

СЕЛЕКЦИЯ ПРОСА АФРИКАНСКОГО (*Pennisetum glaucum* (L.) R.Br) В ЦЕНТРАЛЬНО-ЧЕРНОЗЁМНОМ РЕГИОНЕ РОССИИ

С.О. ГУРИНОВИЧ, научный сотрудник

ФГБНУ «ФНЦ ЗЕРНОБОБОВЫХ И КРУПЯНЫХ КУЛЬТУР»

Селекция проса африканского (проса жемчужного) *Pennisetum glaucum* (L.) R. Br. проводится по схожему сценарию с другими просовидными культурами в сторону увеличения длины метёлки, крупности зерна, озернённости, продуктивности зерна и зелёной массы. В полевых условиях применяются метод ручной кастрации и принудительного опыления при среднем проценте завязывания равном 50...60% и новый метод, основанный на особенностях цветения данной культуры (гейтоногамии и протерогинии), без ручной кастрации и с принудительным опылением.

В результате многолетних исследований был создан генофонд голозёрного проса африканского. Выявлено широкое разнообразие и варьирование признаков: по высоте (длине самого длинного стебля с метёлкой) от 0,5 до 3 метров, по длине соцветия (метёлки) – 5-25 см, крупности зерна 3-19 г., кустистости – 1-20. Длина вегетационного периода (всходы – созревание) колебалась от 70 до 140 дней. Максимальное варьирование признаков наблюдалось также по форме метёлки и зерна, по плотности соцветия, длине и густоте щетинок, наличию антоциана на стебле, листьях и метёлке, а среднее варьирование – по цвету метёлки, зерна и консистенции эндосперма.

По итогам конкурсного сортоиспытания среди проса африканского по урожайности зерна (семян) и зелёной массы в качестве перспективного селекционного материала можно использовать 6 фенотипически различных высокоурожайных форм: Pt111 (*conoïdum*), Pt 225 (*conoïdum*), Pt248 (*tilo*), Pt226 (*fusoidum*), Pt254 (*cylindricum*) и сорт Гурсо, превысившие стандарт Согур на 12–57%. В Государственное сортоиспытание передан новый среднеспелый крупнозёрный сорт Гурсо. Разновидность – *conoïdum*.

Знание взаимосвязи компонентов продуктивности между собой и с урожаем семян является необходимым для селекционной работы. В условиях центральной России урожайность зерна проса африканского в 2017 г. и 2018 г. была положительно связана с длиной вегетационного периода ($r = +0,63$ и $r = +0,53$), а в 2017 г. и 2018 г. – с массой 1000 семян ($r = +0,63$ и $r = +0,56$). Это указывает на сопряженность морфологических показателей, которые в конечном итоге обеспечивают определенное направление селекционного процесса на основе отбора по крупности зерна и озернённости соцветий.

В процессе изучения селекционного материала удалось объединить и дополнить исследования различных систематиков, разработать единую внутривидовую классификацию проса африканского, которая включает 5 подвидов и 25 разновидностей. Подвиды проса африканского идентичны подвидам проса посевного: *spicatum* – комовому, *americanum* – сжатому, *tyrhoideum* – развесистому, *africanum* – раскидистому, *bajra* – овальному. Новая классификация подразумевает определение разновидностей основанных на ключевых параметрах метёлки.

Ключевые слова: просо африканское, селекционный материал, сорт, урожайность, разновидность, классификация.

PEARL MILLET SELECTION (*Pennisetum glaucum* (L.) R.Br) IN THE CENTRAL BLACK EARTH REGION OF RUSSIA

S.O. Gurinovich

FSBSI «FEDERAL SCIENTIFIC CENTER OF LEGUMES AND GROAT CROPS»

Abstract: *African millet selection (pearl millet) Pennisetum glaucum (L.) R. Br. It is carried out according to a similar scenario with other panicoidae crops in the direction of increasing panicle length, grain size, number of grains in a panicle, grain productivity and green mass. In the field, the method of manual castration and forced pollination is used with an average percentage of ovary equal to 50 ... 60% and a new method based on the characteristics of the flowering of this culture (geitonogamy and proterogyny), without manual castration and with forced pollination.*

As a result of many years of research, a gene pool of naked African millet was created. A wide variety and variation of characters was revealed: in height (the length of the longest stem with a panicle) from 0.5 to 3 meters, along the length of the inflorescence (panicle) - 5-25 cm, grain size 3-19 g, bushiness - 1-20. The length of the growing season (seedlings - ripening) ranged from 70 to 140 days. The maximum variation of characters was also observed in the shape of panicle and grain, in inflorescence density, length and density of bristles, the presence of anthocyanin on the stem, leaves and panicle, and the average variation in color of panicle, grain and endosperm consistency.

According to the results of competitive variety testing among African millet for grain (seed) and green mass productivity, 6 phenotypically different high-yielding forms can be used as a promising selection material: Pt111 (conoidum), Pt 225 (conoidum), Pt248 (milo), Pt226 (fusoidum), Pt254 (cylindricum) and the Gurso variety that exceeded the Sogur standard by 12–57%. A new mid-ripening coarse-grained variety Gurso was transferred to the State variety test. Variety – conoidum.

Knowledge of the relationship of the components of productivity with each other and with the seed crop is necessary for breeding. In central Russia, the yield of grain of African millet in 2017 and 2018 was positively related to the length of the growing season ($r= +0,63$ and $r= +0,53$), in 2017 and 2018 years — to the weight of 1000 seeds ($r= +0,63$ and $r= +0,56$). This indicates the contiguity of morphological indicators, which ultimately provide a certain direction of the selection process based on selection by grain size and grain content of inflorescences.

In the process of studying breeding material, it was possible to combine and supplement the studies of various taxonomists, to develop a single intraspecific classification of African millet, which includes 5 subspecies and 25 varieties. Subspecies of African millet are identical to subspecies of common millet: spicatum – to compact, americanum – to compressed, typhoideum – to branching, africanum – to spreading, bajra – to oval. The new classification involves the identification of varieties based on the key parameters of the panicle.

Keywords: pearl millet, breeding material, variety, productivity, species, classification.

Введение

В условиях глобального потепления необходимо внедрять культуры и сорта, которые наиболее эффективно используют углекислый газ атмосферы – это культуры с C_4 – типом фотосинтеза, и способные формировать оптимальный растительный покров в засушливых условиях, где как известно увеличивается эмиссия углекислого газа в атмосферу. Такой культурой с C_4 – типом фотосинтеза, солеустойчивой и засухоустойчивой является африканское просо.

Просо африканское (просо жемчужное) *Pennisetum glaucum* (L.) R. Br. является шестой по важности злаковой культурой в мире после риса, пшеницы, кукурузы, сорго и ячменя. Это широко выращиваемая богарная зерновая культура в засушливых и полусушливых районах Африки и Южной Азии, и может быть выращена в районах там, где осадков недостаточно (от 200 до 600 мм / год) для выращивания кукурузы и сорго. В южной Африке, кукуруза частично или полностью вытеснила просо африканское из-за коммерциализации сельского хозяйства. В других странах его возделывают при интенсивном выращивании в качестве кормовой культуры. На европейские страны приходится 4% выращивания проса и только 1% в Северной Америке, в основном на корм. В коллекции ВИР поддерживается 406 образцов проса африканского. Семена хранятся в условиях длительного, среднего и кратковременного хранения. Важность проса африканского для использования и разведения

в РФ включает в себя раннеспелость, высокий урожай зерна, высокий выход зеленой массы, высокое содержание сырого белка, устойчивость к засухе [1].

Развитие прососяния в Российской Федерации – перспективное направление в решении ряда задач не только по обеспечению населения ценной крупой. Просо – одна из ценных сельскохозяйственных культур универсального использования. Способность обеспечивать хорошие урожаи при поздних сроках посева позволяет пересевать просом поврежденные площади озимых и яровых культур, а также проводить поукосные и пожнивные посевы. Зеленая масса проса превосходит по качеству зеленую массу кукурузы, сорго и суданки. При отдельной уборке во время скашивания, растение остается еще зеленым, в нем содержится много сахаров и каротина, поэтому просяная солома превосходит по поедаемости и содержанию переваримого протеина солому всех зерновых злаков. Введение просяных компонентов в рацион крупного рогатого скота способствует повышению качества продукции. Зерно проса – обязательный компонент комбикормов, особо ценный в области птицеводства [2].

В исследовательском институте сельскохозяйственных культур для полужасушливых тропических сохраняется 335 сортообразцов *Pennisetum glaucum* из 13 стран. Коллекция оценивается по разнообразию и наличию географических пробелов. Широкое разнообразие наблюдалось в коллекции по озернённости (от 16 до 609 семян/раст.), числу продуктивных побегов на растении (от 12 до 368 шт.), длине листа (21,3...58,8 см), что указывает на высокий потенциал сбора кормов. В общей сложности 354 районов расположены в 86 провинциях восьми стран в первичном центре происхождения для проса африканского были определены как географические пробелы. Высокая кормовая урожайность и потенциал зародышевой плазмы *Pennisetum glaucum* и низкая интенсивность коллекции в отдельных странах указывают на необходимость запуска миссии сбора и создания зародышевой плазмы, исключительно для диких родственников проса африканского, чтобы заполнить таксономии и географические пробелы в коллекции [3].

Цель исследований заключается в создании принципиально нового селекционного материала проса африканского для селекции высокопродуктивных сортов, адаптированных к условиям северо-западной части Центрально-Чернозёмного региона, разработке внутривидовой классификации на основе полученных форм.

Материал и методика исследований

Экспериментальные посевы были размещены на полях севооборота селекционного центра ФНЦ ЗБК. Предшественник – пар. Почвы – тёмно-серые лесные, среднесуглинистые, средне окультуренные. Микрорельеф участка выровненный. Пахотный слой почвы характеризуется высокой водоудерживающей способностью, имеет среднекислую реакцию почвенного раствора, среднее содержание гумуса, повышенное содержание подвижного фосфора для данного типа почв, среднее содержание обменного калия. По основным физико-химическим показателям почвы являются типичными для данной природно-экономической зоны. В конкурсном и экологическом сортоиспытании общая площадь делянки составляла 7,2 м². Размещение делянок в опыте рендомизированное, повторность 3-4-кратная. Перед посевом внесена азофоска (N₁₅P₁₅K₁₅) в количестве 150 кг/га. Посев осуществлялся селекционной сеялкой СКС-6-10. Норма высева – 2,5 млн. всхожих зерен на гектар. Фенологические наблюдения, оценку фенотипической изменчивости количественных признаков проводили по разработанной ранее методике [4]. Уборка – в фазу полного созревания селекционным малогабаритным комбайном SAMPО-130. Экспериментальные данные обработаны статистическими методами с использованием компьютерных программ *Microsoft office Excel*.

Результаты и обсуждение

Истоки селекции проса африканского (*Pennisetum glaucum* (L.) R.Br.) в Орловской области берут своё начало в 1978 году с попыток выращивания и адаптации культуры в условиях искусственного климата и последующих полевых испытаний, проводимых Вельсовской Л.А. В это время ею был сделан первый отбор на скороспелость из образца

коллекции ВИР к-56 (Саратовская область) с игловидной формой метёлки и получена первая гибридная популяция на его основе, где в качестве отца-опылителя была взята смесь пыльцы 3 иностранных образцов коллекции ВИР. С 1996 года и по настоящее время селекцией проса африканского и других просовых культур последовательно занимается Гуринович С.О., при непосредственной поддержке и участии Сидоренко В.С. До 1999 года велись безуспешные отборы скороспелых форм на адаптивность, кондиционную и полевую всхожесть семян из десятка образцов коллекции ВИР и 4-х сортов казахской селкции. В период с 1999 по 2007 гг. произошла окончательная адаптация культуры путём гибридизации и последующих отборов перспективных рекомбинантов, а также с применением мутагенеза, где в качестве мутагена использовался колхицин, начиная с обработки набухших прорастающих семян 0,25% раствором при суточной экспозиции (24 часа) в чашках Петри на фильтровальной бумаге, в термостате, при температуре +30°C. После этого отбирались только проросшие семена с утолщёнными первичными корешками и последующим ручным высевом с поливом в полевых условиях, что отличалось трудоёмкостью процесса и малым количеством отобранных мутантов. За этот период было получено 18 гибридных популяций, 10 стерильных мутаций с удлинённо-овальной формой зерновки и 24 скороспелых отбора из образцов коллекции ВИР и мировой коллекции ботанических садов (табл. 1).

Таблица 1

Селекционные достижения ФНЦ ЗБК по просу африканскому за 1978-2019 гг.

№ п/п	Годы	Количество			
		гибридных популяций	мутаций	скороспелых отборов	общее
1.	1978-1998	1	0	1	2
2.	1999-2007	18	10	24	52
3.	2008-2019, в т.ч.	195	50	20	275
4.	2008	3	4	1	8
5.	2009	7	0	0	7
6.	2010	34	1	1	36
7.	2011	1	1	0	2
8.	2012	1	4	0	5
9.	2013	15	13	0	28
10.	2014	50	0	18	68
11.	2015	15	3	0	18
12.	2016	10	1	0	11
13.	2017	8	9	0	17
14.	2018	37	24	0	61
15.	2019	14	0	0	14
ВСЕГО		214	70	45	329

Переломным моментом селекции стал 2008 г., когда растения проса африканского впервые стали обрабатывать концентрированным раствором колхицина (2%) в стадии всходов до 3 листа. Это позволило значительно увеличить вариабельную выборку отличительных признаков, в том числе полустерильных мутантов, дало широкое многообразие мутаций по форме соцветий, зерна и другим признакам. В 2008 г. произошло ключевое скрещивание, позволившее создать сорт Согур, где в качестве родителей были взяты крупнозёрные формы с разной формой зерновки: скороспелая материнская полустерильная (Pt68) и фертильная отцовская крупнозёрная с повышенной озёрностью (Pt50). Высокопродуктивная и крупнозёрная отцовская форма была создана с помощью отдалённой гибридизации при скрещивании скороспелого отбора из самого крупнозёрного сорта СССР Приаральское 83 с сорго-просовым гибридом. За период с 2008 по 2019 гг. создано 195 гибридных популяций, выявлено 36 мутаций и отобрано 20 скороспелых генотипов из позднеспелых генотипов мировой коллекции (табл. 1).

Создание первого раннеспелого, крупнозёрного, высокопродуктивного сорта Согур и уникальной признаковой коллекции с максимальной вариабельностью показателей позволило разработать «Методику на отличимость, однородность и стабильность (ООС)» [4], дополнить систематику, расширить ареал возделывания культуры, составить внутривидовую классификацию для проса африканского. В последние годы сорт Согур выступил в качестве источника скороспелости, крупнозёрности, повышенной адаптивности. Благодаря этому лучшие селекционные образцы имеют оптимальный вегетационный период (в среднем за 4 последних года около 95 сут.). Наиболее приемлемой для культуры является длина растений 155...170 см, длина соцветия – около 15 см. Средняя масса зерна с метёлки в 2018- 2019 гг. превысила уровень стандартного сорта Согур на 2 г. Большой успех достигнут в селекции на крупнозёрность, за последние 10 лет масса 1000 семян увеличилась с 4-10 г до 12-19 г, что соответствует мировому уровню. Существенный прогресс отмечен по урожайности зерна. Если максимальная урожайность в 2012-2015 гг. была 2,28 т/га, то в благоприятном 2018 г. – 4,1 т/га у нового сорта Гурсо, что на 1,08 т/га выше стандарта (табл. 2).

Таблица 2

Варьирования признаков у проса африканского за годы испытаний (2008-2019 гг.)

№ п/п	Годы	Градация	Длина вегетационного периода, сут.		Длина, см		Масса, г		Урожайность, т/га	
			посев– всходы	всходы -созр.	раст. (ДР)	метёлки (ДМ)	зерна с метёлки (МЗМ)	1000 семян (МТС)	зел. массы (УЗМ)	зерна (УЗ)
1	2008 - 2011	min	6	69	73	7	2,1	4,8	25,6	0,30
		max	15	116	250	21	19,7	16,0	87,8	1,47
		среднее	10	86	150	14	8,7	10,1	52,0	0,90
2	2012 -2015	min	6	86	111	6	3,4	5,5	41,1	0,84
		max	12	117	203	22	22,2	18,6	93,3	2,28
		среднее	9	97	162	14	10,0	11,6	60,2	1,33
3	2016	min	15	88	60	8	3,3	4,8	20,0	0,81
		max	16	107	231	23	20,6	17,0	78,9	2,43
		среднее	15	97	166	15	10,5	12,5	52,2	1,23
		Согур	15	90	176	15	12,0	11,5	55,6	1,62
4	2017	min	10	87	120	8	5,5	5,5	44,4	1,48
		max	11	112	208	19	15,2	17,5	72,2	2,80
		среднее	10	98	156	15	11,2	13,3	58,9	1,73
		Согур	10	89	166	15	12,5	11,8	68,9	2,57
5	2018	min	5	86	124	6	6,1	5,5	57,8	2,96
		max	7	100	202	22	30,2	22,8	68,7	4,10
		среднее	6	92	170	15	15,4	14,5	62,6	3,38
		Согур	6	88	172	15	13,3	12,0	62,6	3,02
6	2019	min	6	87	142	8	8,2	5,5	31,4	2,34
		max	7	99	170	18	24,0	19,0	57,3	2,78
		среднее	7	95	155	14	13,4	15,0	48,9	2,55
		Согур	6	87	142	14	11,5	11,6	31,4	2,34

По данным исследований, проведенных в университете Гараяна (Индия), установлено, что взаимодействие генотип x среда было тесным для периода всходы-начало выметывания соцветий и длины соцветий. Для количества генеративных побегов, крупности семян и массы соцветий нелинейная доля вариации изменчивости была более высокой для родительских форм, в то время как варьирование парных признаков было выше у гибридов. Исходные популяции и гибриды имели широкий диапазон варьирования признаков в

зависимости от окружающей среды (пункты испытания). Выявлены перспективные популяции для использования в скрещиваниях с целью повышения массы соцветий, размеров семян и высоты растений, в частности, линия 5054А перспективна для селекции по длине соцветий и скороспелости [5].

Просо африканское имеет початковидную метёлку (султан) и является перекрёстноопыляемой культурой с двумя особенностями цветения (гейтоногамией и протерогинией), когда в двухцветковых колосках двояколопастные перистые рыльца плодущих и бесплодных цветков выбрасываются на 2-3 дня ранее 3-х пыльников со зрелой пылью. *Pearl millet* самый жароустойчивый, солеустойчивый и засухоустойчивый вид среди всех злаков.

Анализ генофонда голозёрного проса африканского показал широкое разнообразие и варьирование признаков: по высоте (длине самого длинного стебля с метёлкой) от 0,5 до 3 метров, по длине соцветия (метёлки) – 5-25 см, крупности зерна 3-19 г., кустистости – 1-20. Длина вегетационного периода (всходы – созревание) колебалась от 70 до 140 дней. Максимальное варьирование признаков наблюдалось также по форме метёлки и зерна, по плотности соцветия, длине и густоте щетинок, наличию антоциана на стебле, листьях и метёлке, а среднее варьирование по цвету метёлки, зерна и консистенции эндосперма.

Дальнейшая селекция *Pearl millet* проходит по схожему сценарию с другими просовидными культурами в сторону увеличения длины метёлки, крупности зерна, озёрности, $K_{хоз.}$, продуктивности зерна и зелёной массы, с возможным появлением новых окрасок метёлок, колосовых чешуй, цветковых чешуй и зерна (эндосперма). Увеличение продуктивности будет связано с увеличением густоты стеблестоя с более толерантным при загущении отношением растений друг к другу и возможным появлением самоопылённых линий, у которых период выбрасывания рылец пестика будет практически совпадать с выбросом пыльников или процесс опыления будет проходить внутри цветка. На данном этапе хромосомный набор проса африканского составляет $2n=18$, в ближайшие годы возможно удвоение до 36 хромосом, что уже произошло у отдельных видов *Pennisetum*, и связано это будет с отдалённой гибридизацией и колхицинированием данной культуры.

В результате выполнения программы скрещивания в полевых условиях применяются как метод ручной кастрации и принудительного опыления при среднем проценте завязывания равном 50...60%, так и метод, основанный на особенностях цветения данной культуры (гейтоногамии и протерогинии), без ручной кастрации и с принудительным опылением «пыльцевым облаком».

В последние годы коллекция селекционного материала проса африканского пополнилась раннеспелыми генотипами *Pt 220* и сорт Согур (*conoidum*), а также *Pt 250 (milo)*, среднеспелыми короткостельными формами *Pt 198*, *Pt 210*, *Pt 278* (разновидности *milo*). В условиях Орловской области максимальная длина метёлки проса африканского достигла 25 см, а толщина – 9 см (у мутантов). Источниками мощных соцветий являются сорт Гурсо, гибриды: *Pt 224*, *Pt 225*, *Pt 283*, *Pt 295* (разновидности *conoidum*). Среди гибридов первого поколения можно выделить 4 среднеспелых крупнозёрных генотипов проса африканского. По итогам конкурсного сортоиспытания среди проса африканского по урожайности зерна (семян) и зелёной массы в качестве перспективного селекционного материала можно использовать 6 фенотипически различных высокоурожайных форм: *Pt111 (conoidum)*, *Pt 225 (conoidum)*, *Pt248 (milo)*, *Pt226 (fusoidum)*, *Pt254 (cylindricum)* и сорт Гурсо, превысившие стандарт Согур на 12-57% (табл. 3).

По итогам трёхлетнего испытания проса африканского в Государственное сортоиспытание передан новый среднеспелый крупнозёрный сорт Гурсо. Разновидность – *conoidum*. Растения нового сорта длиннее, имеют высокую интенсивность начального роста, среднее время вымётывания, наклонённый лист со средними показателями длины и ширины, полупрямостоячий тип куста, среднюю толщину стебля, среднюю интенсивность антоциановой окраски метёлки и пыльников, среднюю длину, толщину и плотность метёлки, коническую форму метёлки, отсутствие щетинок. Зерновка имеет серую окраску цветковых

плёнок и без плёнок, обратно-яйцевидную форму, очень высокую массу 1000 семян, полустекловидный эндосперм.

Таблица 3

Источники хозяйственно-полезных признаков у проса африканского (*Pearl millet*, *Pennisetum glaucum* (L.) R. Br.), 2016-2019 гг.

Признак	Параметры	Источники	Разновидность
Длина вегетационного периода, сут.	86...90	Согур, Pt 220 Pt 250	<i>conoidum</i> <i>milo</i>
Длина растений, см	135...145	Pt 198, Pt 210, Pt 278	<i>milo</i>
Длина соцветий, см	15...18	Гурсо, Pt 224, Pt 225, Pt 283, Pt 295	<i>conoidum</i> <i>conoidum</i>
Масса 1000 семян, г	17,4...19	Pt 226, Pt 253, Pt 278, Pt 300	<i>fusoidum</i> <i>conoidum</i> <i>milo</i>
Урожайность зелёной массы, т/га	70...72	Pt 225, Pt 111 Pt 248	<i>conoidum</i> <i>milo</i>
Урожайность зерна, т/га	3,5...4,1	Гурсо, Pt 111, Pt 226, Pt 254	<i>conoidum</i> <i>fusoidum</i> <i>cylindricum</i>

Новый сорт Гурсо (селекционная линия Pt 221) создан методом многократного индивидуального отбора на крупнозёрность, озёрность и высокую продуктивность из гибридной популяции, где в качестве материнской формы выступил самый крупнозёрный на тот период полустерильный колхицинированный мутант на основе сорта Согур (Pt 220), а в качестве отцовской – высокоозёрный генотип (Pt 124) от скрещивания 3-х индийских сортообразцов коллекции ВИР [(к-277 x к-107) x к-43]. ♀ С Согур x ♂ [(ВИР 277 (Индия) x ВИР 107 (Индия)) x ВИР 43 (Индия)].

Знание взаимосвязи компонентов продуктивности между собой и с урожаем семян является необходимым для селекционной работы. Исследования индийских ученых указывают на слабое влияние внешних условий. Высота растений, число побегов, длина междоузлий, число листьев существенно и положительно коррелировали с урожаем семян. Для высоты растений характерна существенная положительная связь с длиной междоузлий и длиной соцветий. Кустистость коррелировала положительно с длиной междоузлий, однако с диаметром соцветий и массой 500 семян выявлена строгая отрицательная связь. Изученные признаки определяли 50% вариативности урожайности семян, причем прямое влияние числа побегов, высоты растений и числа листьев было наиболее высоким [6]. В большинстве случаев отбор у проса африканского направлен на повышение урожая зерна, что часто приводит к ухудшению других признаков. Установлено, что урожайность положительно и достоверно коррелирует со всеми изучаемыми признаками: высота растений, длина метелки, ее диаметр, масса 1000 семян. При этом фенотипические коэффициенты корреляции варьировали от 0,18 до 0,32 в зависимости от схемы отборов. Если вести селекцию только на повышенную урожайность зерна, то высота растений должна стать больше по сравнению с исходной [7].

Корреляционный анализ (табл. 4) позволил установить, что в условиях центральной России урожайность зерна проса африканского в 2017 г. и 2018 г. была положительно связана с длиной вегетационного периода ($r = +0,63$ и $r = +0,53$), а в 2017 г. и 2018 г. – массой 1000 семян ($r = +0,63$ и $r = +0,56$). Это указывает на сопряженность морфологических показателей, которые в конечном итоге обеспечивают определенное развитие растений в зависимости от погодных условий и правильное направление селекционного процесса на основе отбора по крупности зерна и озёрности соцветий.

Коэффициенты корреляции между урожайностью зерна и отдельными показателями структуры урожая

Показатели	Годы			
	2016	2017	2018	2019
Вегетационный период, всходы – созревание	0,19	0,63**	0,53**	0,14
Длина растения	0,74**	0,25	0,26	0,44
Длина метёлки (султана)	0,48	0,19	0,48	0,18
Масса 1000 семян	0,32	0,67**	0,14	0,58**
Урожайность зелёной массы	0,67**	0,23	0,43	0,35

** – существенно на 95%-ном уровне значимости

В начале 20-го века к изучению рода *Pennisetum* приступил британский систематик и исследователь Карл Лике (1907). Находясь в длительной экспедиции по африканскому континенту, Лике и ряд его последователей определили первичный центр происхождения проса африканского в Северо-Восточном районе Африки (Судан, Эфиопия, Эритрея), где было выявлено наибольшее разнообразие и варьирование признаков, описаны первые подвиды и разновидности [8].

В России в середине XIX века систематиком и внутривидовой классификацией проса африканского занимался Гризебах [9]. Позднее в СССР Рожевиц, опираясь на данные Гризебаха и его последователей пришел к выводу о том, что вторичным центром происхождения проса африканского является Центральная и Восточная Сибирь, где данная высокобелковая культура была основным кормом мамонтов, слонов и других крупных травоядных животных [10].

Просо африканское, перловое, жемчужное, *Pearl millet*, перистошестинник сизый *Pennisetum glaucum* (L.) Br. относится к подсемейству просовидных, трибе просовых, подтрибе колочешетинниковых *Cenchrinae* Dum., которая включает 9 родов и 250 видов, роду перистошестинников. В процессе изучения селекционного материала нам удалось объединить и дополнить исследования различных систематиков, разработать единую внутривидовую классификацию проса африканского, которая включает 5 подвидов и 25 разновидностей (табл. 5).

Подвиды различаются по длине и толщине метёлки, разновидности дополнительно включают форму початковидной метёлки:

1) *Ssp. Spicatum* (L.) Roem. Et. Schult. – перистошестинник колосистый, сибирский, игловидный, лесной с короткой (4-13 см) и тонкой (1-3 см) метёлкой;

2) *Ssp. Americanum* (L.) K.Shum. – перистошестинник американский, змеевидный, инков, горный, с длинной (21-35 см) и тонкой (1-3 см) метёлкой;

3) *Ssp. Typhoideum* (Rich.) Maire et Weill. – перистошестинник рогозovidный, гибридогенный, индийский, степной со средней по длине (14-20 см) и толщине (3-4 см) метёлкой;

4) *Ssp. Africanum* (L.) Leeke – перистошестинник африканский, саванный, кормовой с длинной (21-35 см) и толстой (4-12 см) метёлкой;

5) *Ssp. Bajra* (L.) Leeke – перистошестинник персидский, хлебный, баджра, арабский, пустынный с короткой (4-13 см) и толстой (4-12 см) метёлкой.

Предусмотрены следующие колебания от заданных параметров метёлки внутри подвидов: по длине ± 1 см, по толщине $\pm 0,5$ см, в зависимости от различия в почвенно-климатических условиях. Максимальные параметры длины соцветий варьируют от 35 до 50-60 см, а толщины – от 12 до 15 см. Скорее всего, это обусловлено тем, что очень позднеспелые формы у нас не вызревают и не дают семян, и к тому же являются полудикими, мелкосемянными, чисто кормовыми в сравнении с нашими раннеспелыми и среднеспелыми сортами универсального типа использования.

Определитель разновидностей проса африканского, *Pearl millet, Pennisetum glaucum* (L.) R. Br (по параметрам и форме метёлки)

Форма метёлки	Подвиды (по длине и толщине метёлки)				
	<i>Spicatum</i> (L.) Roem. et Schult. перистошети- ник колосистый, сибирский	<i>Americanum</i> (L.) K. Schum. перистошети- ник американский, змеевидный	<i>Typhoideum</i> (Rich) Maire Weill. перистошети- ник рогозовидный, индийский	<i>Africanum</i> (L.) Leeke перистошети- ник африканский, саванный	<i>Bajra</i> (L.) Leeke перистошети- ник персидский, баджра
	короткая, тонкая метёлка	длинная, тонкая метёлка	средняя метёлка по длине и толщине	длинная, толстая метёлка	короткая, толстая метёлка
Веретеновид- ная	<i>acicularum</i> Hochst.	<i>molissimum</i> Hochst.	<i>fusoidum</i> Gur.	<i>alopecuroides</i> Leeke	<i>deflexum</i> Dur. et Schintz
Коническая	<i>spicata</i> Roem. et Schult.	<i>virgatum</i> Hitch.	<i>conoidum</i> Gur.	<i>nigritarum</i> Dur. et Schintz	<i>milo</i> Griseb.
Грушевидная	<i>stolonifera</i> Roem. et Schult.	<i>serpentum</i> Hitch.	<i>pirum</i> Gur.	<i>ellipsoides</i> Leeke	<i>arabica</i> A.Br.
Цилиндричес- кая	<i>compactum</i> Boiss. et Buhse	<i>longistipum</i> Hochst.	<i>cylindricum</i> Sw.	<i>villosum</i> Sw.	<i>ovatum</i> Boiss.
Мутантная	<i>dirumpo</i> Griseb.	<i>paspaloides</i> Leeke	<i>bifurcatum</i> Stapf. et. Hub.	<i>ramosum</i> Stapf. et. Hub.	<i>lacerum</i> Stapf. et. Hub.

В связи с тем, что у проса африканского значительно увеличилась крупность зерна, данная культура перешла в разряд голозёрных, а классификация по окраске цветковых чешуй перестала нести ключевое значение и автоматически перешла в разряд подразновидностей. Подвиды проса африканского идентичны подвидам проса посевного: *spicatum* – комовому, *americanum* – сжатому, *typhoideum* – развесистому, *africanum* – раскидистому, *bajra* – овальному. Новая классификация подразумевает определение разновидностей основанных на ключевых параметрах метёлки.

Заключение

Создание генофонда голозёрного проса африканского позволило выявить широкое разнообразие и варьирование признаков: по высоте (длине самого длинного стебля с метёлкой) от 0,5 до 3 метров, по длине соцветия (метёлки) – 5-25 см, крупности зерна 3-19 г., кустистости – 1-20. Длина вегетационного периода (всходы – созревание) колебалась от 70 до 140 дней.

По итогам конкурсного сортоиспытания проса африканского по урожайности зерна (семян) и зелёной массы в качестве перспективного селекционного материала можно использовать 6 фенотипически различных высокоурожайных форм: *Pt111 (conoidum)*, *Pt 225 (conoidum)*, *Pt248 (milo)*, *Pt226 (fusoidum)*, *Pt254 (cylindricum)* и сорт Гурсо, превысившие стандарт Согур на 12–57%. В Государственное сортоиспытание передан новый среднеспелый крупнозёрный сорт Гурсо. Разновидность – *conoidum*.

Знание взаимосвязи компонентов продуктивности между собой и с урожаем семян является необходимым для селекционной работы. В условиях центральной России урожайность зерна проса африканского в 2017 г. и 2018 г. была положительно связана с длиной вегетационного периода ($r= +0,63$ и $r= +0,53$), а в 2017 г. и 2018 г. – массой 1000 семян ($r= +0,63$ и $r= +0,56$). Это указывает на сопряженность морфологических показателей, которые в конечном итоге обеспечивают определенное направление селекционного процесса на основе отбора по крупности зерна и озернённости соцветий.

В процессе изучения селекционного материала удалось объединить и дополнить исследования различных систематиков, разработать единую внутривидовую классификацию проса африканского, которая включает 5 подвидов и 25 разновидностей. Подвиды проса африканского идентичны подвидам проса посевного: *spicatum* – комовому, *americanum* – сжатому, *typhoideum* – развесистому, *africanum* – раскидистому, *bajra* – овальному. Новая классификация подразумевает определение разновидностей основанных на ключевых параметрах метёлки.

Литература

1. Global strategy for the ex situ conservation of pearl millet. – 2012. – 89 с.
2. Сидоренко В.С. Новые сорта проса – реальный ресурс для производства кормов. // Земледелие. – 2010. – № 5. – С. 23-24.
3. H. D. Upadhyaya, K. N. Reddy, Sube Singh, C. L. L. Gowda, M. Irshad Ahmed and Vinod Kumar. Diversity and gaps in *Pennisetum glaucum* subsp. *monodii* (Maire) Br. germplasm conserved at the ICRISAT genebank. Plant Genetic Resources: Characterization and Utilization (2014) 12(2); 226-235. doi: 10.1017/S1479262113000555
4. Гуринович С.О., Сидоренко В.С. Методика проведения испытаний на отличимость, однородность и стабильность проса африканского (жемчужного) *Pennisetum glaucum* (L.) R.Br. // Зернобобовые и крупяные культуры. 2018. № 3 (27). С. 95-100.
5. Ghorpade P.B., Metta L.V. Correlation studies in relation to population improvement in pearl millet [Изучение корреляций в связи с улучшением популяций африканского проса.]. J. Maharashtra Agr. Univ. – 1993. – 18; № 3. – P. 491-492.
6. Borole U.M., Patil F.B. Character association in pearl millet [Взаимосвязь признаков африканского проса.]. J. Maharashtra Agr. Univ. - 1991. - 16, № 3. – P. 426-428.
7. Pethani K.V., Kapoor R.L. Phenotypic stability of yield components in pearl millet [Фенотипическая стабильность признаков структуры урожая у различных образцов проса африканского.] Gujarat Agr. Univ. Res. J, 1986; T. 12. N 1. – P. 6-13
8. Leeke K. *Pennisetum* ser. *Cenchropsis*. Zeitschr. Naturwissensch, Halle, – 1907, 79:21.
9. Grisebach A. *Gromineae*. *Pinnisetum* sect. *Setipenna*. In: C.F. Ledebour, *Flora Rossica*, 4, 1852-1853, Stuttgartiae: 442.
10. Рожевиц Р.Ю. Злаки. Введение в изучение кормовых и хлебных злаков. – М.-Л.: Сельхозгиз, – 1937, – 636 с.

References

1. Global strategy for the ex situ conservation of pearl millet. 2012. 89 p.
2. Sidorenko V.S. Novye sorta prosa - real'nyi resurs dlya proizvodstva kormov (New varieties of millet - a real resource for feed production). *Zemledelie*. 2010, no.5, pp. 23-24. (In Russian)
3. H.D. Upadhyaya, K.N. Reddy, Sube Singh, C. L. L. Gowda, M. Irshad Ahmed and Vinod Kumar. Diversity and gaps in *Pennisetum glaucum* subsp. *monodii* (Maire) Br. germplasm conserved at the ICRISAT genebank. Plant Genetic Resources: Characterization and Utilization (2014) 12(2); 226-235. doi: 10.1017/S1479262113000555
4. Gurinovich S.O., Sidorenko V.S. Metodika provedeniya ispytaniy na otlichimost', odnorodnost' i stabil'nost' prosa afrikanskogo (zhemchuzhnogo) *Pennisetum glaucum* (L.) R.Br. (Methodology for testing the distinctiveness, uniformity and stability of African millet (pearl millet) *Pennisetum glaucum* (L.) R.Br.). *Zernobobovye i krupyanye kul'tury – Legumes and Groat Crops*. 2018, no. 3 (27), pp. 95-100. (In Russian)
5. Ghorpade P.B., Metta L.V. Correlation studies in relation to population improvement in pearl millet. J. Maharashtra Agr. Univ. 1993. 18; no. 3, pp. 491-492.
6. Borole U.M., Patil F.B. Character association in pearl millet. J. Maharashtra Agr. Univ. 1991. 16, no. 3, pp. 426-428.
7. Pethani K.V., Kapoor R.L. Phenotypic stability of yield components in pearl millet . Gujarat Agr. Univ. Res. J, 1986; T. 12. No. 1, pp. 6-13.
8. Leeke K. *Pennisetum* ser. *Cenchropsis*. Zeitschr. Naturwissensch, Halle, 1907, 79:21.
9. Grisebach A. *Gromineae*. *Pinnisetum* sect. *Setipenna*. In: C.F. Ledebour, *Flora Rossica*, 4, 1852-1853, Stuttgartiae: 442.
10. Rozhevits R.Yu. Zlaki. Vvedenie v izuchenie kormovykh i khlebynykh zlakov (Cereals. Introduction to the study of feed and cereals). M.-L.: *Sel'khozgiz*, 1937, 636 p. (In Russian)

Статья подготовлена в рамках выполнения госзадания ПФНИ № 0636-2019-0009 «Создание новых генотипов зерновых, зернобобовых и крупяных культур с высокой продуктивностью, качеством зерна, повышенной устойчивостью к наиболее опасным болезням, вредителям и абиотическим факторам».

Рег.номер АААА-А19-119041590033-6