



DOI: 10.30901/2658-3860-2021-3-16-39

Поступила: 01.04.2021

УДК: 633.37:631.52:631.524.5:631.524.02:631.526.31:631.526.32

ОРИГИНАЛЬНАЯ СТАТЬЯ

**Е. А. Дзюбенко**

Федеральный исследовательский центр Всероссийский институт генетических ресурсов растений им. Н.И. Вавилова,
190000 Россия, г. Санкт-Петербург, ул. Большая Морская, 42, 44;

e-mail: elena.dzyubenko@gmail.com

orcid: <https://orcid.org/0000-0003-4576-1527>**ВНУТРИВИДОВОЙ ПОЛИМОРФИЗМ ГУАРА
(*CYAMOPSIS TETRAGONOLOBA* (L.) TAUB.)**

В ВИР имеется значительная коллекция гуара – *Cyamopsis tetragonoloba* (L.) Taub. (Fabaceae). Это однолетник, известный только в культуре; происходит из Индии и Пакистана, используется с древности как кормовое и овощное растение. Последние 50 лет данная культура востребована для получения гуаровой камеди, которую извлекают из эндосперма. При изучении образцов гуара коллекции ВИР в условиях закрытого грунта научно-производственной базы «Пушкинские и Павловские лаборатории ВИР» в 2017–2019 гг. были описаны морфологические признаки и их изменчивость, определена принадлежность образцов к типу использования. Благодаря полученным данным для Государственной комиссии РФ по сортоиспытанию была разработана методика оценки сортов гуара на отличимость, однородность и стабильность. Выяснено, что признаки боба служат критерием определения образца к овощному типу: размеры боба и столбика, наличие или отсутствие опушения. Предложено выделение двух внутривидовых групп в культигене: зернокармальная и овощная группы. Группа зернокармальных образцов из Северо-Западной Индии и Пакистана несёт признаки дикого типа. Овощные сорта обладают комплексом рецессивных признаков. Дополнительно выделяются группа низкорослых американских кормовых сортотипов, желтозёрный пакистанский малостебельный морфотип и австралийский овощной морфотип. Рассматривается версия внутривидовой эволюции культуры.

Ключевые слова: *Cyamopsis tetragonoloba*, морфологическая изменчивость, ключевые признаки сортов, методика сортоиспытания, морфология боба, овощной гуар, зернокармальной гуар, центр происхождения и разнообразия, генофонд.

DOI: 10.30901/2658-3860-2021-3-16-39

Received: 01.04.2021

ORIGINAL ARTICLE

E. A. Dzyubenko

N.I. Vavilov All-Russian Institute of Plant Genetic Resources,
42-44, Bolshaya Morskaya Str., St. Petersburg 190000, Russia;
e-mail: elena.dzyubenko@gmail.com



INTRASPECIES POLYMORPHISM OF GUAR (*CYAMOPSIS TETRAGONOLOBA* (L.) TAUB.)

In Russia, VIR is the only holder of a collection of guar (*Cyamopsis tetragonoloba* (L.) Taub.) – an annual leguminous plant originating from India and Pakistan and used for forage, green manure and as a vegetable. Since after World War II, it got application as an industrial crop. This leguminous plant has a large endosperm with galactomannan providing guar gum. Variability of morphological traits in guar accessions in the VIR collection was evaluated in protected ground conditions of the Pushkin and Pavlovsk Laboratories of VIR in 2017-2019. According to morphological traits description, a method of guar varieties DUS testing was developed. Pod peculiarities provided a basis for differentiating between vegetable and seed/forage guar accessions. The pod size, pod horn length and absence of pubescence were used as the differentiating criteria. On the basis of pod structure, a subdivision of guar into two intraspecific groups, that is the vegetable and grain/forage groups, was suggested. The grain/forage group from Northwestern India and Pakistan demonstrates the traits of wild type, while the vegetable guar has recessive traits, so the former group may be considered as the original one. Dwarf American cultivars represent a separate group of cultivars; yellow-grain cultivars originating from Pakistan and vegetable Australian cultivars from the VIR collection are also distinguished as different morphotypes. A possible intraspecific diversity development of the crop is under discussion.

Key words: *Cyamopsis tetragonoloba*, morphological diversity, key cultivar morphological traits, DUS testing, pod morphology, vegetable guar group, grain/forage guar group, origin and diversity center, gene pool.

Введение

Циамопсис четырёхкрыльниковый, или гуар (*Cyamopsis tetragonoloba* (L.) Taub.) (Fabaceae), представлен однолетними тропическими растениями. Вид известен под девятью синонимичными названиями. Наиболее часто в литературе он упоминается под синонимом *Cyamopsis psoraloides* (Lam.) DC. или базионимом *Psoralea tetragonoloba* L. Лектотип вида (LINN 928.23), хранящийся в гербарии Карла Линнея в Линнеевском обществе (Лондон), происходит из Индии (Гуджарат, Сурат) (URL: https://plants.jstor.org/search?filter=name&so=ps_group_by_genus_species+asc&Query=Циамопсис+tetragonoloba; URL: <http://www.linnean-online.org/9277/>).

В роде *Cyamopsis* в настоящее время известно четыре вида: *C. tetragonoloba* (L.) Taub., *C. senegalensis* Guill. et Perr., *C. serrata* Schinz., *C. dentata* (N.E. Br.) Torre (Whistler, Hymowitz, 1979). J.B. Gillett в составе рода рассматривал три вида, не выде-

ляя в качестве самостоятельного *C. dentata* (Gillett, 1958). Дикорастущие родичи *C. tetragonoloba* имеются в Африке и на Аравийском полуострове (URL: <http://www.worldfloraonline.org/taxon/wfo-0000189996>).

Предком культурного вида *C. tetragonoloba*, возможно, является *C. senegalensis*, от которого путём трансдоместикации возник гуар (Hymowitz, 1972). Близкое родство этих двух видов подтверждается присутствием в семенах *C. senegalensis* полисахарида галактоманнан, идентичного галактоманнану гуара (Strickland, Ford, 1984).

C. tetragonoloba вошел в культуру предположительно на территории Индостана. Достоверная информация о начале возделывания растения отсутствует, но в дикорастущем состоянии оно до сих пор неизвестно. Центром происхождения и разнообразия циамопсиса четырёхкрыльникового, по мнению Н.И. Вавилова, является индийский очаг (Vavilov, 1935). Исходный культи-



генный ареал вида локализован на северо-западе Индии, главным образом в штате Раджастан, на землях пустыни Тар. Кроме того, культура представлена в соседних штатах Гуджарат, Уттар-Прадеш, Харьяна и в пограничных районах Пакистана. Гуар в основном выращивается в Индии без полива, в период муссонных дождей с июня-июля по октябрь, поэтому такой гуар называется «rainfed», т. е. неорошаемый. Здесь, в засушливых районах Индии, гуар возделывается в условиях богары, в то время как на юге Индии и в Центральной Индии – на поливе и при раннем весеннем посеве. Таким образом, выращивание гуара в Индии ведется в различных условиях, в разное время года, фактически в разных эколого-географических нишах.

В настоящее время вид культивируется, либо является заносным в странах Юго-Восточной и Передней Азии, Африки (URL: <http://www.worldfloraonline.org/taxon/wfo-0000189996>), интродуцирован в США и Австралию (Dzyubenko et al., 2017), изучается с целью промышленного выращивания в Аргентине (Falasca et al., 2015), Италии (Sortino, Gresta, 2007) и других странах.

В традиционном регионе выращивания гуар издавна использовался как кормовая культу-

ра и сидерат. Местное население употребляло в пищу бобы в тушёном и в квашеном виде. Позже растение стало применяться как техническое для получения камеди, изготовления бризантных веществ, при производстве текстиля, бумаги и др. (Wulf, Maleeva, 1969; Bobylev, 1984).

В отличие от большинства бобовых, семя гуара обладает крупным эндоспермом, содержание которого составляет около 42% (Anderson, 1949). Гуар превратился в промышленную культуру после Второй мировой войны, когда в эндосперме его семян был обнаружен сложный полисахарид галактоманнан – основа гуаровой камеди (Whistler, Hymowitz, 1979). Гуаровая камедь как гидроколлоид оказалась незаменимой во многих отраслях промышленности, особенно в нефтедобывающей и пищевой (Mudgil et al., 2014; Thombare et al., 2016; Bhatt et al., 2017; Dzyubenko et al., 2017).

Началом его интродукции за пределы Индии и Пакистана можно считать 1903 год, когда гуар был ввезён в США (Chevalier, 1939). В настоящее время он интродуцирован во многие страны мира с коммерческим названием «clusterbeans» (рис. 1).



Рис. 1. Фрагменты растения гуар со сгруппированными бобами

Fig. 1. Guar plant fragments with bean clusters



В СССР гуар впервые был завезен в 20–30-е годы XX века из Индии экспедициями ВИР в рамках Вавиловской программы по широкой интродукции растений. После Великой Отечественной войны коллекция гуара в институте фактически была создана заново, благодаря деятельности главы сельскохозяйственной миссии при посольстве СССР в Индии Д.В. Тер-Аванесяна. Гуар испытывался и оценивался по кормовым и агробиологическим признакам в Туркмении (Muradov, 1973) и в Узбекистане (Pavlova, 1964).

Недавние работы с этой культурой в Краснодарском крае доказали возможность его культивирования в России (Voloshin et al., 2016; Startsev et al., 2017).

Для решения проблемы импортозамещения в нашей стране в коллекцию ВИР были привлечены новые образцы гуара. К 2017 году в ВИР и в частных агрономических организациях России появились его селекционные линии, семена которых успешно вызревали в условиях юга страны.

Целью исследования было изучение биологии развития растений, морфологических особенностей и изменчивости культуры на примере образцов коллекции ВИР. Также ставилась задача определить градации варьирования ключевых признаков новой малораспространённой культуры для разработки методической основы в связи с обращением Государственной комиссии РФ по сортоиспытанию для испытания и регистрации сортов гуара. Полиморфизм культуригена гуара в ботаническом плане не описан, какие-либо ботанические классификации, опирающиеся на морфологические признаки, отсутствуют. В книге «Plant Resources of South East Asia» есть ссылки на названия сортов гуара по типу использования в Индии: гуар, выращиваемый ради зерна, называется *Deshi*, выращиваемые на зелёную массу высокорослые местные образцы называются *Sotiagovar*; гуар, выращиваемый ради зелёных бобов – это *Pardeshi* (Wong, Parmar, 1997). При этом какие-либо морфологические особенности

этих групп не приводятся. В сводке «Tropical Crops: A Textbook of Economic Botany» описываются две расы у гуара, карликовая овощная и гигантская кормовая (Kochhar, 1989). Внутривидовая изменчивость вида по морфологическим признакам в коллекции ВИР ранее не исследовалась. В связи с многоплановым использованием культуры следовало разделить образцы коллекции по типам хозяйственного значения, структурировать внутривидовую изменчивость, провести общую оценку мирового и представленного в коллекции ВИР генофонда гуара.

Материалы и методы

Исследования проводились на научно-производственной базе (НПБ) «Пушкинские и Павловские лаборатории ВИР». Материалом для изучения малоизвестной культуры в условиях фитотрона ВИР в 2017 году послужило 13 образцов гуара, привлечённых в коллекцию ВИР в 2014–2017 гг. В 2018 году там же изучались ранее собранные образцы коллекции ВИР, восстанавливаемые из семян после 30-летнего хранения, и новые (2014–2018 гг.) поступления. Оказалось, что семена циамописиса четырёхкрыльникового сохранили всхожесть в течение длительного периода хранения в условиях круглогодичных 18–25-градусных температур помещений ВИР (Rakovskaya et al., 2019). В 2018–2019 гг. проводились наблюдения за динамикой развития отдельных образцов гуара в малой теплице № 20 (условия закрытого грунта). Семена высевались в пластиковые горшки объемом 12–15 л (рис. 2). В качестве субстрата использовался торфогрунт, смешанный с песком и доломитовой мукой (рН 7). Перед посевом семена скарифицировали на мелкой наждачной бумаге. Посев производился в первых числах мая, уборку проводили в конце сентября по мере созревания бобов на растениях. Часть образцов выращивалась через рассадку в торфяных горшочках, далее пересаживалась в большие горшки. Полив осу-



ществлялся по мере просыхания субстрата. Температура в теплицах поддерживалась в пределах 25–30°C.

В условиях закрытого грунта наблюдались заболевания растений гуара альтернариозной пятнистостью (возбудитель – *Alternaria cyamopsidis* Rangaswami et Rao) и бактериозом (возбудитель – *Xanthomonas axonopodis* pv. *cyamopsidis* (Patel) Vauterin), что требовало периодического проведения обработок препаратами «фитоспорин» и «фитофлавин». Серьёзную проблему для выживания растений гуара в тепличных условиях создали тля бобовая (*Aphis fabae*), белокрылка тепличная (*Trialeurodes vaporariorum*), а также паутинный клещик (*Tetranychus urticae*). Для борьбы с тлёй использовался раствор зелёного мыла и раствор «Фитоверм». Для уничтожения летучих особей белокрылки расставлялись жёлтые клейкие ловушки, а кроме того растения опрыскивались препаратом «Биотлин».

Описания, замеры, фотофиксацию осуществляли в течение всего вегетационного периода. Отмечалось появление всходов, бутонизация, начало цветения, замерялась высота при бутонизации и уборке, форма куста, степень ветвления, опушенность растения, цвет листовых пластинок, длина и количество соцветий, начало завязывания и побурения бобов. Выборочно подсчитывалось количество бобов на соцветие и количество семян в бобе. При проведении морфологического описания признаки оценивались в средней части растения. Опушенность листовой поверхности, иссечённость края листовой пластинки оценивались на боковых листочках. Морфологическая терминология в описаниях признаков дана в соответствии с «Ботаническим иллюстрированным словарем» (Dorofeyev et al., 2019).

В 2017 году описывалось 9–24 растений на образец, в 2018 и 2019 годах – 1–8 растений на образец коллекции.

Результаты и обсуждение

Посев растений семенами в закрытом грунте проводился в 2017 году 2 мая, в 2018 году 30 апреля. Всходы появлялись на 5–7 день. Растения первоначально развивали три простых листа, затем развивались тройчатосложные листья (фото 2). Первый настоящий лист распускался через 2–3 недели после посева, первый тройчатосложный лист появлялся в среднем через 4 недели. Цветение и начало завязывания бобов у скороспелых американских сортов начиналось на 7–8 неделе. Массовое цветение образцов коллекции наблюдалось на 10–12 неделе, зелёные бобы у всех образцов в большой теплице формировались на 15 неделе. Побурение бобов в теплице началось у скороспелых сортов на 110 день. Подавляющее большинство образцов коллекции в большой теплице цвело и завязало бобы, но вследствие развития болезней у растений бобы достигли полной спелости не у всех образцов. Отдельные образцы к цветению не перешли. Зрелые бобы не опадали и не вскрывались, что подтверждает культурное происхождение гуара (Ladinsky, 1979). Образцы коллекции, изучаемые в условиях теплицы, различались по характеру ветвления, числу боковых ветвей, высоте растений, форме листа, характеру края листовой пластинки, наличию или отсутствию и степени выраженности опушения, длине, количеству соцветий и бобов, форме и окраске семян и другим признакам.

Признаки растения. Форма растения представлена всеми возможными вариантами, от в основном прямостоячей до редкой стелющейся (образцы из Австралии). Стебель гуара в стадии зелёных бобов от 1,1 до 1,7 см толщиной; у молодых растений в стадии начала бутонизации в закрытом грунте от 0,5 см. Высота стебля от 35 до 160 см. Стебель полый, у мощных высокорослых образцов очень крепкий, обеспечивающий прямостоячую форму, ребристый, в сечении овальный (рис. 3). У образцов из Австралии стебли толстые, но мягкие, с недостатком механических тканей, фактически стелющиеся по земле. Наиболее высокие образцы



происходили из Индии (к-52779, к-52904), самые низкорослые – из США ('Kinman' к-52585). Высокорослые имели длинные междоузлия (8–15 см), низкорослые – более короткие (4–7 см). Высоко-

рослые растения представлены в основном одностебельными образцами, но ветвистый образец из Пакистана к-52945 также значительно выделялся по высоте.

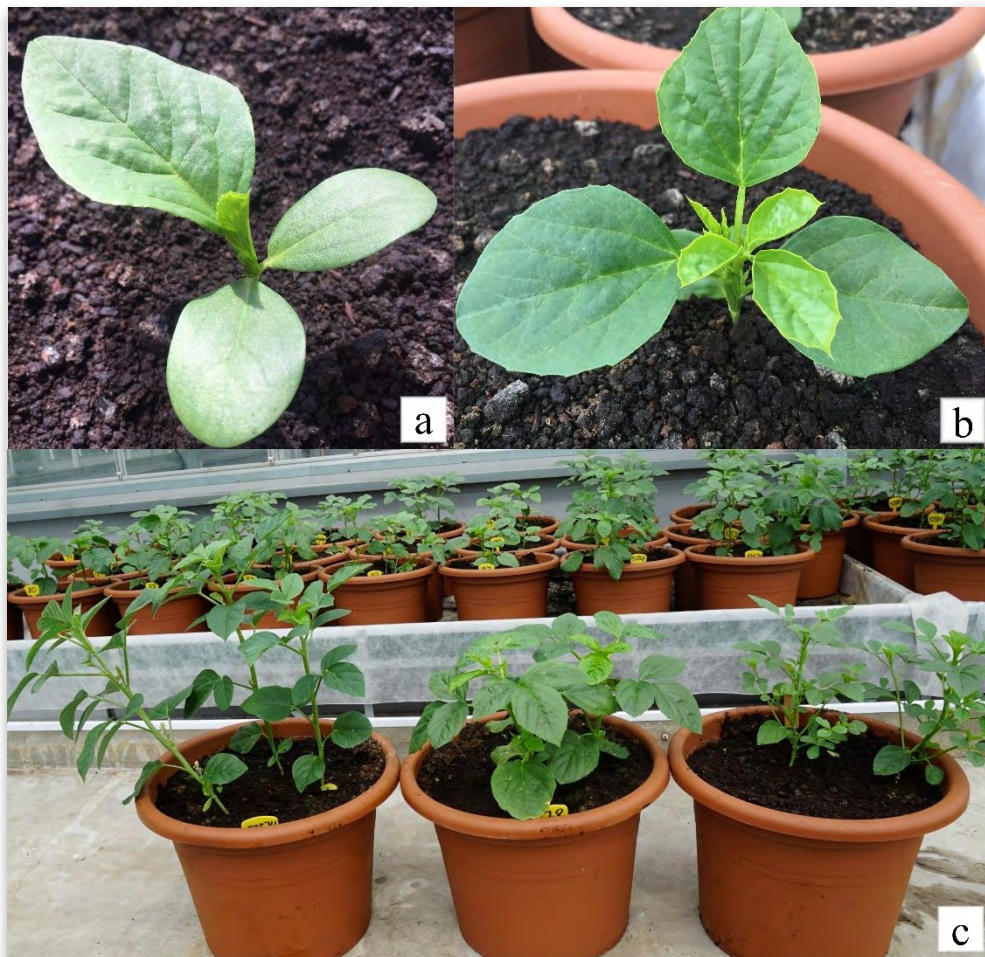


Рис. 2. Молодые растения гуара: а) семядольные листья и первый лист; б) первый тройчатосложный лист; в) растения в возрасте 1 месяца

Fig. 2. Young guar plants: a) cotyledon leaves and first leaf; b) first trifoliate leaf; c) one month old plants

По характеру ветвления исследованные образцы делятся на группы: неветвящиеся (условно называемые одностебельные); равномерно ветвистые (закладка побегов на всём протяжении основного стебля); базально ветвистые (побеги только в нижней части основного стебля (рис. 4). Базальное ветвление характерно для американского сорта 'Lewis' к-52586, некоторых растений 'Santa Cruz' к-52584 и низкорослого образца из Индии к-52929. Наиболее распространён-

ным типом ветвления в образцах коллекции было равномерное ветвление. Количество ветвей у растений в целом по изучаемой коллекции варьировало от 0 до 15. Между группой ветвистых и группой одностебельных растений существуют переходные «слабоветвистые» типы. Следует отметить, что в образцах с одностебельными растениями могут выщепляться растения слабоветвистые, и наоборот. Среди растений одностебельного сорта 'Вектор' к-52574 при выращивании



в теплице в 2017 г. наблюдались растения с одним и двумя боковыми побегами. Такое строение для одностебельных растений считается допустимым. Одностебельные растения имеют большую высоту закладки первого генеративного узла

(на высоте 5–7 см от уровня почвы), что является ценным признаком для механизированной уборки гуара. В коллекции есть сильноветвящиеся образцы с побегами 3–5 порядка (к-52580, к-52588, к-52742).



Рис. 3. Различия в размерах образцов гуара (слева образец без названия к-52929, Индия, справа сорт 'Tharparkon New' к-52945, Пакистан)

Fig. 3. Difference in plant size (left – local accession from India к-52929, right – cultivar 'Tharparkon New' к-52945, Pakistan)

Тип роста. Растения гуара обладают недетерминантным типом роста, что является ценным качеством для сортов овощного типа использования, продлевающим вегетацию растений. Однако для получения зерна необходимы скороспелые сорта с одновременным их созреванием. Среди растений американских сортов в условиях теплицы нами было выделено несколько расте-

ний с детерминантным типом роста с коротким вегетационным периодом (рис. 5) (Dzyubenko, Dzyubenko, 2017). Данный исходный материал был использован при создании детерминантного сорта 'Каспиец', устойчиво вызревающего на территории Российской Федерации (Dzyubenko, Miroshnichenko, 2019).



Рис. 4. Типы ветвления у гуара: слева равномерно ветвистое растение, в центре растение с базальным ветвлением, справа одностебельное (неветвящееся) растение

Fig. 4. Types of branching in guar: branching plant (left), basal branching plant (center), non-branching single-stem plant (right)



Рис. 5. Детерминантность у гуара: а) детерминантное соцветие; б) растения гуара детерминантного типа роста с базальным типом ветвления

Fig. 5. Determinacy trait in guar; a) determinate top inflorescence; b) guar plants with determinate type of growth



Признаки листа. Листья гуара тройчато-сложные, 5–10 см длиной, на длинном (6–7 см) сплюснутом черешке, с линейными прилистниками длиной 7–9 мм. Листья полиморфны по окраске и толщине листовой пластинки (рис. 6). Листья большинства образцов серо-зелёные из-за плотного опушения (зернокарманные образцы). Окраска варьирует от светло-зелёной (листовая пластинка очень тонкая) (австралийские образцы) до насыщенной тёмно-зелёной (листовая пластинка очень плотная) (некоторые индийские овощные образцы) (рис. 6с). Листья некоторых образцов имеют голубоватый оттенок. Форма листовых пластинок может быть овальной (индийские овощные), яйцевидной (американские), дельтовидной (индийские зерновые и кормовые образцы) (рис. 7). Край листовой пла-

стинки ровный (австралийские образцы) (рис. 6d), иногда волнистый, либо иссечённый с зубчиками разной величины (главным образом американские сорта) (рис. 7с). Опушение, как правило, охватывает все растение. Особенно оно выражено на стебле и верхней и нижней стороне листовых пластинок, проявляется также в виде мелких колючих трихом на створках боба. В коллекции ВИР опушёнными являются индийские и пакистанские образцы зернокарманного типа; опушение отсутствует (либо присутствуют редкие трихомы) у овощных образцов Индии, образцов из Австралии и низкорослых сортов США. Степень проявления признака опушения (плотность волосков на листовой поверхности) варьирует. Опушение листовой пластинки может проявляться только на её нижней стороне.

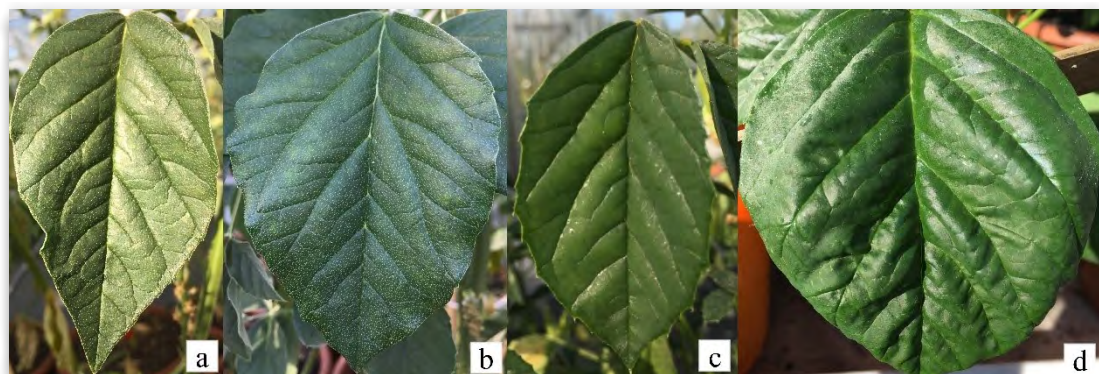


Рис. 6. Листовые пластинки: а) опушённый лист зернокарманного гуара (образец из Индии); б) опушённый лист овощного гуара (образец из Индии); в) голый тёмно-зелёный лист овощного гуара (образец из Индии); г) голый светло-зелёный лист (образец из Австралии)

Fig. 6. Leaf blades: a) pubescent leaf of forage-grain guar from India; b) pubescent leaf of vegetable guar from India; c) glabrous dark-green leaf of vegetable guar from India; d) glabrous light-green leaf of guar from Australia

У ряда образцов коллекции часть растений с опушёнными листьями, часть с голыми; это может свидетельствовать о селекционной неравномерности сортов. Наличие опушённых и голых листьев в одном образце отмечали при описании коллекции США (Morris, 2010). Среди гололистных образцов у растений из Австралии трихомы отсутствуют полностью, у американских низкорослых образцов при увеличении просматриваются

единичные простые трихомы. В условиях фитотрона, и голые, и опушенные растения повреждались насекомыми-вредителями и болезнями (альтернариоз, бактериальное увядание) в равной степени. Не было выявлено связи устойчивости образцов гуара к указанным заболеваниям с анатомо-морфологическими особенностями растений (Radchenko, Sokolova, 2018).

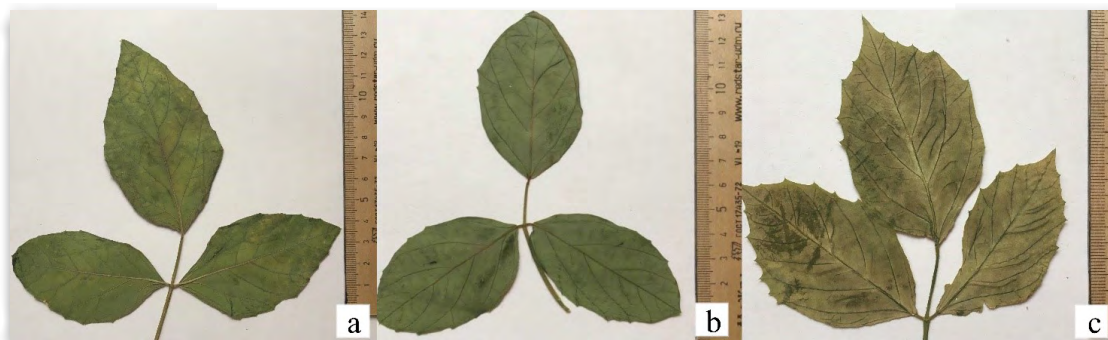


Рис. 7. Форма и край листочков: а) дельтовидная, ровный край; б) овальная, ровный край; в) заострённо-яйцевидная, пильчатый край

Fig. 7. Shape of leaf and leaf margin: a) deltoid, smooth edge; b) oval, smooth edge; c) acuminate ovate, serrated edge

Признаки цветка и соцветия. Цветки мотыльковые, 8–9 мм в длину, на коротких цветоножках, собраны в кисти, закладывающиеся в листовых пазухах. Прицветники шиловидные. Чашечка неравномерно зубчатая. Венчик бело-розовый. Андроцей однобратственный, 10 тычиночный, сросшийся почти до коричневых пыльников (рис. 8 а). Рыльце 0,5 мм в диаметре, головчатое, сверху приплюсненное. Среди изучаемых образцов различий по окраске цветков не наблюдалось, все были бело-розовыми, хотя из лите-

ратурных данных у отдельных сортов известны белые цветки (Pathak, 2015).

Длина оси соцветия у образцов варьирует от 3 до 20 см (индийский образец к-52867), наиболее обычна длина 4–6 см. У высоких одностебельных растений соцветия максимальной длины, однако и у ветвистых растений бывают длинные цветоносы ('Surti' к-52891). На удлинённых кистях цветки закладываются разреженно (рис. 8 б), на коротких – кучно (рис. 8 в).

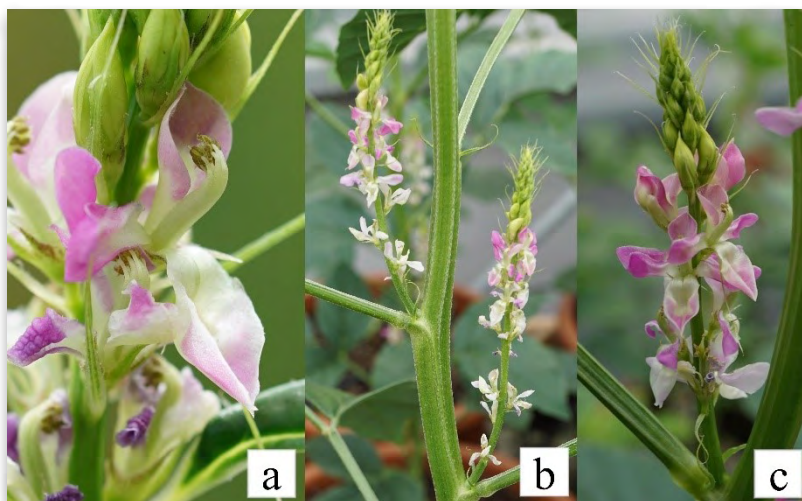


Рис. 8. Цветок и соцветие: а) открытый цветок; б) кисти удлинённые; в) кисти короткие

Fig. 8. Flower and raceme: a) open flower; b) long racemes; c) short racemes



Цветение, опыты по проведению скрещиваний. Лепестки у молодых бутонов белые, у зрелых – розовые. Цветки раскрываются на 1 день. Распускание цветка сопровождается плавным выходом тычиночно-пестичной колонки. Увядание – изменением его цвета до бело-сиреневого (рис. 8b). В условиях теплицы, в отсутствии опылителей, не все цветки в длинных соцветиях формировали бобы. У ряда образцов наблюдалось образование лишь единичных бобов (рис. 9b).

Гуар – строгий самоопылитель (автогамия либо клейстогамия). Это обстоятельство осложняет его гибридизацию. Степень перекрёстного опыления насекомыми не превышает 9% (Chaudhary, Singh, 1986). Нами проводились опыты по искусственному скрещиванию двух линий гуара по методу B.S. Chaudhary (Chaudhary et al., 1974). При проведении кастрации пыльников в бутонах с высокой частотой травмировалось рыльце и нежные ткани пестичной колонки. По литературным данным, процент успешных скрещиваний составля-

ет менее 8% (Chaudhary et al., 1974). В результате, в 2017 году было получено 2 гибридных боба с двумя семенами в каждом. Однако полноценных растений из семян получить не удалось, всходы погибли на стадии проростков.

Признаки боба. Бобы гуара (рис. 1, 9) у всех форм и сортов вверх стоящие, значительно варьирующие по длине, окраске, форме и опушённости. Характерным сортовым и внутривидовым признаком растения являются длина и форма столбика. Более короткие бобы (2–5 см) с коротким столбиком 1–2 мм присущи низкорослым образцам из США (рис. 9a), бобы с удлинённым столбиком с крючком на конце характерны для овощного гуара (рис. 9b, 10b). Подавляющее большинство индийских и пакистанских образцов коллекции обладают бобами средней длины (5–7 см) с прямым столбиком 2–4 мм. Бобы могут иметь сильную, среднюю или слабую степень изогнутости в зависимости от образца (рис. 10a, c).



Рис. 9. Бобы на растениях в теплице (масштаб различный): а) зерновой гуар; б) овощной гуар

Fig. 9. Pods in greenhouse (different scale of images): a) grain guar; b) vegetable guar

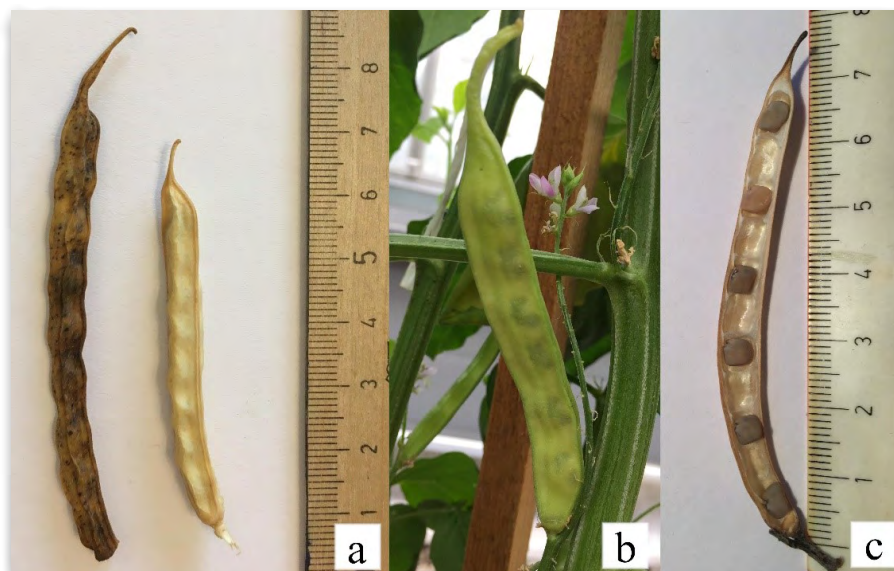


Рис. 10. Бобы гуара: а) овощной (слева) и зерновой; б) боб овощного гуара в теплице; в) внутренний вид боба

Fig. 10. Guar pods: a) vegetable (left) and grain. b) vegetable guar pod in a greenhouse; c) inner view of the pod

Овощные сорта гуара выделяются своими длинными бобами (8–13 см) и длинным, крючковатым на конце столбиком (рис. 9b, 10b). Основные признаки, по которым образцы коллекции были отнесены к овощной группе, – неопушённый (или с наличием единичных трихом) и удлинённый боб с широкими (или обычными) створками.

Обнаружены значительные различия по количеству соцветий на растениях и количеству бобов в соцветиях. По признакам облиственности и количества соцветий на растении изучаемые образцы были условно подразделены на кормовые и зерновые. В группу зерновых попали образцы США ('Kinman', 'Lewis', 'Santa Cruz') и выделившиеся по семенной продуктивности индийские образцы и сорта российской селекции, в группу кормовых – многие образцы Индии, Пакистана (таблица 2).

Некоторые мощные хорошо облиственные растения выделились также и по количеству бобов на растении и могут быть отнесены к сортам комплексного, зернокармального использования. Среди образцов коллекции максимальные цветности наблюдались у самых высокорослых одно-

стебельных образцов, например, к-52892 (18 см и более). Количество бобов на соцветии варьировало от 3 до 16.

Створки зрелого боба чаще песочного цвета, у зрелых бобов овощных сортов иногда бурые и чёрные (рис. 11).

Признаки семени. Размер семени у гуара в среднем 4–5 мм в диаметре. Семена образцов зернового и кормового типов Индии среднего или мелкого (3–4 мм) размера, округлой формы, серого или тёмно-оливкового цвета, с тёмным пятном в районе рубчика (рис. 12c). Семена американских низкорослых сортов также округлые, с тёмной полосой в районе рубчика (рис. 12b). Образцам с золотисто-бежевой окраской семенной кожуры из Пакистана и Индии присуща угловатая или гранистая форма (рис. 12d). Семена образцов овощного направления из крупных гладких бобов крупнее, 5–6 мм в диаметре, уплощённой формы, грязно-белого или розовато-желтоватого цвета, иногда с фиолетовым пятном в области рубчика или почти чёрные (рис. 12a).

Масса 1000 семян у образцов коллекции колебалась от 20,5 г до 44,5 г. Более крупными по раз-



меру чаще являются семена образцов овощного типа из крупных и более плоских бобов. Свежие семена, после уборки имевшие тёмно-оливковый цвет, через несколько месяцев хранения светле-ли до серого. Старые семена исходного жёлто-го цвета, хранящиеся в коллекции более 35 лет,

приобрели терракотовый оттенок. На поверхно-сти семенной кожуры иногда наблюдается воско-ватая пятнистость.

Упомянутые характеристики семенн служат чётким признаком для описания и распозна-вания сортов гуара.



Рис. 11. Разнообразие соцветий по длине и окраске осей и бобов, правое – типичное

Fig. 11. Inflorescence length and color diversity, the right one is typical



Рис. 12. Семена: а) индийского овощного гуара; б) зернового гуара США; с) индийского кормового гуара; д) пакистанского зернового гуара

Fig. 12. Seeds: a) Indian vegetable guar; b) grain guar, USA (larger scale); c) Indian grain guar; d) Pakistani grain guar



Рис. 13. Корневая система гуара в условиях теплицы

Fig. 13. Guar root system in a greenhouse

Корневая система растений, растущих в горшках в условиях теплицы, неглубоко проникала в грунт. Средняя длина главного корня составила около 12 см (рис. 13). Это противоречит устоявшемуся утверждению о глубоко проникающей в почву корневой системе гуара. Возможно, такая корневая система развивается в условиях пустыни. Обильное присутствие боковых корней говорит о том, что однолетние растения приспособлены к короткому вегетационному периоду пустынь. Клубеньков отмечено не было.

Количественным и качественным градациям упомянутых морфологических признаков, описанным в теплице, были присвоены индексы от 1 до 9, использованные в дальнейшем для составления таблицы по методике оценки на ОСС (отличимость, оригинальность и стабильность) и Анкеты сорта для Госсортокмиссии (Test Guidelines ..., 2017).

При длительной народной селекции культурных растений формируются внутривидовые группы (разновидности, формы) с дивергентными признаками. *C. tetragonoloba* является наглядным

примером подобной внутривидовой диверсификации. Среди его индийских сортов сформировались морфотипы в зависимости от назначения растений. Изначально на северо-западе Индии и в Восточном Пакистане, в районе пустыни Тар, гуар выращивался в период муссонных дождей и использовался главным образом как сидератная и фуражная культура. Очевидно, фермерская селекция в Индии проводилась как в сторону увеличения зелёной массы, кустистости и высоты растений, возделываемых на зелёную массу и зерно, так и в сторону увеличения размеров зелёных бобов, используемых в пищу. При этом селекция больше затронула группу овощных сортов, отобрав рецессивные признаки крупноплодности и голоплодности. При изучении коллекции гуара в условиях закрытого грунта прослеживалась дифференциация образцов в зависимости от предполагаемого типа использования. Определены основные и сопутствующие признаки, аккумулярованные у групп образцов и сортов гуара по типу использования (табл. 1).



Таблица 1. Морфологические признаки образцов гуара разного типа использования
Table 1. Morphological traits of guar accessions of different utilization types

Признак/ trait	Кормовая группа/ Forage group	Зерновая группа/ Grain group	Овощная группа/ Vegetable group
Ветвление	равномерно ветвящиеся	все типы ветвления	неветвящиеся, равномерно ветвящиеся
Листья	опушённые	опушённые и голые	голые и слабоопушённые
Бобы	среднего размера, округлые в сечении, опушенные	среднего размера, округлые в сечении, опушённые и голые	удлинённые голые, чаще уплощённые в сечении и широкие, с длинным столбиком с выраженным крючком
Семена	округлые	округлые и гранистые	округлые и гранистые, сплюснутые
Происхождение	Индия, Пакистан	Индия, Пакистан, США	Индия, Австралия



Рис. 14. Высокослые образцы овощного гуара

Fig. 14. Tall accessions of vegetable guar

На основании совокупности морфологических признаков у культигена нами выделены следующие группы, а также сортотипы.

Овощная группа

Прежде всего, по своему габитусу выделяется группа образцов и сортов овощного типа (табл. 2). Группа сортов овощного типа использования представлена преимущественно

неопушёнными растениями с голыми, чаще удлинёнными бобами. Листовые пластинки чаще голые, овальной формы, светло-зелёные тонкие или тёмно-зелёные, плотные, гладкие, блестящие, но встречаются и матовые, с мягким бархатистым опушением, с единичными волосками. Бобы крупные, широкие, удлинённые (8–13 см), несколько сплюснутые, чаще с широкими створками, с длинным крючковатым на конце стол-



биком 6–10 мм (рис. 9b, 10b). Ширина и длина боба, длина и форма столбика и размер крючочка варьируют. Семена неправильной гранистой формы, сплюснутые, от средних до крупных по размеру, телесного либо бело-серого цвета, иногда с наличием пятен фиолетового оттенка в районе рубчика (рис. 12a). Семена, формирующиеся в крупных бобах, несколько крупнее семян гуа-

ра зернокармального назначения, формирующихся в бобах средней длины. Потемнение семян вследствие влажных условий в период созревания может придавать бурую и чёрную окраску их коже.

Наиболее высокорослые растения овощных образцов в коллекции (к-52891, к-52904) обладают удлинёнными соцветиями.

Таблица 2. Морфологические признаки индийских образцов гуара овощного направления коллекции ВИР

Table 2. Morphological traits of vegetable guar accessions from India in the VIR collection

№ каталога ВИР/ VIR catalogue No.	Название/ Name	Тип ветвления, высота/ Branching type, height	Листья/ Leaves	Бобы/ Pods
52855	без названия	слабоветвистое, полегает, h 75 см	голые, зелёные, край пильчатый	голые, удлинённые (более 8 см), столбик 7–8 мм, крючочек типичный
52857	без названия	слабоветвистое, h 85 см	слабо опушены, тёмно-зелёные	голые, удлинённые (более 8 см), столбик 7–8 мм, крючочек типичный
52858	без названия	слабоветвистое, h 80 см	голые, зелёные	голые, удлинённые (более 8 см), столбик 7–8 мм, крючочек типичный
52860	‘Pusa Sadabahar’	слабоветвистое, h 70 см	голые и опушённые, зелёные	голые, средней длины (6–7 см), столбик 7–8 мм, крючочек типичный
52863	без названия	ветвистое, h 75 см	голые и опушённые, зелёные	голые, средней длины (6–7 см), столбик 10 мм, крючочек типичный
52870	‘S.160-1’	однотельное, h 110 см	мягко опушённые тёмно-зелёные	мягко опушённые, удлинённые (12 см), столбик 5 мм, крючочек типичный
52885	без названия	слабоветвистое, h 75 см	голые и опушённые, зелёные	голые, средней длины (6–7 см), столбик и крючочек типичные
52886	‘Pusa Mausmi’	однотельное, h 85 см	голые, зелёные	голые, средней длины (5–7 см), столбик и крючочек типичные
52888	‘Pusa Sadabahar’	однотельное, h 85 см	голые и опушённые, светло-зелёные	голые, удлинённые (12 см), столбик и крючочек типичные
52891	‘Surti var.43’	слабоветвистое, h 140 см	голые, зелёные	голые, удлинённые (9 см), столбик 8 мм с выраженным крючочком, соцветие 15 см
52892	‘Pardeshi’	однотельное, h 120 см	опушённые, тёмно-зелёные	голые, широкие, удлинённые (10 см), столбик и крючочек типичные
52894	‘S 298/25’	ветвистое, раскидистое, h 90 см	голые, ярко-зелёные	голые, средней длины (5–7 см), столбик длинный 8 мм, крючочек типичный
52904	‘8926’	однотельное, h 160 см	слабо опушены, тёмно-зелёные	голые, широкие, удлинённые (9 см), столбик длинный 8 мм с выраженным крючочком, соцветие 15 см



№ каталога ВИР/ VIR catalogue No.	Название/ Name	Тип ветвления, высота/ Branching type, height	Листья/ Leaves	Бобы/ Pods
52924	без названия	слабоветвистое, h 80 см	голые, край пильчатый светло-зелёные	голые, средней длины (5–7 см), столбик длинный 8–10 мм, крючок типичный
52930	‘Pusa Sadabahar’	однотельное, h 75 см	голые и опушённые, светло-зелёные	голые, удлинённые (8 см), столбик и крючок типичные
52943	без названия	однотельное, h 110 см	голые, тёмно- зелёные, край пильчатый	голые, широкие, удлинённые (8 см), столбик длинный 10 мм с выраженным крючком
52944	без названия	слабоветвистое, h 120 см	слабо опушены, тёмно-зелёные	голые широкие удлинённые (8–10 см), столбик и крючок типичные
52779	‘Hybreed’	однотельное, h 140 см	голые, глянцевые, тёмно-зелёные край пильчатый	голые удлинённые (9–13 см) столбик 8 мм, прямой, без крючка

Самый распространённый в Индии овощной сорт ‘Pusa Sadabahar’ представлен в коллекции ВИР несколькими образцами из разных районов Индии. ‘Pusa Sadabahar’ – наиболее известный в Индии урожайный овощной сорт. При испытании 50 образцов разного происхождения, данный сорт выделился по урожайности бобов и семян (Balakumbahan et al., 2020), при испытании 31 генотипа овощных образцов в штате Карнатака ‘Pusa Sadabahar’ также был среди наилучших образцов (Rai et al., 2012). В закрытом грунте образцы этого сорта из коллекции демонстрировали невыравненность по морфологическим признакам. Характеристики образцов овощного типа коллекции приведены в таблице 2. При составлении таблицы, критериями включения в группу овощных образцов являлись размеры боба, столбика и отсутствие опушения боба. Также характерным признаком овощной группы является некоторая уплощённость бобов и семян овощного гуара. Указание на широкие бобы в таблице присутствует для образцов с шириной створок более 8 мм. Типичные размеры столбика для всех образцов гуара от 3 до 6 мм длиной, крючок 1 мм. Пильчатый край листочка указан, где он присутствует, в остальных

вариантах край листочка ровный. Выраженный крючок столбика подразумевает его крупный размер, более 1 мм.

В Индии овощной гуар называется *Pardeshi* (Wong, Parmar, 1997). S.L. Kochhar (Kochhar, 1989) описывает две расы у гуара, карликовую овощную и гигантскую кормовую. В коллекции ВИР такие расы присутствуют (рис. 3), но большинство образцов овощного типа в коллекции ВИР представлено сортами высоких растений.

Австралийская гладколистная овощная группа (морфотип)

Гуар на австралийский континент был завезён из США. В коллекции ВИР представлено 6 однотипных по габитусу образцов неясного статуса. Они были получены в ВИР через Академию наук Туркменистана, где изучались в Ботаническом саду Ашхабада.

У данных образцов имеются морфологические особенности, на основании которых они могут быть выделены в отдельную группу. Растения с крупными листьями и толстыми стеблями, маловетвистого типа, средней высоты. Стебель голый, толстый, ребристый, полый и уплощённый в сечении, мягкий, легко гнущийся и надламывающийся. Расте-



ние склонно к полеганию, имеет стелющуюся и приподнимающуюся форму куста. Листья большие, округлые, светло-зелёные. Листовые пластиночки очень тонкие и нежные, абсолютно лишённые волосков, их поверхность неровная, бугристая, как бы сжатая между жилками. Бобы средние и удлинённые (4–9 мм) слегка изогнутые с выраженным продольным ребром вдоль створки боба и более чем 5 мм столбиком. Спелые бобы светлые, молочного цвета, голые, столбик с маленьким крючочком. Семена неправильно-гранистой формы, сплюснутые, телесного цвета, средние по размеру. Представленные в коллекции образцы австралийского происхождения тяготеют к южноиндийской овощной группе. По фенотипу они схожи с индийскими образцами к-52855 и к-52858 со светло-зелёными, крупными, нежными листьями. Таким образом, в данной группе образцов сосредоточились рецессивные признаки растений (отсутствие опушения, слабое развитие механических тканей). Естественно, в Австралию (в генбанке страны имеется коллекция гуара) как вторичный очаг возделывания культуры, могли быть завезены растения гуара иного габитуса, и набор образцов коллекции ВИР, возможно, нерепрезентативен по отношению ко всему генофонду гуара Австралии.

Аридная зернокормовая группа

Наиболее многочисленная группа сортов кормового и зернового направления с опушёнными бобами и листьями. В Индии гуар, растущий в условиях муссонных осадков на засушливом северо-западе страны, выращиваемый ради зерна, называется *Deshi*, а выращиваемые на зеленую массу высокорослые местные образцы называются *Sotiagovar* (Wong, Parmar, 1997). Большинство местных образцов и селекционных сортов совмещают оба типа использования и достаточно близки по фенотипу, поэтому могут рассматриваться

как единая группа зернокормового индийского и пакистанского гуара. Группа зернокормового аридного гуара преобладает по численности образцов в коллекции ВИР.

Листовые пластиночки зернокормового гуара дельтовидной формы, опушены с обеих сторон, особенно с нижней стороны листа. За счет обильного опушения листья приобретают серо-зелёный цвет. Край листовых пластинок с мелкими редкими зубчиками или без них. Стебель ребристый, очень прочный, в сечении неправильной овальной формы, полый, покрыт многочисленными колючими на ощупь волосками. Бобы средней длины (4–7 см), слегка изогнутые, с прочными твердыми створками, покрытыми мелкими трихомами (плоды колючие на ощупь). Столбик от 3 до 6 мм длиной. Семена округлой формы, от серого, светлого или тёмно-оливкового до тёмно-бурого цвета, средние и мелкие по размеру (рис. 12с). Область около рубчика часто с пигментацией.

Сорта кормового направления крупные, высокие, с большими опушёнными листьями и стеблями. Они, как правило, ветвистые, с разной степенью ветвления, некоторые образцы с мощными боковыми побегами 3–5 порядка. Такой гуар выращивается в Индии в период муссонных дождей с июня-июля по октябрь и называется «rainfed» гуар. Кормовой гуар представлен в коллекции сортами и местными образцами и, возможно, наиболее близок к предковым формам растений дикого типа. Для кормового использования и как сидерат могут быть предложены к использованию обильно ветвящиеся образцы коллекции с крупными многочисленными листьями.

Растения, используемые на зерно, могут быть как одностебельными или слабоветвящимися, так и ветвистыми. Критерием для отбора образцов в группу зернового гуара послужило большое количество завязываемых плодов и характерный, среднего размера, с крепкими створками, округлый в сечении боб. Высокую



завязываемость бобов и семенную продуктивность в теплицах проявили некоторые известные индийские, американские и поступившие в последнее время российские сорта. Выскажем предположение, что гуар, используемый на зерно, вторичен по отношению к кормовому. Цель отбора по высокой семенной продуктивности перед селекционерами была

поставлена позже, когда культура приобрела международное значение в качестве источника гуаровой камеди. Селекционная работа с гуаром в Индии ведётся несколько десятилетий, в коллекцию ВИР наряду с местными образцами поступали сорта и селекционные линии под номерами; местные образцы (без названия) в коллекции преобладают.

Таблица 3. Зерновые и кормовые образцы гуара коллекции ВИР

Table 3. Grain and forage guar accessions in the VIR collection

№ каталога ВИР/ VIR catalogue No.	Название/ Name	Происхождение/ Origin	Тип использования/ Type of use
52887	'GC 41' ¹	Индия	зерновой
52908	'9929/РЗ' ¹	Индия	зерновой
52912	'9065 (SONA) ¹	Индия	зерновой
52572	'Вавиловский 130'	Россия	зерновой
52573	'Кубанский'	Россия	зерновой
52574	'Вектор'	Россия	зерновой
52575	'Синус'	Россия	зерновой
52584	'Santa-Cruz'	США	зерновой
52585	'Kinman'	США	зерновой
52586	'Lewis'	США	зерновой
52890	'Sotia GC 40' ¹	Индия	кормовой
52895	без названия	Индия	кормовой
52940	'FS 277' ²	Индия	кормовой
52945	'Tharparkon'	Пакистан	кормовой
52581	без названия	Россия	кормовой
52588	без названия	Россия	кормовой

¹ литературные данные (Pathak, 2015)

² литературные данные (Bobylev, 1984)

Образцы, которые можно рекомендовать для кормового и семенного типов использования, приведены в таблице 3. Сорт 'FS-277' введён в список кормовых образцов гуара также и по литературным данным (Bobylev, 1984; Jitender et al., 2014); по некоторым изучаемым сортам также имеется подтверждение их типа использования (Pathak, 2015). Естественно, что в условиях закрытого грунта оценка образцов по семенной и тем более кормовой продуктивности культуры открытого грунта носит предварительный характер, поэтому требуется изучение потенциально продуктивных сортов в полевых условиях в возможных регионах воз-

делывания гуара на юге России.

Образец к-52945, происходящий из пакистанского региона Tharparkon, в условиях закрытого грунта выделился своим гигантизмом – это ветвистые растения с хорошей олиственностью, высотой 140 см. Культура с древности использовалась в Пакистане как кормовая. Часть исторически исходного ареала культивирования гуара расположена в Пакистане в провинции Синдх на границе с Индией, где он выращивается с июля по октябрь как «rainfed» гуар. Генофонд гуара в Пакистане достаточно разнообразен, имеются образцы одностебельные и ветвистые. Для Пакистана



неизвестны сорта овощного типа использования. Все пакистанские образцы относятся к группе зернокарманных (Sultan et al., 2012; Azeem Ur Rahman Khalid Muhammad et al, 2017).

После поступления в коллекцию ВИР в 2014 г. слабоветвистого образца из Пакистана к-52569 с жёлтыми крупными семенами гранистой формы, селекционная работа с гуаром в ВИР велась в основном с линиями этого образца. Судя по описанию сортов из Пакистана, данный образец гуара близок по фенотипу к пакистанскому сорту '90' (Shakir et al., 2020). На основе данного желтосемянного образца в ВИР выведены сорта 'Кубанский' к-52573, 'ВИР-1', 'Находка' (Vinogradov et al., 2019a, 2019b). Итак, в пакистанской группе образцов коллекции логично выделить **желтозерный морфотип** с гранистыми по форме семенами.

Образцы из Пакистана, несмотря на существование отдельных пулов образцов в Индии и Пакистане, также относятся к аридной зернокармальной группе, как и индийские. В отличие от индийских и пакистанских сортов, зерновые сорта американской селекции лишены опушения и низкорослые и не могут быть включены в аридную зернокармальную группу.

Американская низкорослая зерновая группа (сортотип)

В коллекции ВИР имеется группа компактных зерновых сортов с комплексом рецессивных признаков, выведенных на основе ввезённого из Индии в США материала. Американские образцы представлены двумя близкими морфотипами. К первому морфотипу относятся ветвистые сорта 'Brooks', 'Kinman', ко второму морфотипу сорта с базальным ветвлением 'Lewis' и 'Santa-Cruz'. Растения невысокие (максимум 70 см в теплице), стебель голый, с укороченными междоузлиями. Листовые пластинки относительно небольшие, голые, заостренно-яйцевидной формы, насыщенного зелёного цвета, довольно плотные, край

листовых пластинок зубчатый. Бобы малой и средней длины (3–5 см), с коротким 2–4 мм столбиком, голые, светло-коричневые. Семена округлой формы, от бежевого до тёмно-оливкового (после уборки) цвета, средние и мелкие по размеру, масса 1000 зерен в среднем среди трех сортов 30,5 г. Имеется пигментированная полоса по периметру семени, идущая к рубчику.

Американские низкорослые сорта отличаются отсутствием фоточувствительности, засухоустойчивостью и коротким вегетационным периодом (Undersander et al., 1991). Компактная форма куста обеспечивает скороспелость в более высоких широтах. Так, американские сорта хорошо проявили себя в Италии (Sortino, Gresta, 2007). В условиях закрытого грунта и длинного дня на НПБ «Пушкинские и Павловские лаборатории ВИР» в 2017–2019 гг. растения сортов 'Kinman', 'Santa-Cruz', 'Lewis' в июне зацветали первыми из всех образцов коллекции, уверенно демонстрируя отсутствие фоточувствительности (Terlyakova et al., 2019). Сорт российской селекции 'Каспиец' (Dzyubenko, Miroshnichenko, 2019) относится к данной группе сортотипов. В американском низкорослом сортотипе сконцентрированы рецессивные признаки культуры: отсутствие опушения, компактность растения, нечувствительность к длине дня.

В многочисленных индийских и более редких пакистанских публикациях по генетической дифференциации гуара прослеживается связь кластеров, в которые группируются образцы с близкими морфологическими признаками, со сходным районом происхождения, но чаще таковой связи вовсе не обнаруживается (Morris, 2010; Pathak et al., 2009; Sultan et al., 2012 и др.). Следует отметить, что полевые агробиологические исследования образцов гуара из разных районов страны и выстраиваемые на их основе модели распределения образцов (кластеризация) строятся в основном на признаках



продуктивности растений без учёта их морфологии. Работы по исследованию разнообразия гуара из разных селекционных учреждений на основе молекулярных методов зачастую выявляют близость сортов и линий, обусловленную вовлеченностью в селекционный процесс их родительских форм, что в значительной степени маскирует карту оригинального происхождения образцов (Punia et al., 2009; Pathak et al., 2010; Sultan et al., 2013; Manivannan et al., 2015; Kumar et al., 2017). В случае оценки староместных образцов с дальнейшей кластеризацией образцов по генетическому родству, напротив, подтвердилось соответствие кластеров их географическому происхождению (Aswathnarayana Nagesh Kuravadi et al., 2013).

В аридных и семиаридных районах северных индийских штатов Раджастан, Харьяна, Гуджарат, Пенджаб, Уттар-Прадеш и Матха-Прадеш гуар культивируют на зерно для получения камеди, на корм скоту и как сидерат (Pathak et al., 2010, Kumar et al., 2014). Максимальный объем гуара в Индии возделывается на засушливом северо-западе как культура второго плана. Древнее название гуара – «gowar» означает еду для коровы (Whistler, Hymowitz, 1979), то есть изначально гуар использовался как кормовое растение с признаками дикого типа, т.е. наличие опушения, ветвистости и некрупных бобов. Очевидно, первичной в генофонде гуара была группа зернокармального типа, культивируемая на юго-востоке Пакистана и северо-западе Индии (по периметру пустыни Тар) в период муссонов с июля по октябрь («rainfed guar»).

Вероятно, овощной гуар является вторичным по отношению к зернокармальной группе. В настоящее время индийскими селекционерами ведется целенаправленная работа по улучшению урожайных и устойчивых к болезням сортов овощного гуара. В Индии овощной гуар выращивают на поливе в «летние» месяцы, начиная с марта на севере страны и с февраля на юге. На юге страны в штате Карнатака

для получения молодых нежных бобов гуар выращивается круглогодично (Kumar et al., 2017). Таким образом, в генофонде гуара возникли растения не только разные по фенотипу, но и по адаптивности к разным условиям выращивания и к разной длине дня. У строгого самоопылителя, каковым является циамописис четырёхкрыльничковый, рецессивные признаки легко закрепляются путём индивидуального отбора.

Выводы

При изучении образцов гуара коллекции ВИР, линий и сортов в условиях закрытого грунта была исследована изменчивость морфологических признаков. Благодаря выявлению диапазона варьирования ключевых признаков растений составлена методика оценки сортов гуара на ООС (отличимость, однородность, стабильность) для Государственной комиссии по испытанию и охране селекционных достижений (Guidelines ..., 2017). Принятие методики фактически открыло путь для регистрации сортов гуара в России. С 2018 по 2021 год в Госреестре зарегистрировано десять новых сортов этой пока мало распространённой культуры, из них шесть сортов – результат селекции ВИР (State Register ..., 2021).

У *C. tetragonoloba* в условиях закрытого грунта выявлен внутривидовой полиморфизм. На основании группирования образцов в основном по признакам боба выделены овощная и зернокармальная внутривидовые линии. Хорошо выделяются сформировавшиеся в результате отбора группы сортов (сортоотипы): американский низкорослый зерновой, пакистанский желтозерный и австралийский овощной, со своеобразной комбинацией рецессивных признаков.

Единственная в России коллекция гуара ВИР по количеству образцов уступает только коллекциям Индии, США и Пакистана. В ней представлено широкое морфологическое разнообразие, в достаточной мере отражающее полиморфизм



мирового генофонда этой культуры. **V**

Благодарности/Acknowledgments

Работа выполнена в рамках государственного задания по проекту № 0662-2019-0005 «Раскрытие потенциала и разработка стратегии рационального использования генетического разнообразия ресурсов кормовых культурных растений и их диких родичей, сохраняемого в семенных и гербарных коллекциях ВИР». **V**

The work was carried out in the framework of the State Assignment on the Project No.0662-2019-0005 “Unlocking the potential and developing a strategy for the rational use of the genetic diversity resources of forage crops and their wild relatives, conserved in the seed and herbarium collections of VIR”. **V**

References/Литература

- Anderson E. Endosperm mucilages of legumes. *Indian English Chemistry*. 1949;41:2887-2890. DOI: 10.1021/ie50480a056
- Aswathnarayana Nagesh Kuravadi, Tiwari P., Choudhary M., Tripathi S., Dhugga K., Gill K., Randhawa G. S. Genetic diversity of cluster bean (*Cyamopsis tetragonoloba* (L.) Taub.) landraces using RAPD and ISSR markers. *International Journal of Advanced Biotechnology and Research*. 2013;4(4):460-471.
- Azeem Ur Rahman Khalid Muhammad, Hussain Akhtar Lal, Minhas Rashid, Jahan Bukhari Shah, Zubair Muhammad, Ahsan Iqbal Muhammad. Screening of guar accessions [*Cyamopsis tetragonoloba* (L.) Taub.] for higher yield potential under irrigated conditions. *African Journal of Agricultural Research*. 2017;12(37):2788-2794. DOI: 10.5897/AJAR2017.12498
- Balakumbahan R., Prabukumar G., Sivakumar V. The Evaluation of Cluster Bean (*Cyamopsis tetragonoloba* (L.) Taub) Genotypes for Fruit and Gum Yield. *European Journal of Agriculture and Food Sciences*. 2020;2(5):1-4. DOI: 10.24018/efood.2020.2.5.126
- Bhatt R.K., Jukanti A.K., Roy M.M. Cluster bean [*Cyamopsis tetragonoloba* (L.) Taub.], an important industrial arid legume: a review. *Legume Research*. 2017;40(2):207-214. DOI: 10.18805/lr.voiOF.11188
- Bobylev V.S. Tropical fodder production. (Tropicheskoye kormoproizvodstvo) Moscow: Kolos; 1984. [in Russian] (Бобылев В.С. Тропическое кормопроизводство. Москва: Колос; 1984.)
- Chaudhary B.S., Singh V. P. Extent of outcrossing in guar [*Cyamopsis tetragonoloba* (L.) Taub.]. *Genetica Agraria*. 1986;34:59-62.
- Chaudhary B.S., Paroda R.S., Solanki K.R. A new crossing technique in cluster bean *Cyamopsis tetragonoloba* (L.) Taub. *Current Science*. 1974;43:456-459.
- Chevalier A. Recherches sur les especes du genre *Cyamopsis* plantes fourrageres pour les pays tropicaux et semi arides. *Revue de Botanique Appliquee et d'Agriculture Tropicale*. 1939;19:242-249. [in French].
- Cyamopsis tetragonoloba* (L.) Taub. WFO: World Flora Online. URL: <http://www.worldfloraonline.org/taxon/wfo-0000189996> [accessed 20 January, 2021].
- Cyamopsis tetragonoloba*. JSTOR Global Plants: [database]. URL:

https://plants.jstor.org/search?filter=name&so=ps_group_by_genus_species+asc&Query=Cyamopsis+tetragonoloba [accessed January 11, 2020].

- Dorofeyev V.I., Dubenskaja G.I., Yakovlev G.P. Botanical Illustrated Dictionary. St. Petersburg; 2019. [in Russian] (Дорофеев В.И., Дубенская Г.И., Яковлев Г.П. Ботанический иллюстрированный словарь. Санкт-Петербург; 2019).
- Dzyubenko E.A., Miroshnichenko E.V. Guar (*Cyamopsis tetragonoloba* (L.) Taub.). Cultivar Kaspiets. Russian Federation; breeding achievement patent number: 10654; 2019. [in Russian] (Дзюбенко Е.А, Мирошниченко Е.В. Гуар (*Cyamopsis tetragonoloba* (L.) Taub.). Сорт Каспиец. Российская Федерация; патент на селекционное достижение № 10654; 2019).
- Dzyubenko N.I., Dzyubenko E.A., Potokina E.K, Bulintsev S.V. Clusterbeans *Cyamopsis tetragonoloba* (L.) Taub. – properties, use, plant genetic resources and expected introduction in Russia (review). *Agricultural Biology*. 2017;52(6):1116-1128. DOI: 10.15389/agrobiol.2017.6.1116rus
- Dzyubenko E.A., Dzyubenko N.I. A new trait of a determinant stem growth in cluster beans (*Cyamopsis tetragonoloba* (L.) Taub.) (Novyi priznak determinantnosti steblya guara (*Cyamopsis tetragonoloba* (L.) Taub.). In: N.I. Vavilov's Ideas In The Modern World. IV Vavilov International Conference. Abstracts. 2017 November 20-24; St. Petersburg. St. Petersburg: VIR; 2017. p.118. [in Russian] (Дзюбенко Е.А., Дзюбенко Н.И. Новый признак детерминантности стебля гуара *Cyamopsis tetragonoloba* (L.) Taub. В кн.: Идеи Н.И. Вавилова в современном мире: тезисы докладов IV Вавиловской международной конференции. Санкт-Петербург, 20-24 ноября 2017. Санкт-Петербург : ВИР; 2017. С.118.)
- Falasca S.L., Miranda C., Pitta-Alvarez C. Modeling an agroclimatic zoning methodology to determine the potential growing areas for *Cyamopsis tetragonoloba* (cluster bean) in Argentina. *Advances in Applied Agricultural Science*. 2015;3(1):23-39.
- Gillett J.B. Indigofera (Microcharis) in tropical Africa: with the related genera *Cyamopsis* and *Rhynchotropsis*. *Kew Bulletin Additional Series*. 1958;1:1-166.
- Guidelines for DUS (distinctness, uniformity, stability) testing of *Cyamopsis tetragonoloba* (L.) Taub.) (Metodika provedeniya ispytaniy na otlychymost, odnorodnost, stabilnost (OOS) po guaru *Cyamopsis tetragonoloba* (L.) Taub.). Developed by N.I. Vavilov All-Russian Institute of Plant Genetic Resources (VIR). *Official Newsletter of the State Commission of the Russian Federation for Selection Achievements Test and Protection*. 2017;10(230):686-694. [in Russian] (Методика проведения испытаний на ООС (отличимость, однородность, стабильность) по гуару *Cyamopsis tetragonoloba* (L.) Taub. Разработана ФГБНУ «ФИЦ Институт генетических ресурсов растений им. Н.И. Вавилова». *Официальный бюллетень ФГБУ «Государственная комиссии Российской Федерации по испытанию и охране селекционных достижений»*. 2017;10 (230):686-694.)
- Hymowitz T. The Trans-Domestication Concept as Applied to Guar. *Economic Botany*. 1972;26(1):49-60.
- Jitender S.K. Pahuja, Naresh Verma, Nabin Bhusal. Genetic variability and heritability for seed yield and water use efficiency related characters in cluster bean [*Cyamopsis tetragonoloba* (L.) Taub.]. *Forage Research*. 2014;39:170-174.
- Kochhar S.L. Tropical Crops: A Textbook of Economic Botany. (The Macmillan International college edition). London: Scholium International Publisher; 1989.
- Kumar V., Ram R.B., Rajvanshi S.K., Singh O. Genetic Divergence in Genotypes of Cluster Bean [*Cyamopsis tetragonoloba* (L.) Taub.] Under Lucknow Province. *International Journal of Pure Applied Bioscience*. 2017;5(2):72-76. DOI: 10.18782/2320-7051.2820
- Kumar V., Ram R.B., Ram Kumar Yadav. Genetic Diversity in Cluster Bean [*Cyamopsis tetragonoloba* (L.) Taub.] for Morphological Characters. *Indian Journal of Science and Technology*. 2014;7(8):1144-1148. DOI: 10.17485/ijst/2014/v7i8.17



- Ladinsky G. Seed dispersal in relation to domestication of Middle East legumes. *Economic Botany*. 1979;33:284-289. DOI: 10.1007/BF02858256
- Manivannan A., Anandakumar C., Ushakumri R., Dahiya G. Genetic diversity of guar genotypes (*Cyamopsis tetragonoloba* (L.) Taub.) based on their agro-morphological traits. *Bangladesh Journal of Botany*. 2015;44(1):59-65.
- Morris J.B. Morphological and reproductive characterization of guar (*Cyamopsis tetragonoloba*) genetic resources regenerated in Georgia, USA. *Genetic Resources Crop Evolution*. 2010;57(7):985-993. DOI: 10.1007/s10722-010-9538-8
- Mudgil D., Barak S., Khatkar B.S. Guar gum: processing, properties and food applications – a review. *Journal of Food Science and Technology*. 2014;51(3):409-418. DOI: 10.1007/s13197-011-0522-x
- Muradov K.M. Experience of introduction of *Cyamopsis tetragonoloba* (L.) Taub. in the south of Turkmenistan. *Plant Resources*. 1973;9(4):516-523. [In Russian] (Мурадов К.М. Опыт интродукции *Cyamopsis tetragonoloba* (L.) Taub. на юге Туркмении. *Растительные ресурсы*. 1973;9(4):516-523).
- Pathak R. Clusterbean: Physiology, Genetics and Cultivation, Singapore: Springer; 2015. DOI: 10.1007/978-981-287-907-3
- Pathak R., Singh M., Henry A. Genetic divergence in cluster bean (*Cyamopsis tetragonoloba* (L.) Taub.) for seed yield and gum content under rainfed conditions. *Indian Journal of Agricultural Science*. 2009;79(7):559-561.
- Pathak R., Singh S.K., Singh M., Henry A. Molecular assessment of genetic diversity in cluster bean (*Cyamopsis tetragonoloba*) genotypes. *Journal of Genetics*. 2010;89(2):243-246.
- Pavlova A.M. Guar: valuable legume crop (Guar – tsennaya bobovaya kultura). *Zernobobovye kultury = Grain Legumes*. 1964;10:24-26. [In Russian] (Павлова А.М. Гуар – ценная бобовая культура. *Зернобобовые культуры*. 1964;10:24-26.).
- Punia A., Yadav R., Arora P., Chaudhury A. Molecular and morpho-physiological characterization of superior cluster bean (*Cyamopsis tetragonoloba*) varieties. *Journal of Crop Science and Biotechnology*. 2009;12:143-148. DOI: 10.1007/s12892-009-0106-8
- Radchenko E.E., Sokolova D.V. Resistance of guar *Cyamopsis tetragonoloba* (L.) Taub. to harmful organisms (review). *Selskokhozyaistvennaya biologiya [Agricultural Biology]*. 2018;53(5):897-906. [In Russian] (Радченко Е.Е., Соколова Д.В. Устойчивость гуара *Cyamopsis tetragonoloba* (L.) Taub. к вредным организмам (обзор). *Сельскохозяйственная биология*. 2018;53(5):897-906). DOI: 10.15389/agrobiol.2018.5.897rus
- Rai S.P., Dharmatti P.R., Shashidhar T.R., Patil R.V., Patil B.R. Genetic variability studies in cluster bean [*Cyamopsis tetragonoloba* (L.) Taub.]. *Karnataka Journal of Agricultural Science*. 2012;25(1):108-111.
- Shakir M., Sadaqat H.A., Farooq Q., Shabir M., Sodagar A., Nadeem M., Zafar T., Ullah A., Rafiq F., Anwar R., Rizwi A., Amjad S., Sajida A., Iqbal M.A. A Review on Guar (*Cyamopsis tetragonoloba* L.): A Cash Crop. *International Research Journal of Pharmacy*. 2020;11(4):1-7. DOI: 10.7897/2230-8407.110433
- Sortino O., Gresta F. Growth and yield performances of five guar cultivars in a Mediterranean environment. *Italian Journal of Agronomy*. 2007;4:359-364.
- Startsev V.I., Livanskaya G.A., Kulikov M.A. Prospects of cultivating guar (*Cyamopsis tetragonoloba* L.) in Russia. *Herald of Russian state agrarian correspondence university*. 2017;24:11-15. [In Russian] (Старцев В.И., Ливанская Г.А., Куликов М.А. Перспективы возделывания гуара (*Cyamopsis tetragonoloba* L.) в России. *Вестник Российского государственного аграрного заочного университета*. 2017;24:11-15).
- State Register for Selection Achievements Admitted for Usage (National List). Vol. 1. Plant varieties (official publication). Moscow: FGBNU «Rosinformagrotekh»; 2021. [In Russian] (Государственный реестр селекционных достижений, допущенных к использованию. Т.1. «Сорта растений» (официальное издание). Москва: ФГБНУ «Росинформагротех»; 2021).
- Strickland R.W., Ford C.W. *Cyamopsis senegalensis*: potential new crop source of guaran. *The Journal of the Australian Institute of Agricultural Science*. 1984;50:47-49.
- Sultan M., Rabbani M.A., Shinwari Z.K., Masood M.S. Phenotypic divergence in Guar (*Cyamopsis tetragonoloba*) landrace genotypes of Pakistan. *Pakistan Journal of Botany*. 2012;44(S11):203-210.
- Sultan M., Zakir N., Rabbani M.A., Shinwari Z.H., Masood M.S. Genetic diversity of guar (*Cyamopsis tetragonoloba* L.) landraces from Pakistan based on RAPD markers. *Pakistan Journal of Botany*. 2013;45(3):865-870.
- Tepliyakova S.B., Volkov V.A., Dzyubenko E.A., Potokina E.K. Variability of the photoperiod response in guar (*Cyamopsis tetragonoloba* (L.) Taub.) genotypes of different geographic origin. *Vavilov Journal of Genetics and Breeding*. 2019;23(6):730-737. DOI: 10.18699/VJ19.547
- The Linnean Collections: *Psoralea tetragonoloba*. *The Linnean Society*. URL: <http://linnean-online.org/9277/> [accessed January 11, 2020].
- Thombare N., Jha U., Mishra S., Siddiqui M.Z. Guar gum as a promising starting material for diverse applications. *International Journal of Biological Macromolecules*. 2016;88:361-372. DOI: 10.1016/j.ijbiomac.2016.04.001.
- Undersander D.J., Putnam D.H., Kaminski A.R., Kelling K.A., Doll J.D., Oplinger E.S. Gunsolus J.L. Guar. Alternative field crop manual. University of Minnesota Extension Service, Center for Alternative Plant and Animal Products: University of Wisconsin Cooperative Extension Service; 1991. URL: <https://hort.purdue.edu/newcrop/afcm/guar.html> [accessed January 11, 2020].
- Vavilov N.I. Phytogeographic basis of plant breeding (Botaniko-geograficheskiye osnovy selektsii) In: *Theoretical bases of plant breeding*. Vol. 1. *General principles of plant breeding*. Moscow, Leningrad: State Agricultural Publishing House; 1935. p.17-74. [In Russian] (Вавилов Н.И. Ботанико-географические основы селекции. В кн: *Теоретические основы селекции*. Т.1. Общая селекция растений. Москва, Ленинград: Сельхозгиз; 1935. С.17-74).
- Vinogradov Z.S., Dzyubenko E.A., Valyanikova T.I. Guar (*Cyamopsis tetragonoloba* (L.) Taub.). Cultivar Nakhodka (Guar (*Cyamopsis tetragonoloba* (L.) Taub.). Sort Nakhodka). Russian Federation; breeding achievement patent number: 10660; 2019a. [In Russian] (Виноградов З.С., Дзюбенко Е.А., Вальяникова Т.И. Гуар (*Cyamopsis tetragonoloba* (L.) Taub.). Сорт Находка. Российская Федерация; патент на селекционное достижение № 10660; 2019a).
- Vinogradov Z.S., Dzyubenko E.A., Valyanikova T.I. Guar (*Cyamopsis tetragonoloba* (L.) Taub.). Cultivar VIR 1 (Guar (*Cyamopsis tetragonoloba* (L.) Taub.). Sort VIR 1). Russian Federation; breeding achievement patent number: 10661; 2019b [In Russian] (Виноградов З.С., Дзюбенко Е.А., Вальяникова Т.И. Гуар (*Cyamopsis tetragonoloba* (L.) Taub.). Сорт ВИР 1. Российская Федерация; патент на селекционное достижение № 10661; 2019b).
- Voloshin M.I., Lebed D.V., Brusentsov A.S. The results of new bean plant, guar, introduction (*Cyamopsis tetragonoloba* (L.) Taub.). *Proceedings of Kuban State Agrarian University*. 2016;58(1):84-91. [In Russian] (Волошин М.И., Лебедь Д.В., Брусенцов А.С. Результаты интродукции нового бобового растения — гуара *Cyamopsis tetragonoloba* (L.) Taub. *Труды Кубанского государственного аграрного университета*. 2016;58(1):84-91).
- Whistler R.L., Hymowitz T. Guar: agronomy, production, industrial use, and nutrition. West Lafayette, Indiana: Purdue University Press; 1979.
- Wong L.J., Parmar C. *Cyamopsis tetragonoloba* (L.) Taub. In: Fari-da Hanum, I., Van der Maesen, L.J.G. (eds.) *Plant Resources of South East Asia*. No. 11: *Auxiliary plants*. Leiden, The Netherlands: Backhuys Publisher; 1997. p.109-113.



Wulf E.W., Maleeva O.F. World resources of useful plants. (Mirovye resursy poleznykh rasteniy) Leningrad: Nauka ; 1969. [in

Russian] (Вульф Е.В., Малеева О.Ф. Мировые ресурсы полезных растений. Ленинград: Наука ; 1969).

ПРОЗРАЧНОСТЬ ФИНАНСОВОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ: автор не имеет финансовой заинтересованности в представленных материалах или методах.

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ ОТСУТСТВУЕТ.

Для цитирования:

Дзюбенко Е.А. Внутривидовой полиморфизм гуара (*Cyamopsis tetragonoloba* (L.) Taub.).
Vavilovia. 2021;4(3):16-39.
DOI: 10.30901/2658-3860-2021-3-16-39

HOW TO CITE THIS ARTICLE:

Dzyubenko E.A. Intraspecies polymorphizm of guar (*Cyamopsis tetragonoloba* (L.) Taub.).
Vavilovia. 2021;4(3):16-39.
DOI: 10.30901/2658-3860-2021-3-16-39