УДК 633.511:575.113:631.52

ИЗУЧЕНИЕ РАЗНООБРАЗИЯ ГЕНОФОНДА ХЛОПЧАТНИКА (*GOSSYPIUM* L.) ПО ХОЗЯЙСТВЕННЫМ И КАЧЕСТВЕННЫМ ПРИЗНАКАМ ВОЛОКНА

Назарова А.Б., Акперов З.И., Мамедова Р.Б., Гусейнова Л.А., Абдулалиева Г.С., Мамедова З.Б.

Институт генетических ресурсов НАН, Баку, e-mail: vusalam_genetic@mail.ru

Представлены результаты трехлетнего (2016–2018) изучения генетического разнообразия хлопчатника (*Gossypium* L.) различного географического происхождения, сохраняемого в Генбанке Института генетических ресурсов НАН Азербайджана. Проведена сравнительная оценка 135 образцов хлопчатника по продуктивным и качественным признакам волокна в полевых и лабораторных испытаниях. Характеристика отобранных для исследования образцов была дополнена новыми данными с включением таких базовых качественных признаков волокна, как верхняя средняя длина (Upper Half Mean Length, UHML), удельная разрывная нагрузка, или прочность (Strength, Str), и микронейр (Micronaire, Mic), тестированных на электронной системе большого объема HVI (High Volume Instrument) в соответствии с единой международной классификацией. Изучение коллекционного материала выявило, что амплитуда колебания качественных и, особенно хозяйственных признаков чрезвычайно широка. На основании средних статистических данных проведена группировка образцов по степени сходства и различия изучаемых признаков. Для полного представления о потенциале генетического разнообразия местной коллекции изучали корреляционные зависимости между парными признаками. В частности, установлены положительные корреляции в слабой степени (0,15–0,22) между урожаем хлопка-сырца с одного растения и верхней средней длиной (UHML) и средней силы (0,30–0,38) с удельной разрывной нагрузкой (Str) и (0,32–0,44) с микронейром (Mic). В процессе исследования константные генотипы, характеризующиеся комплексным сочетанием качественных и хозяйственных признаков, переданы в местный Генбанк на сохранение. В настоящее время отобранные нами перспективные линии используются в научных исследованиях в качестве исходного материала для эффективной реализации программ различных направлений.

Ключевые слова: хлопчатник, коллекция, генофонд, генетическое разнообразие, микронейр волокна, разрывная нагрузка, корреляция

STUDYING DIVERSITY OF COTTON PLANT (*GOSSYPIUM* L.) GENOFUND BY ECONOMIC AND QUALITATIVE CHARACTERSITCIS OF FIBRE

Nazarova A.B., Akperov Z.I., Mamedova R.B., Guseynova L.A., Abdulalieva G.S., Mamedova Z.B.

Institute of Genetic Resources of NAS, Baku, e-mail: vusalam_genetic@mail.ru

The results of three-year (2016–2018) study of genetic diversity of cotton (*Gossypium* L.) from various geographical origin, preserved in Gene fund of Genetic Resources Institute of NAS of Azerbaijan are presented. Comparative estimation of 135 samples of cotton by economic and qualitative traits of fibre in field and laboratory researches was undertaken. Characteristic of the samples, selected for research was complemented with new data with inclusion of such basic qualitative traits of fiber as Upper Half Mean Length (UHML), Strength (Str) and Micronaire (Mic), tested on the electronic system of large volume HVI (High Volume Instrument) according to uniform international classification. Studying collection material has revealed that amplitude of fluctuation in qualitative and especially economic traits is extremely wide. At the basis of average statistical data grouping of samples according degree of similarity and distinction of studied traits is presented. A complete presentation of potential of genetic variety of local collection we studied correlation dependences between pair traits. In particular, small positive correlations (0.15–0.22) between crops from one plant and UHML and average force (0.30–0.38) with strength and (0.32–0.44) micronair were established. In course of researching constant genotypes, characterised by complex combination of qualitative and economic traits, were transferred in local Gene bank to preservation. Now the perspective lines selected by us, are used in scientific researches as initial material for effective realisation of programs of various directions.

Keywords: cotton, collection, genofund, genetic diversity, micronaire of fibre, strength, correlation

Хлопчатник систематически относится к биологическому роду Госсипиум (*Gossypium* L.) семейства Мальвовые (*Malvaceae* L.), насчитывающий 51 диплоидный (2n = 2x = 26) и тетраплоидный (2n = 4x = 52) вид. Эта техническая культура является наиболее важным источником натурального волокна, известного как «Король волокон», пользуется большим спросом на мировом рынке [1, 2]. Хлопковое волокно вносит существенный вклад в экономику многих хлопкосеющих стран мира, в том числе и Азербайджана.

Для удовлетворения непрерывно растущих требований к качеству хлопкового волокна перед селекционерами стоит важная проблема – выведение генетически новых сортов, обладающих качеством во-

локна, соответствующим лучшим международным аналогам. Для решения сложной проблемы по созданию более урожайных с улучшенным качеством волокна и устойчивых к болезням сортов хлопчатника необходимо располагать широким генетическим фондом [3–5]. Нехватка генетического разнообразия является препятствием для улучшения культивируемых сортов и видов хлопчатника.

Так, ученые из Узбекистана считают, что сохраняемый генофонд хлопчатника является национальным богатством страны, основой для успешного развития хлопководства, источником полезных признаков для передачи их культивируемым сортам, а также для создания конкурентоспособных сортов, поставляемых на международный рынок [6].

Научные исследования по разработке инновационных методов биотехнологии могут способствовать созданию новых трансгенных сортов хлопчатника. Однако, несмотря на это, проблема качества производимого волокна до сих пор окончательно не решена. Поэтому, наряду с молекулярными методами, исследователи основных хлопковых стран применяют классические методы гибридизации, нацеленные на создание исходного материала, его тщательное изучение, и на этой базе выявляют доноры и сорта с новыми хозяйственно ценными признаками [7].

Изучение биоразнообразия среди 378 сортообразцов хлопчатника, созданных в регионах США различными общественными и частными программами, раскрыло их генетическую структуру, с помощью 120 маркеров SSR и на этой основе идентифицирована степень сходства селекционного материала. Вместе с тем имеется мнение [8] о том, что хотя эти исследования в какой-то степени свидетельствуют об уровнях генетического разнообразия, однако всестороннее исследование все еще необходимо, чтобы полностью охарактеризовать генетическую структуру и эффективнее использовать гермоплазму американских сортов.

В Институте генетических ресурсов НАН Азербайджана в течение многих лет, параллельно с другими культурами, создавалась коллекция хлопчатника различного генетического и экологического происхождения, насчитывающая свыше 1500 образцов, которые признаны национальным достоянием и охраняются законом [9]. Вместе с тем, чтобы служить эффективным источником для использования в различных научных программах, собранное разнообразие должно постоянно обновляться и сохранять генетическую целостность, согласно международным дескрипторам. Следует отметить, что качественные признаки волокна сортообразцов, сохраняемых в Генбанке, ранее были определены частично, используя национальные стандарты и методы. Поэтому целесообразность изучения сортового генофонда по качественным признакам, тестированным на электронной системе большого объема типа HVI (High Volume Instrument) в соответствии с едиными Универсальными стандартами разработанными Министерством сельского хозяйства США, является обоснованной. Следовательно, изучение и обогащение генофонда новыми генотипами является приоритетной в сфере хлопководства. С учетом сказанного выше, цель данного исследования – дополнить новыми характеристиками и расширить представление об обновленном генетическом разнообразии хлопчатника, сохраняемом в Генбанке Института генетических ресурсов НАН Азербайджана. В задачу входило отобрать сортообразцы с улучшенным качественным и количественным потенциалом и рекомендовать их для эффективного использования, как в научных исследованиях, так и в практической селекции.

Материалы и методы исследования

Материалом для данного исследования служили 135 сортообразцов хлопчатника (*Gossypium* L.), отобранных из более чем 1500 местных и зарубежных сортов и линий, сохраняемых в национальном Генбанке Института генетических ресурсов АН Азербайджана. Полевые опыты были заложены на территории Апшеронской экспериментальной базы (АЭБ) названного института в 2016–2018 гг. Методология работы разрабатывалась в соответствии с поставленными целями и задачами исследования. В период вегетации агротехника, применяемая на экспериментальном участке, соответствовала общепринятой для выращивания хлопчатника. Впервые тестирование качественных признаков волокна изучаемого сортового разнообразия проводили на электронной системе HVI (High Volume Instrument), в соответствии с Универсальными стандартами США, принятыми всеми хлопковыми странами как международный стандарт. Статистическую обработку полученных результатов про-

водили с использованием компьютерных программ Statistica 6.0 и Microsoft Excel.

Результаты исследования и их обсуждение

Для развития селекционно-генетических программ по выведению перспективных сортов хлопчатника актуальны исследования, направленные на улучшение потенциала генофонда. Как известно, ценность генетических ресурсов определяется степенью их изученности по комплексу признаков. Это означает, что сохраняемые генетические ресурсы целесообразно периодически корректировать и дополнять новыми сведениями, чему и посвящено данное исследование. В частности, в зависимости от времени формирования местного генофонда качественные признаки волокна оценивались на основе разрозненных методов, тогда как эти признаки являются важнейшими составляющими, от которых зависит стоимость на мировом рынке. Учитывая сказанное выше, впервые представилась реальная возможность обновить характеристику изучаемых образцов в соответствии с единой мировой классификацией.

Одним из главных компонентов качества считается верхняя средняя длина (Upper Half Mean Length, UHML). Это средняя длина самых длинных волокон, составляющих по массе половину испытуемой пробы, выраженная в дюймах. Международные контракты по продаже хлопкового волокна типичны для волокна с показателем, равным 1,10 дюйма, или 28,0 мм. По мнению американских авторов [10], средневолокнистые сорта (*G. hirsutum* L.) с верхней средней длиной (UHML), равной 30,0 мм, считаются уникальными.

Результаты трехлетнего изучения местных и зарубежных сортообразцов хлопчатника выявили достаточно большие колебания этого признака – от 0,96 дюйма, или 24,6 ± 1,3 мм у линии K-152 AP-62 до 1,28 дюйма, или 32,7 ± 1,7 мм – у местного образца Гянджа 183. Разница является достоверной на 5%-ном уровне значимости. Оценка всего исходного материала показала, что длина волокна у 40 сортообразцов была ниже установленного оптимального предела.

Удельная разрывная нагрузка (Strength, Str) является признаком, характеризующим прочность хлопкового волокна. Абсолютный показатель ее может служить критерием добротности волокна при обязательном учете другого важного свойства качества – коэффициента зрелости [11]. Волокно считается очень слабым с показателем 23 g/tex и очень прочным с показателем 31 g/tex и выше. При определении цены на хлопковое волокно базисной считается удельная разрывная нагрузка в интервале 23,5–26,4 g/tex. При прочности выше этого интервала за каждый 1 g/tex производится надбавка к цене, а ниже – скидка. Международные контракты при определении цены на хлопковое волокно требуют минимальной величины, равной 28 g/tex. У изученных образцов удельная разрывная нагрузка характеризуется очень широкой амплитудой изменчивости. В частности, минимальная прочность волокна в среднем за 3 года равна 23,7 ± 0,64 g/tex у образца K-431 Serman, а максимальная 32,9 ± 0,9 g/tex (с колебанием по годам 31,6–34,5 g/tex) – у образца Гянджа 183. Следует отметить, что из всех изученных образцов генетической коллекции выделена группа, состоящая из 18 образцов, разрывная нагрузка волокна которых варьирует в диапазоне 28,5 ± 1,5 – 32,9 ± 0,9 g/tex, как видно, показатели в той или иной степени превышают требуемый норматив.

Микронейр (Micronaire, Mic) также является важным признаком качества, ввиду его прямого влияния на обработку волокна и конечный продукт [12]. Измерительная система типа HVI обеспечивает определение тонины (диаметр) волокна совместно с коэффициентом зрелости. В отличие от других параметров качества, микронейр – единственный признак, который исследователи не стремятся максимально увеличить, как, например, длину волокна, или до минимума уменьшить, как индекс коротких волокон. Ему достаточно оставаться в определенном диапазоне. Базовым считается интервал от 3,5 до 4,9 unit. Микронейр ниже оптимального предела указывает на незрелость волокна, а выше – на грубое волокно, малопригодное для производства товаров высокого качества. Поэтому в целях приведения качества волокна к международным стандартам введены скидки цен при уменьшении или увеличении установленных норм по 1% на каждые 0,1 значения микронейра. Международные контракты при покупке хлопкового волокна типичны для волокна с показателем микронейра между 3,8–4,6 unit. Сравнительная оценка изучаемых образцов в среднем за 3 года показала широкий размах изменчивости от 3,8 ± 0,30 unit (с вариацией по годам 3,5–4,4 unit) у образца Azerb.1/4 до 5,3 ± 0,06 unit (с небольшой вариацией по годам 5,2–5,4 unit) – у образца

GAA- 093 L-8005. В целом основная часть образцов не превышала показатель 4,6 unit, что указывает на оптимальную тонину (диаметр) и зрелость волокна в совокупности. На основе полученных результатов в таблице представлены лишь те сортообразцы (12,6% от общего количества исследованных), у которых все показатели качественных признаков превосходят международные стандарты.

Однако для полноценной оценки изучаемых образцов, наряду с качественными признаками необходима информация об их продуктивности. Общая урожайность хлопка-сырца является структурно сложным признаком, зависящим от таких компонентов, как масса одной коробочки и количество коробочек на растении. Варьирование крупности коробочки показало разную степень выраженности признака в зависимости от изучаемых сортобразцов. Так, в среднем за три года масса коробочки колебалась от 4,5 ± 0,04 до 5,8 ± 0,07 г. У образцов, представленных в таблице, минимальной величиной (4,7 ± 0,08 г) характеризуются сортообразцы K-489 Pima-32, GAA-0977 и Nd 5/40, тогда как максимальный показатель (5,5 ± 0,10 г) – у сортообразцов Гянджа-183 и Nd 5/16. Отмечено, что число коробочек является главным компонентом, определяющим хозяйственную продуктивность хлопчатника [13]. Результаты данного исследования свидетельствуют, что количество коробочек в среднем за три года варьирует от 9,0 ± 0,14 до 14,6 ± 0,50 шт. Образцы Гянджа-120, 95/1 Termez-7, GAA-0977 и Nd 5/40 отличаются высокими (12,8 ± 0,38 – 13,5 ± 0,34 шт.) показателями признака.

Вычисление средних значений урожая хлопка-сырца из расчета на одно растение выявило, что показатели в зависимости от генотипа имеют как оптимальные (54,7 ± 1,20 – 62,3 ± 1,12 г), так и высокие (67,4 ± 1,19 – 75,8 ± 1,72 г) величины. Следует отметить, что высокий урожай формируется в основном за счет количества коробочек.

Значительный интерес представляет определение корреляционных связей между изучаемыми признаками. Важным фактором является формирование пропорционального соотношения качественных признаков к урожайности. Образцы, сочетающие высокие показатели базовых качественных признаков волокна с оптимальной продуктивностью, являются наиболее эффективным источником при выборе селекционно-генетического направления исследования и подборе исходного материала для гибридизации.

Показатели качественных признаков волокна и урожайность хлопка-сырца коллекционных сортообразцов хлопчатника

№	Наименование сортообразцов	Верхняя средняя длина (UHML)		Удельная разрывная нагрузка (Str), g/tes	Микронейр (Mic), unit	Урожайность хлопка-сырца с одного растения, г
		X, дюйм	*X* ± *Sx*, мм			
1	Гянджа-120	1,20	30,4 ± 1,2	28,5 ± 1.5	4,6 ± 0.06	72,1 ± 1,98
2	Гянджа-125	1,22	31,1 ± 0,8	29,9 ± 2,0	4,5 ± 0,17	58,2 ± 0,66
3	Гянджа-156	1,19	30,3 ± 1,0	29,7 ± 1,2	4,6 ± 0,13	67,4 ± 1,19
4	Гянджа-183	1,29	32,7 ± 1,7	32,9 ± 0,9	4,3 ± 0,00	62,3 ± 1,12
5	Гянджа-205	1,15	29,2 ± 0,6	29,0 ± 1,4	4,8 ± 0,13	69,8 ± 1,65
6	GAA-0977	1,13	28,6 ± 0,8	27,1 ± 1,0	4,3 ± 0,23	73,3 ± 2,07
7	GAA-09110	1,13	28,7 ± 0,8	29,3 ± 1,7	4,5 ± 0,10	69,6 ± 1,93
8	95/1 Termez-7	1,20	30,6 ± 0,3	29,1 ± 0,54	4,3 ± 0,10	74,8 ± 1,12
9	K-210 504-V	1,27	32,3 ± 0,7	29,8 ± 1,12	4,2 ± 0,10	67,3 ± 1,93
10	K-216 S-6022	1,20	30,6 ± 2,3	29,7 ± 2,52	4,2 ± 0,23	68,2 ± 1,77
11	K-489 Pima-32	1,22	30,9 ± 1,4	29,8 ± 0,71	4,1 ± 0,20	54,7 ± 1,20
12	K-491 Todlo-8	1,16	29,4 ± 2,3	28,7 ± 2,18	4,2 ± 0,71	69,3 ± 1,19
13	K-85 10964	1,21	30,7 ± 0,5	32,3 ± 1,02	4,8 ± 0,13	75,8 ± 1,72
14	Nd 5/40	1,12	28,5 ± 0,3	29,9 ± 0,6	4,6 ± 0,06	70,2 ± 1,55
15	Na 7/64	1,16	29,5 ± 0,7	28,5 ± 1,74	4,6 ± 0,03	67,3 ± 1,43
16	Na 9/32	1,18	30.0 ± 0,6	28,0 ± 1,57	4,9 ± 1,15	65,5 ± 1,86
17	Nd 5/16	1,23	31,2 ± 0,9	27,8 ± 1,53	4,4 ± 1,15	62,3 ± 1,11

Нами установлено, что урожай хлопка-сырца с одного растения по годам в слабой степени (0,15–0,22) положительно коррелирует с верхней средней длиной (UHML), со средней силой (0,30–0,38) – с удельной разрывной нагрузкой (Str) и с микронейром (Mic) (0,32–0,44). Однако по данным ряда исследователей [14] не отмечено никакой корреляции ни с одним из указанных качественных признаков волокна, а по данным других – связи слабые отрицательные [15]. Из данных таблицы можно видеть, что сортообразцы Гянджа-120, 95/1 Termez-7, K-85 10964 и другие образцы с аналогичными данными в течение трех лет сочетали высокое качество волокна с высокой урожайностью, что подтверждает определенную константность независимо от разных годов выращивания растений.

Таким образом, обобщая полученные результаты, изученное разнообразие хлопчатника по степени выраженности признаков можно разделить на группы. Одна группа включает образцы с очень высокими отдельными показателями, которые можно рекомендовать к использованию в селекции на улучшение конкретных признаков. Другая, наиболее ценная, группа образцов характеризуется комплексом положительных признаков, которые способны составить важный генетический резерв местного Генбанка, пригодный для успешного и эффективного использования в селекционно-генетических исследованиях.

Заключение

На основе полученной информации о характеристике изученных признаков можно сделать предварительные выводы о том, что генетические ресурсы значительно различались по качественным и особенно по хозяйственным признакам волокна. Выделено небольшое количество образцов с комплексом положительных признаков, которые могут служить базисом для теоретических и прикладных исследований.

Широкий спектр варьирования исследуемых признаков, установленных только по фенотипическому проявлению, обеспечил общее представление об исходном материале, поэтому для подтверждения полученных результатов будут дополнительно использованы молекулярные технологии. Это позволит с уверенностью установить степень сходства и различия между исследуемыми образцами, открыть новые возможности в обогащении, расширении структуры генофонда и в конечном счете идентифицировать генотипы, представляющие практическую значимость для улучшения признаков у будущих сортов.

Работа выполнена при частичной финансовой поддержке, оказанной Фондом развития науки при Президенте Азербайджанской Республики, проект (№ E1F-1(1)-40/23-3.).

Список литературы / References

1. Kumbhalkar H.B., Gawande V.L., Gahukar S.J., Waghmare V.N., Mawle S.R., Ingle K.P. Molecular Profiling of Cotton Genotypes for Fibre Properties Using Diagnostic Set of Microsatellite (SSR) Markers. Current Journal of Applied Science and Technology. 2018. Vol. 29. No. 3. P. 1–16. DOI: 10.9734/CJAST/2018/44497.

2. Mohamed W.G., Ibrahim A.E., Abdelsalam N.R. Assessment of Genetic Diversity in some Egyptian Cotton Varieties Based on Molecular and Technological Characteristics. Egypt. 2018. Vol. 39. P. 112–123. DOI: 10.21608/ASEJAIQJSAE.2018.5797.

3. Bukhari S.A., Iqbal M.A., Naz S., Rahman M.U. Studies on Genetic Diversity of Cotton Using RAPD Markers. Pure Appl. Bio. 2014. Vol. 3. No. 3. P. 95–100. DOI: 10.19045/bspab.2014.33002.

4. Khan M.I., Haq H.A., Ullah K., Arshad M., Majid A. Genetic Diversity and Correlation Studies for Cotton Leaf Curl Disease (CLCuD), Fiber & Yield Related Attributes in Exotic Lines of Gossypium arboreum L. AJPS. 2017. Vol.8. No. 3. P. 615–624. DOI: 10.4236/ajps.2017.83042.

5. Shakeel A., Azhar M.T., Ali I., Ain G.U., Zia Z.U., Anum W., Ammar A., Zafar A. Genetic diversity for seed cotton yield parameters, protein and oil contents among various Bt. cotton cultivars. Int. J. Bio. Sci. 2018. Vol. 12. No. 1. P. 242–251. DOI: 10.12692/ijb/12.1.242-251.

6. Abdullaev F.H., Salahutdinov I.B., Arslanov D.M., Muminov H.A. National information system on a cotton genofund – a basis of its effective utilization. Materials of Republican scientifically-practical Conference. Institute of genetics and experimental plant biology of AN RUz. Tashkent, 2015. P. 164–167.

7. Abdurakhmonov I.Y., Saha S., Jenkins J.N., Buriev Z.T., Shermatov S.E., Scheffler B.E., Pepper A.E., Yu J.Z., Kohel R.J., Abdukarimov A. Linkage Disequilibrium Based Association Mapping of Fiber Quality Traits in G. hirsutum L. Variety Germplasm. Journal Genetics. 2009. Vol. 136. P. 401–417. DOI: 10.1007/s10709-008-9337-8.

8. Tyagi P. The Structure of Genetic Diversity in Upland Cotton (*G. hirsutum* L.) Cultivars and Dissecting the Components of Hybrid Cotton Yield. Journal of Crop Science. 2013. P. 47.

9. Акперов З.И., Мамедова С.А., Мамедов А.Т. Мобилизация и сохранение семенного фонда генетических ресурсов растений Азербайджана // Вавиловский журнал генетики и селекции. 2012. Т. 16. № 3. С. 655–659.

Akperov Z.I., Mamedova S.A., Mamedov A.T. Mobilisation and preservation of seed fund of genetic resources of plants of Azerbaijan // Vavilov journal of genetics and selection. 2012. Vol. 16. № 3. P. 655–659 (in Russian).

10. Smith C.W., Braden C.A., Hequet E.F. Generation Mean Analysis of Near-Long-Staple Fiber Length in TAM 94L-25 Upland Cotton. Journal of Crop Science. 2009. Vol. 49. P. 1638–1646.

11. Zeng L., Meredith W.R.Jr. Associations amongLintYield, Yield Components, and Fiber Properties in an Introgressed Population of Cotton. Journal of Crop Science. 2009. Vol. 49. P. 1647–1654. DOI:10.2135/cropsci2008.09.0547.

12. Nafissatou N.L., Hassedine D.F., Olivier K.N., Guy M. Production of New Cotton Interspecific Hybrids with Enhanced Fiber Fineness. Journal of Agricultural Science. 2016. Vol. 8. No. 2. P. 46–56. DOI: 10.5539/jas.v8n2p46.

13. Khan N.U., Hassan G., Marwat K.B., Farhatullah B.S., Makhdoom K., Khan I., Khan I.A., Ahmad W. Genetic Variability and Heritability in Upland Cotton. Pakistan Journal of Botany. 2009. Vol. 41. No. 4. P. 1695–1705.

14. Rathore P., Gard H.R., Pathak D., Makwana M.C. Association among seed cotton yield and fiber quality traits in American Cotton. Journal of Crop Improvement. 2004. Vol. 31. No. 1. P. 107–112.

15. Yaqoob M., Fiaz S., Ijaz B. Correlation analysis for yield and fiber quality traits in Upland cotton. Communications in Plant Sciences. 2016. Vol. 6. Issues 3–4. P. 55–60.