 23-29. <https://doi.org/10.1038/s41477-017-0083-8>
- 13 Hulse, JH, Laing, EM, Pearson, OE. (1980). *Sorghum and the millets: Their composition and nutritional value*. Academic Press. 99.
- 14 Seetharam, A., Gowda, J., Halaswamy, JH. (2003). *Small millets*. In S.K. Chowdhury & S.K. Lal (Eds.), Nucleus and breeder seed production manual. Indian Agricultural Research Institute. 54-67.
- 15 Nanda, JS, Agrawal, PK. (2008). Botany of field crops. *Kalyani Publishers*, 1, 381.
- 16 Jayaraman, N., Suresh, S., Nirmala, A., Ganeshan, NM. (1997). *Genetic enhancement and breeding strategies in small millets*. Coimbatore, India, 19-21.

Жасанды будандастыру негізінде кәдімгі тары тұқымының генетикалық өзгергіштігін көңейту

Абылкаирова М.М., Дюсибаева Э.Н., Зейнуллина А.Е., Сарбасова Н.А., Рысбекова А.Б.

Түйін

Алғышарттар мен мақсат. Кәдімгі тары (*Panicum miliaceum L.*) генетикалық базасын көңейту селекцияның маңызды саласы болып табылады, себебі қолданыстағы сорттар бейімделу және өнімділік жағынан шектеулі болып келеді. Бұл зерттеудің мақсаты жасанды будандастыру арқылы будандық үрпактарын алу және кейіннен болашағы бар селекциялық материалды анықтау үшін олардың өнімділік белгілерін алдын ала бағалау болды.

Материалдар мен әдістер. Зерттеуге ВИР және USDA-коллекциялық үлгілері мен Қазақстан жағдайларына бейімделген отандық сорттар қолданылды. 43 будандастыру комбинациялары жүргізілді, содан кейін будандардың тұқым байланымы және бастапқы өнімділігіне бағалау жүргізілді.

Нәтижелер. 43 будандастырудың 22-сінің тұқым байланымы сәтті болып, орташа көрсеткіші 9,4% құрады. Ең жоғары нәтижелер жергілікті сорттарды шетелдік үлгілермен будандастыру кезінде байқалды, бұл жоғары генетикалық үйлесімділікті және селекцияны жақсарту әлеуетін көрсетеді. Будандық өсімдіктерді алдын ала бағалау өнімділік белгілері үшін онтайлы мәндері бар комбинацияларды анықтауға мүмкіндік берді.

Қорытынды. Алынған будандар бағалы белгілері бар болашағы мол тары желілерін жасауға бағытталған әрі қарай селекция процесінде кодануға құнды материал болып саналады. Әрі қарайғы зерттеулер іріктелген материалдың өнімділігі мен бейімделуін нақты бағалауды қамтиды.

Кілт сөздер: тары; *Panicum miliaceum*; өнімділік; будандастыру; жасанды будандастыру; селекция.

Expansion of genetic variability in common millet based on artificial hybridisation

Margarita M. Abylkairova, Elmira N. Dyussibayeva, Aiym E. Zeinullina,
Nuriya A. Sarbassova, Aiman B. Rysbekova

Abstract

Background and Aim. Expanding the genetic diversity of proso millet (*Panicum miliaceum L.*) is an important goal in plant breeding programs, as many existing varieties exhibit limited adaptability and productivity. The aim of this study was to obtain hybrid generations through artificial hybridization and to conduct a preliminary evaluation of their productivity-related traits in order to identify promising breeding material.

Materials and Methods. The study was conducted using domestic cultivars and collection accessions from VIR and the USDA adapted to the climatic conditions of Kazakhstan. A total of 43 crossing combinations were performed, followed by an assessment of seed formation and an initial evaluation of productivity traits in the hybrid plants.

Results. Of the 43 crossing combinations, 22 resulted in successful seed formation, with an average seed formation rate of 9.4%. The highest results were observed when local varieties were crossed with foreign accessions, indicating high genetic compatibility and strong breeding potential of the material. A preliminary evaluation of the hybrid plants revealed combinations with favourable productivity parameters.

Conclusion. The obtained hybrids represent valuable material for further breeding aimed at developing promising proso millet lines with improved agronomic traits. Future research will involve a detailed evaluation of productivity and adaptability in the selected hybrids.

Keywords: proso millet; *Panicum miliaceum*; productivity; hybridisation; artificial hybridisation; selection.