

**ГУАР *Cyamopsis tetragonoloba* (L.) Taub.: ХАРАКТЕРИСТИКА,
ПРИМЕНЕНИЕ, ГЕНЕТИЧЕСКИЕ РЕСУРСЫ И ВОЗМОЖНОСТЬ
ИНТРОДУКЦИИ В РОССИИ***
(обзор)

Н.И. ДЗЮБЕНКО¹, Е.А. ДЗЮБЕНКО¹, Е.К. ПОТОКИНА¹, С.В. БУЛЫНЦЕВ²

Гуар *Cyamopsis tetragonoloba* (L.) Taub. — однолетнее бобовое растение многоцелевого назначения. В Индии гуар издавна известен как кормовое растение с высокой питательной ценностью, его зеленая масса используется на корм и как сидерат (К.М. Мурадов, 1973). Молодые бобы гуара употребляют в пищу, существуют сорта овощного направления (N.K. Dwivedi, 2009). Оболочки семян и зародыш применяются в качестве высокобелкового ингредиента при кормлении крупного рогатого скота, птицы, рыбы. Эффект антипитательных веществ гуарового корма нивелируется за счет термической обработки и добавления ферментов (M. Hussain с соавт., 2012). Корм в виде муки Chugi 40 содержит 40 % белка, гранулированные корма Kogma 50 и Kogma 60 — соответственно 50 и 60 %. Из эндосперма семян гуара извлекают гуаровую камедь, которая широко используется во всем мире в качестве загустителя в пищевой, косметической, текстильной, бумажной, а в последние десятилетия — в нефтяной промышленности (D. Mugdil с соавт., 2014). Потребность в гуаровой камеди растет как на внешнем, так и на внутреннем рынке, в связи с чем возникла необходимость заново оценить перспективы культивирования гуара в России. Генетическое разнообразие гуара сосредоточено в Индии. В США выведены улучшенные сорта (W. Liu, 2003). В Институте генетических ресурсов растений (ВИР) в России коллекция гуара, основанная Н.И. Вавиловым, насчитывает более 100 образцов. Коллекцию изучали и поддерживали в южных филиалах ВИР (А. Павлова, 1964), однако тогда гуар был признан малораспространенной культурой. В 2014-2017 годах коллекция ВИР пополнилась новыми образцами. Коллекционные образцы гуара после 40 лет хранения имеют высокую всхожесть. Данные отечественных ученых подтверждают возможность выращивания гуара и получения кондиционных семян в южных регионах России. Основные требования к культуре гуара в России — скороспелость, урожайность и качество камеди.

Ключевые слова: генетические ресурсы, *Cyamopsis tetragonoloba*, гуар, гуаровый корм, гуаровая камедь, интродукция.

Гуар *Cyamopsis tetragonoloba* (L.) Taub. — однолетнее тропическое бобовое растение. Как и другие бобовые культуры, гуар содержат большое количество белка в семенах, его зеленая масса используется в свежем и сухом виде, растение обогащает почву азотом. Особую ценность представляет гуаровая камедь (1), которую получают из эндосперма семян и широко применяют в пищевой, косметической, текстильной, бумажной, нефтедобывающей промышленности. В последние десятилетия гуар из малораспространенной тропической культуры превращается в одну из самых востребованных в мире, что актуализирует задачу его интродукции в России.

Цель настоящего обзора — обобщить сведения об особенностях растения и получаемых из него продуктов, его генетических ресурсах, сохраняемых в мировых коллекциях и в России, и о перспективах выращивания этой нетрадиционной для России культуры.

Ботаническое и эколого-географическое описание. Гуар (бобовое дерево, индийская акация) — циамопсис четырехкрыльничковый *Cyamopsis tetragonoloba* (L.) Taub., растение семейства *Fabaceae* L. трибы *Indigofereae*. Синонимы: *Cyamopsis psoraloides* (Lam.) DC, *Dolichos fabaeformis* L'Herit., *Dolichos psoraloides* Lam., *Lupinus trifoliatius* Cav., *Psoralea tetragonoloba* L., *Cordaea fabaeformis* Spr. (<http://www.theplantlist.org>). В роде *Cyamopsis* четыре вида: *C. tetragonoloba* (L.) Taub., *C. senegalensis* Guill. & Perr., *C. serrata* Schinz., *C. dentata* (N.E. Br.) Torre (2). J.B. Gillett разделял

* Исследование выполнено при поддержке Минобрнауки РФ в рамках проекта RFMEFI60417X0168 (соглашение № 14.604.21.0168).

род на три вида: *C. tetragonoloba* (L.) Taub., *C. senegalensis* Guill. & Perr., *C. serrata* Schinz., не выделяя *C. dentata* (N.E. Br.) Torre в отдельный вид; по его мнению, род *Cyamopsis* наиболее близок к тропическому роду семейства бобовых *Indigoferae* (3). Н.А. Senn предполагал, что род *Cyamopsis* произошел от рода *Indigofera* вследствие анеуплоидии (4). Предковым видом культурного вида *Cyamopsis tetragonoloba* (L.) Taub. считают *Cyamopsis senegalensis* (5). Доказательством в пользу версии о таком происхождении рассматривают наличие галактоманнана в семенах *C. senegalensis*, аналогичного по структуре и содержанию галактоманнану гуара. Потенциально *C. senegalensis* может рассматриваться как источник камеди (6).

Родина гуара — Индия, Пакистан и, возможно, Африка (2), но в природе в диком состоянии гуар не встречается. Н.И. Вавилов считал центром происхождения и разнообразия гуара Индию (7). Хотя зеленые бобы гуара используют в Индии в качестве овоща, индийское название растения гау-аахаар переводится как «еда для коровы» (8), то есть исторически гуар прежде всего древняя кормовая культура (9). Существует предположение, что культурный вид *Cyamopsis tetragonoloba* произошел посредством трансдоместикации из африканских видов, привезенных арабскими купцами в Индию как корм для лошадей (5). В Индии гуар выращивают в основном на неполивных землях северо-запада страны на территории пустыни Тар, которая охватывает индийские штаты Раджастхан, южную часть штатов Харьяна, Пенджаб и север Гуджарата, а также юго-восток Пакистана. В этой зоне выпадает 90–200 мм осадков в год, почти все — во время летнего муссона (с июля по сентябрь). В регионе доминирует пастбищное животноводство, и возможно, что гуар испокон веков служил кормом крупному рогатому скоту, верблюдам, лошадям, овцам. Не так давно было заявлено о находке недостающего звена между дикими видами рода *Cyamopsis* и культурного. На северо-западе Индии в культурных посевах гуара обнаружены формы дикого типа. К настоящему времени собрано 66 образцов форм так называемого *adaq guar*. Эти растения простертые, имеют мелкие несъедобные растрескивающиеся бобы, для семян характерно наличие периода покоя. Требуется дальнейшее исследование роли аборигенных форм в происхождении гуара и возможности использования дополнительной генетической изменчивости, утраченной в процессе доместикации (10).

Гуар, как и многие однолетние бобовые, относится к самоопылятелям (процент перекрестного опыления несуществен) (11, 12). Растения значительно варьируют по высоте (от 50 см до 1,5 м). Стебель прочный, ко времени созревания одревесневающий. Корень стержневой, глубоко проникает в почву, благодаря чему растение может переносить кратковременную засуху. По морфологии растения подразделяются на имеющие базальный тип ветвления, ветвистый тип и с одиночным стеблем. Листья тройчатые, опушенные или гладкие. Цветки почти сидячие на цветоносах, с венчиками от белого до ярко-розового цвета, соцветие — кисть. Бобы расположены кучно, формируя группы (кластеры), откуда возникло английское название культуры — *cluster beans*. Бобы прямые, слегка изогнутые, длиной от 4 до 14 см, в бобе от 5 до 12 семян. Окраска семян сильно варьирует (грязно-белая, розовато-серая, серо-бежевая, коричневая, черная), семена скругленно-четырёхугольной формы, приплюснутые, имеют большой сферический эндосперм, содержащий запасный полисахарид галактоманнан. Диплоидное число хромосом — $14n$ (13). Гуар — теплолюбивое растение, нетребовательное к почве (растет как на песчаных, так и на хорошо дренированных глинистых почвах). Как и другие бобовые, гуар относится к почвоулучшающим культурам. Он используется в севообороте

с хлопком, сорго, пшеницей (2). В настоящее время гуар в основном выращивают на зерно; в его семени зародыш составляет 40-45 %, семенная кожура — 14-16 %, на эндосперм приходится 38-45 % семени (14-16).

Области применения. В индийском справочнике по селекции и генетике 1957 года гуар значится среди кормовых растений и овощных культур «для бедных людей» (17). В настоящее время в Индии гуар продолжают возделывать как кормовое, овощное и техническое, растение используют также в традиционной индийской и современной медицине (18, 19). Молодые бобы употребляют в пищу в тушеном виде, а также засаливают (20).

Зеленая масса гуара, которую используют на корм крупному рогатому скоту и как сидерат, содержит 15,56 % сырого белка и 15,74 % сырой клетчатки (21). Лучшее время для скашивания гуара на зеленый корм — фаза цветения и молочной спелости бобов. Привлекательность зеленой массы гуара для скота повышается после измельчения и предварительного провяливания. Рекомендуемая доля сена из растительных остатков гуара в рационе взрослых овец может составлять до 70 % (22). В засушливых районах Индии после уборки бобов гуара на полях с растительными остатками выпасают крупный рогатый скот и верблюдов (23). Гуар рекомендуется как альтернатива более требовательной к поливу люцерне в стране с такими аридными условиями, как Арабские Эмираты (24).

В семени гуара содержатся антипитательные вещества, поэтому при кормлении цельным зерном нужна тепловая обработка (25), а в рационе домашней птицы его доля не должно превышать 10 % (26). Белок гуара хорошо сбалансирован по аминокислотному составу (27). Количество белка в зародышах и семенной кожуре составляет 28,9-46,0 %, на долю зародышей и шелухи в сырье для гуарового корма соответственно приходится примерно 25 и 75 % (28). На корм животным в настоящее время используется гуаровая мука Chugi и немолотый гранулированный корм Korma (содержание обменной энергии в последнем — 2022-2074 ккал/кг). Гуаровый корм Chugi 40 % получают после отделения эндосперма, очистки, обжарки, размельчения и стерилизации. Корм содержит 5-7 % жира, 5-10 % клетчатки (при влажности до 10 %), по количеству сырого протеина (38-42 %) превосходит кукурузный глютенный корм (<http://guarprotein.com/>). Усвояемость гуаровой муки после термической обработки — 76 %, без обработки — 71 %. Термически обработанный корм Chugi может заменять соевый шрот в рационе крупного рогатого скота. Корм Korma 50 получают в основном из фракции зародышей (сырье очищают без обжарки). Он содержит 48-50 % протеина и используется в рационах крупного рогатого скота и птицы. В обжаренной форме Korma 60 до 56 % протеина с улучшенной переваримостью. Корм рекомендуется для животных и рыбы, замещает более дорогой соевый шрот. Bio Guar Protein (Pro NX 60+ («Cyamopsis Biotech», Индия) — корм премиум сегмента, представляет собой обжаренную гуаровую муку Chugi с содержанием белка от 60 %, предназначен для аквакультуры, кормления рыб лососевых пород, креветок (http://guarprotein.com). Производители гуарового корма экспортируют его во многие страны, включая Россию. Корм из семян гуара — наиболее дешевый источник растительного белка для жвачных животных и птицы, его добавка в рацион позволяет значительно снизить расходы. Он хорошо поедается крупным рогатым скотом, но может вызывать проблемы у моногастричных животных (29). У коров корма на основе гуара повышают жирность и выход молока, положительно влияют на переваримость питательных веществ рациона; гуаровый корм допускается использовать отдельно или включать в состав комбикормов, но переход на него должен быть постепенным (30, 31). Высокое

содержание аминокислот делает гуаровый корм полезной добавкой для бройлеров и кур-несушек, но увеличение его доли в рационе птицы ограничивают антипитательные вещества — ингибиторы трипсина, остатки камеди и сапонины. Обжарка разрушает ингибиторы трипсина, в результате гуаровый корм содержит меньшее их количество, чем соевый шрот (28). В основном рост бройлеров замедляют именно следы камеди, а не антипитательные вещества семени (26). Один из приемов, устраняющих негативные последствия поедания гуарового корма птицей, — добавление фермента β -манназы непосредственно в комбикорм, в результате чего вязкость следовых количеств камеди уменьшается (32, 33) .

По данным 2014 года, в Индии работает 79 крупных производств неполного цикла, где семена гуара разделяют на оболочку и зародыш (34) как источники белково-протеиновой фракции и доли эндосперма (сплит), содержащие галактоманнан — основу гуаровой камеди, которая считается наиболее ценным продуктом переработки семян гуара.

Гуаровая камедь. К промышленными источниками камедей растительного происхождения относятся рожковое дерево (*Ceratonia siliqua* L.), гуар (*Cyamopsis tetragonoloba*), цезальпиния-гара (*Caesalpinia spinosa* Kuntze) и пажитник сенной (*Trigonella foenum-graecum* L.) (35). Полисахаридный запас семян видов семейства *Fabaceae* с эндоспермом разной степени развитости представлен в основном галактоманнанами, которые состоят из D-маннозы и D-галактозы и локализованы в клеточных стенках эндосперма. Теоретический интерес вызывает полифункциональность, присущая этим фитополисахаридам (36, 37). Для них характерна защитная функция, а также функции энергетического резерва и регуляции водного баланса семени при прорастании (38). Благодаря свойствам гидроколлоида галактоманн, содержащийся в эндосперме, обеспечивает удержание влаги, необходимое для прорастания семени в засушливых условиях. Галактоманнаны семян бобовых различаются по соотношению маннозы и галактозы (М:Г), по молекулярной массе и расположению галактозных групп на скелете маннозы. В галактоманнанах маннозные звенья образуют цепь, состоящую из многих сотен (1→4)- β -D-маннопиранозных единиц с α -D-галактопиранозными звеньями, которые присоединены 1→6-связями и по-разному (в зависимости от вида растения) распределены вдоль основной маннозной цепи.

Гуаровая камедь по химическому строению представляет собой неионогенный полисахарид, молекула которого образована прямой цепью маннозы с присоединенными боковыми группами галактозы. Эмпирическая формула галактоманнана гуара ($C_6H_{10}O_5$)_n (39). У гуара остатки D-галактозы расположены небольшими группами (по две, иногда по четыре единицы) и прикреплены к основной протяженной цепи D-маннозы через два (реже через три) маннозных звена (40). Молекула галактоманнана гуаровой камеди имеет наибольшую молекулярную массу среди водорастворимых естественных гидроколлоидов. У гуара количество галактоманнана составляет до 35 % от сухой массы семени (41).

Галактоманнан легко растворяется в холодной воде с образованием вязкого коллоидного раствора даже при малых концентрациях вещества, поэтому гуаровая камедь используется как натуральный загуститель, уплотнитель и стабилизатор во многих отраслях промышленности (8, 9). Большинство людей в развитых странах ежедневно потребляет гуаровую камедь в виде пищевой добавки E-412 в составе молочных продуктов, мясных, хлебобулочных изделий, мороженого, йогурта, соусов и т.д. (41). Гуаровая камедь как продукт вышла на международный рынок в 1957 году. Основное производство гуара сконцентрировано в Индии. Именно эта страна —

крупнейший производитель и экспортер гуаровой камеди на мировом рынке. По данным на 2012 год, объем рынка этого продукта ежегодно составляет от 1000000 до 1600000 т (42).

На Индию приходится примерно 80 % мирового производства гуаровой камеди в год, за ней следует Пакистан (15 %), где гуар выращивают на орошаемых землях, остальные 5 % производятся в США, Австралии и Южной Африке (42). Примерно 90 % гуаровой камеди, произведенной в Индии, экспортируется — в основном, в США, Китай, Германию, Россию, Канаду и Италию. США — крупнейший импортер этого продукта (примерно четверть потребляемой в мире гуаровой камеди), причем основную сферу его применения в США составляет добыча сланцевого газа и нефти. Ожидается, что в ближайшие годы спрос на гуаровую камедь будет расти примерно на 4 % в год в связи со сланцевым бумом в США и популярностью натуральных загустителей в пищевой, косметической и других отраслях промышленности (<https://marketpublishers.ru/r/G6AA788F0A6RU.html>).

В качестве присадки для бурового раствора гуаровая камедь обладает непревзойденными свойствами. При использовании во время бурения нефтяных скважин гуаровая камедь предотвращает потерю воды из вязкого бурового раствора и хорошо суспендирует бентонитовую глину. В горном деле в технологии гидроразрыва пласта применяется гуаровая камедь быстрой гидратации с вязкостью от 6500 до 9000 ед. (43). Для получения камеди быстрой гидратации в технологический процесс выработки камеди вводят этап экструзии (44). Камедь быстрой гидратации образует вязкий гель за несколько минут (обычная гуаровая камедь — за 2 ч).

При производстве гуаровой камеди семена после лущения расщепляют на доли эндосперма, между которыми заключен зародыш. После отделения зародыша и оболочки при сортировке получают так называемый сплит. Гуаровый сплит представляет собой отполированные доли эндосперма, в водонерастворимых клеточных стенках которого депонирован галактотаннан. Для разрушения клеточных стенок и извлечения камеди необходим мелкий помол сплита. Водорастворимая фракция составляет 85 % сплита (43). После переработки гуаровая камедь имеет вид порошка кремового цвета. Качество камеди для пищевой (добавка Е-412), косметической промышленности и иных целей зависит от технологии получения (41, 45).

Генетические ресурсы гуара. Индийские сорта и местные популяции гуара обладают различными морфологическими и агробиологическими характеристиками в зависимости от типа использования. Информация по индийским сортам гуара приведена в официальных изданиях (34, 46) и доступна online (<http://agropedia.iitk.ac.in/content/guar-cluster-bean-varieties-india>, <http://www.seednet.gov.in>). Сорта кормового типа высокорослые, с хорошей облиственностью, сорта овощного направления более низкорослые; существуют универсальные сорта. Основной центр селекции гуара в Индии — Rajasthan Agricultural Research Institute (RARI, г. Джайпур, штат Раджастан). В институте выведены сорта RGC-936, RGC-1002, PGC-1003, RGC-1017, RGC-1033, RGC-1038, RGC-1055, RGC-1066 и др., предназначенные для возделывания в полуаридных условиях штата (<http://raridurgapura.org/varieties-developed.htm>). В CCS Haryana Agricultural University (<http://hau.ernet.in>, Hisar) ведется селекция гуара на повышенное содержание камеди в семенах (сорта HG75, HG182, HG258, HG365, HG563, HG870, HG 20, HG 884 характеризуются содержанием камеди от 29 до 32 %). В Haryana Agricultural University выведены сорта кормового назначения HFG119 (с широкими темно-зелеными листьями) и HFG156 (высокорослый, ветвистый, устойчивый к болезням). Среди сортов кормового назначения известны Bungal, Agaita Guara,

RGC-936. Некоторые сорта кормового направления (Durgapura Safed, Durgajay, Mara Guar, Uday, Lathi, Kranti-1031, RGC-1033, RGC-1038) выращивают также для получения камеди, то есть они служат сортами двойного назначения (47, 48). В Индии гуар растет на площади более 2200 га.

Если в штатах Северной Индии (Раджастан, Харьяна, Гуджират и Пенджаб) гуар выращивается на камедь и как кормовое растение, то в Южной Индии его культивируют в основном в пищевых целях. В зеленых бобах на 100 г вещества содержится 3,2 белка, 10,8 г углеводов, 81 г влаги, 57 мг кальция, 5 г жиров, 4 мг железа и 49 мг витамина С (49). Ради получения нежных молодых бобов в штате Карнатака гуар выращивают круглогодично. Селекция овощного гуара на повышение урожайности и качества бобов ведется в University of Agricultural Sciences (Dharwad). Ставится задача продвигать выращивание овощного гуара на север штата в более засушливые районы (50, 51). При селекции овощного гуара предварительно оценивается генетическое разнообразие по качественным и количественным признакам, подбираются генотипы для гибридизации (52-54). В одной из селекционных программ изучалось генетическое разнообразие 30 генотипов гуара. Генотипы сгруппировали в кластеры по сходству признаков, на основании расстояния между кластерами и процентного вклада признаков был разработан план гибридизации для создания сорта с улучшенными количественными и качественными характеристиками бобов (55). Среди овощных сортов наиболее известны Pusa Navbahar, Pusa Sadabahar, Durgabahar, Kachan Bahar, Pusa Mausami. Самым популярным и распространенным остается сорт Pusa Navbahar, полученный в 1984 году (его недостаток — подверженность заболеваниям).

Основными целями селекции гуара в Индии считают скороспелость, выход камеди, устойчивость к болезням. Несмотря на большие объемы выращиваемого в Индии гуара, средняя урожайность культуры здесь невысока из-за нестабильности муссонов в основной зоне возделывания и недостаточного количества сортовых семян. В связи с ростом спроса ставится задача расширить посевы гуара на поливных землях (46). Данные большинства исследований подтверждают небольшое генетическое разнообразие культуры в Индии. Так, анализ 31 генотипов по 17 признакам с помощью SSR-маркеров и кластерный анализ показали низкую генетическую изменчивость среди растений (56). В рамках селекционной программы по гуару для южных штатов Индии рассматривалась выборка из 42 генотипов, которые оценили по 12 признакам; кластерный анализ разделил генотипы на четыре группы, распределение произошло вне зависимости от географического происхождения (57). В других работах также не удалось выявить корреляции между генетическим разнообразием и происхождением образца (58, 59).

В исследованиях на пакистанских местных линиях и сортах, напротив, была отмечена связь кластеризации исследуемых образцов с их географическим происхождением (60). Для расширения генетической базы проводились работы по химическому и физическому мутагенезу гуара (61), но значимых хозяйственно полезных признаков у мутантов не получили.

Генетические ресурсы растений в Индии сохраняются в National Bureau of Plant Genetic Resources (NBPGR, New Delhi). Ежегодно высевается для поддержания и изучения более 600 образцов, выделяются источники ценных признаков (62). В Пакистане гуаром занимаются в National Agricultural Research Centre (NARC, Islamabad).

США — третий крупнейший производитель гуара в мире после Индии и Пакистана. Первый образец был зарегистрирован в США в 1910 году, возделывание началось в 1940-е годы. Культура испытывалась в штате Аризона как кормовая (сенокосная и даже пастбищная), изучалась агротех-

ника, особенности развития и подверженность заболеваниям (63, 64). После обнаружения камеди в семенах гуара в 1950 году исследования проводились на опытной станции в Оклахоме (65) с целью повышения урожайности зерна и устойчивости к болезням. Сорт Brooks (1964 год) был первым улучшенным сортом в США. Он заменил первоначальные сорта Texsel и Groehleg, затем появились сорта Hall и Mills. Сорт Kinman в испытаниях 1971-1979 годов показал урожайность на 17 % выше, чем Brooks, и стал самым востребованным (66). Сорт Esser, выведенный одновременно с Kinman, имеет повышенную устойчивость к заболеваниям и более позднеспелый. У сорта Lewis число бобов на основном стебле больше, чем у Kinman, в испытаниях 1980-1983 годов он превзошел по урожайности сорта Kinman и Esser (67, 68). Сорт Santa Cruz (1982 год) выделяется засухоустойчивостью (69).

Сорта американской селекции имеют ряд морфологических признаков, отличающих их от индийских сортов, и созданы на основе материала, прошедшего длительный срок адаптации и селекции в США. С 1998 по 2007 год в исследованиях, поддержанных компанией Halliburton PC (США), у 50 линий и сортов гуара выявили варьирование соотношения М:Г в семенах от 1,6:1 до 2:1 (43). Селекция велась на максимальную долю галактозы относительно маннозы. Результатом стали сорта Matador и Monument. Для растений сорта Matador (2005 год) характерно множество боковых побегов и максимальная урожайность семян. Сорт Monument (2010 год) раннеспелый, растения не ветвятся, имеют высокую закладку первого фертильного узла; сорт пригоден для механизированной уборки. Права на использование перечисленных коммерческих сортов принадлежат Texas Tech University (Lubbock) и компании Halliburton (70).

В 1980 году 1050 образцов гуара, полученных через интродукционную станцию, и 33 селекционные линии были заложены в National Center For Genetic Resources Preservation (Fort Collins, Colorado) (71). В настоящее время коллекция гуара в США насчитывает около тысячи образцов, 500 образцов находятся на базовом хранении в Форт-Коллинзе, активная коллекция (410 образцов) — в отделении Plant Genetic Resources Conservation Unit, (Griffin, Georgia). Всего в активной коллекции 355 образцов из Индии, 32 образца из Пакистана, два из Ирана, по одному из Южной Африки, Сенегала, Судана, 10 сортов и селекционные линии из США, а также дикие родичи гуара — африканские виды *Cyamopsis senegalensis* Guill. Perr. и *C. serrata* Schinz. (72). В условиях штата Джорджия гуар хорошо плодоносит (72). Помимо Аризоны, Оклахомы и Техаса, рассматривали продвижение гуара в Висконсин и Миннесоту (более северные и влажные штаты). Короткостебельные сорта американской селекции отвечают требованиям скороспелости, необходимой для этих территорий (73).

В Австралии сорта гуара, который периодически интродуцировался из Индии и США, изучают по ряду признаков (урожайность, продукция камеди) (74-76). Существует программа государственной поддержки выращивания гуара и переработки камеди (77). В Италии рассматривается возможность и экономическая целесообразность возделывания гуара (78, 79). В Аргентине для прогноза его интродукции разработана методика агроклиматического зонирования территории (80). В Египте гуар предлагают использовать как зеленое удобрение при культивации песчаных почв (81).

В Советский Союз семена гуара впервые были завезены из Индии Всесоюзным институтом растениеводства (ВИР) (8 образцов из штата Пенджаб — экспедициями В.В. Марковича в 1927-1929 годах, 6 образцов из г. Пуна штата Махараштра интродуцированы в 1931 году). Опыты по культивированию гуара проводились на южных станциях ВИР. На Сухумской

опытной станции (влажные субтропики) при посеве в 1928 году получили щуплые, невыполненные семена. На Майкопской опытной станции (Республика Адыгея) в годы с малым количеством осадков вызревали выполненные семена. В испытаниях на Харьковской опытной станции растения развивались плохо, и семян получить не удалось (82). В 1956-1966 годах после пополнения коллекции (в основном индийские сборы из разных пунктов, а также поступления из США и Австралии) общее число образцов гуара в ВИР превысило 100. При изучении коллекции в Среднеазиатском филиале ВИР (г. Ташкент) образцы различались по скороспелости, на некоторых участках гуар развивался хорошо, однако на других повреждался фузариозом и вирусами. Ученые ВИР рекомендовали гуар для возделывания в Узбекистане, в республике обсуждалось строительство завода по получению гуаровой камеди для текстильной промышленности (82). В СССР исследования гуара проводили также в Туркмении. Здесь 59 образцов различного географического происхождения (Индия — 50 образцов, Пакистан — 2 образца, США — 2 образца, Австралия — 5 образцов) изучали в условиях аридной зоны (1963-1970 годы, Центральный ботанический сад) и в посевах (1971-1980 годы, Институт ботаники АН ТССР) (21, 83). Целью была оценка перспектив использования гуара как однолетней кормовой культуры. Высокую урожайность семян имели селекционные сорта из Индии и США (18,6-24,3 ц/га). Содержание сырого белка в семенах колебалось от 25,8 до 26,6 %, галактоманнана — от 29,6 до 33,5 %. Период развития от всходов до завершения плодоношения на юге Туркмении при весеннем севе составлял 85-111 сут при максимальной урожайности зеленой массы 589 ц/га. В связи с отсутствием в Туркмении однолетней бобовой культуры, способной продуцировать значительную зеленую массу, гуар был рекомендован как богатое белком кормовое растение для аридной зоны, однако широкого распространения не нашел из-за неустойчивости и ошибочных выводов относительно сроков сева, сделанных по результатам изучения в 1966 году в Сухуми и Ленинградской области (84).

Семена гуара, хранившиеся 40 лет при +4,5 °С (Кубанский генбанк) имели высокие посевные качества (лабораторная всхожесть — от 92 до 94 %) (85). Полевая всхожесть семян коллекции, хранившихся при комнатной температуре, в условиях Краснодарского края в 2017 году тоже оказалась высокой (взошло 48 образцов из 50 датированных 1977-1980 годами).

Перспективы возделывания гуара в России. На основе сравнения климатических характеристик Индии и США с условиями юга России установлена возможность выращивания скороспелых сортов гуара в ряде регионов. Пригодность для возделывания этой культуры определяет сумма эффективных температур воздуха > 10 °С, которая должна составлять около 3400-3500 °С. По летним температурам воздуха и другим климатическим показателям аграрные районы Северного Кавказа и Крыма уступают Индии, но близки к США, где гуар с успехом выращивают в южных штатах. Для выращивания гуара достаточно 350-500 мм осадков за вегетационный период. Следовательно, равнинная часть Ставропольского и Краснодарского краев достаточно обеспечена естественной влагой, чтобы возделывать гуар. В Крыму и Ростовской области целесообразно проводить дополнительное орошение. Оптимальным сроком сева считается дата перепада температуры пахотного слоя почвы через отметку 20 °С (86).

В Краснодарском крае в Усть-Лабинском районе проводили исследования по оптимизации агротехники и селекции гуара. В результате получен исходный материал с ценными признаками (семенная продуктивность, высота прикрепления нижних бобов на стебле и др.). Урожайность семян лучших образцов в сортоиспытании превысила 24 ц/га. Эксперименты вы-

явили факторы, лимитирующие урожайность (температура и влажность почвы в период посева, поражение альтернарией и бактериальной гнилью) (87).

В 2014-2015 годах в опытах по интродукции четырех индийских образцов гуара из коллекции ВИР в Ростовской области урожайность семян составила от 16,4 до 19,5 ц/га, при этом растения поражались вирусом желтой мозаики фасоли и вирусом обыкновенной мозаики гороха (88). Дальнейшие испытания лучших образцов проводилось в разных эколого-географических условиях на южных станциях ВИР. В Краснодарском крае оптимальные сроки посева приходятся на конец I декады—начало II декады мая при температуре почвы до 20-24 °С. Выделены скороспелые линии гуара, устойчиво вызревающие на Кубани и в Волгоградской области с урожайностью зерна более 18 ц/га, зеленой массы — 600 ц/га. Массовая доля сырого протеина в семенах в перерасчете на абсолютно сухое вещество при этом составила 33,59 % (85, 89). В условиях юга России физиологическая зрелость семян гуара достигается в течение 100-130 сут. Качество камеди, получаемое из таких семян, отвечает необходимым требованиям.

Таким образом, гуар, который долгое время был известен как кормовое растение, сидерат и источник пищевого белка, в настоящее время стал одной из наиболее значимых технических культур из-за растущей потребности в гуаровой камеди в пищевой, косметической, нефтедобывающей промышленности. Основные производители гуара и продуктов его переработки — Индия, Пакистан и США. Условия ряда районов юга России также подходят для индустриального выращивания этой культуры, что делает актуальной задачу его интродукции и селекции. Накоплен определенный опыт в изучении и выращивании этой культуры в СССР и России, во Всероссийском институте генетических ресурсов растений собрана и поддерживается коллекция форм гуара из основных зон его возделывания как исходный материал для интродукции и селекции. Приоритетное направление при выведении российских сортов — комплексное улучшение продуктивности, скороспелости и устойчивости к болезням.

¹ФГБНУ ФИЦ Всероссийский институт генетических ресурсов растений им. Н.И. Вавилова, 190000 Россия, г. Санкт-Петербург, ул. Большая Морская, 42-44, e-mail: n.dzyubenko@vir.nw.ru, elena.dzyubenko@gmail.com, e.potokina@vir.nw.ru;

²Филиал Кубанская опытная станция ФГБНУ ФИЦ Всероссийский институт генетических ресурсов растений им. Н.И. Вавилова, 352183 Россия, Краснодарский край, Гулькевичский р-н, пос. Ботаника, ул. Центральная, 2, e-mail: s_bulyntsev@mail.ru

Поступила в редакцию
28 октября 2017 года

Sel'skokhozyaistvennaya biologiya [Agricultural Biology], 2017, V. 52, № 6, pp. 1116-1128

CLUSTERBEANS *Cyamopsis tetragonoloba* (L.) Taub. — PROPERTIES, USE, PLANT GENETIC RESOURCES AND EXPECTED INTRODUCTION IN RUSSIA (review)

N.I. Dzyubenko¹, E.A. Dzyubenko¹, E.K. Potokina¹, S.V. Bulyntsev²

¹Federal Research Center the N.I. Vavilov All-Russian Institute of Plant Genetic Resources, Federal Agency of Scientific Organizations, 42-44, ul. Bol'shaya Morskaya, St. Petersburg, 190000 Russia, e-mail n.dzyubenko@vir.nw.ru, elena.dzyubenko@gmail.com, e.potokina@vir.nw.ru (corresponding author);

²Kuban Experiment Breeding Station, Branch of Federal Research Center the N.I. Vavilov All-Russian Institute of Plant Genetic Resources, Federal Agency of Scientific Organizations, 2, ul. Tsentral'naya, pos. Botanika, Gul'kevichskii Region, Krasnodarskii krai, 352183 Russia, e-mail s_bulyntsev@mail.ru
ORCID:

Abstract

Clusterbeans *Cyamopsis tetragonoloba* (L.) Taub. is annual leguminous plant of multipurpose use. In India it is known as a forage crop, green mass serves for animal feeding and as a green manure (K.V. Muradov, 1973). Young green pods are used as vegetable, and many vegetable guar varieties are cultivated (N.K. Dwivedi, 2009). Guar meal (husk and germ) is a high-protein ingredient for feeding cattle, broilers and fish, its antidiarrhoeal factors can be reduced by temperature treatment and adding enzymes (M. Hussain et al., 2012). Guar powder Churi 40 contains about 40 % of protein, granular guar fodders Korma 50 and Korma 60 contain 50 and 60 % of protein. Guar gum extracted from endosperm of guar seeds is used widely in food, textile, paper, cosmetic and oil industries for its ability to emulsify and thicken liquids (D. Mugdil et al., 2014). The demand in guar gum is increasing in domestic and world markets. Plant genetic diversity of the crop is allocated mainly to India where guar had been growing from ancient times. In USA guar breeding has succeeded with improved varieties (W. Liu, 2003). Guar collection founded in the Institute of Plant Genetic Resources (VIR), Russia, by N.I. Vavilov lists more than 100 accessions. Germination of guar seeds from VIR collection after 40-year storage even at the room temperature remained high. The research data and the practice of guar growing in Russia testify that the crop could be successfully cultivated in the southern regions. Here, the main desired traits of the guar are short time for crop maturation and high gum viscosity.

Keywords: guar, guar meal, granular guar fodder, guar gum, galactomannans, genetic resources of clusterbeans, introduction.

REFERENCES

1. Whistler R.L. Guar — a new industrial crop. *Chem. Ind.*, 1948, 62: 60-61.
2. Whistler R.L., Hymowitz T. *Guar: agronomy, production, industrial use, and nutrition*. Purdue University Press, West Lafayette, Indiana, 1979.
3. Gillet J.B. *Indigoferae* (Microcharis) in tropical Africa with related genera *Cyamopsis* and *Rhynchosytis*. *Kew Bull.*, 1958, Add Series 1: 1-16.
4. Senn H.A. Chromosome number relationship in the *Leguminosae*. *Bibliog. Genetics*, 1938, 12: 175-336.
5. Hymowitz T. The transdomestication concept as applied to guar. *Econ. Bot.*, 1972, 26: 49-60 (doi: 10.1007/BF02862261).
6. 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.
7. Vavilov N.I. The origin, variation, immunity and breeding of cultivated plants. *Chronica Botanica*, 1951, 13(1/6): 1-366.
8. Chudzikowski R.J. Guar gum and its applications. *Journal of the Society of Cosmetic Chemistry*, 1971, 22: 43-60.
9. Thombare N., Jha U., Mishra S., Siddigui M.Z. Guar gum as a promising starting material for diverse applications: A review. *Int. J. Biol. Macromol.*, 2016, 7(88): 361-372 (doi: 10.1016/j.ijbiomac.2016.04.001).
10. Gopala K.S., Dwivedi N.K., Singh J.P. Primitive weedy forms of guar, adak guar: possible missing link in the domestication of guar [*Cyamopsis tetragonoloba* (L.) Taub.]. *Genet. Resour. Crop Ev.*, 2011, 58: 961-966 (doi: 10.1007/s10722-011-9728-z).
11. Stafford R.E., Lewis C.R. Natural crossing in guar *Cyamopsis tetragonoloba* (L.) Taub. *Crop Sci.*, 1975, 15(6): 876-877 (doi:10.2135/cropsci1975.0011183X001500060042x).
12. Chaudhary B.S., Singh V.P. Extent of outcrossing in guar [*Cyamopsis tetragonoloba* (L.) Taub.]. *Genet. Agrar.*, 1986, 34: 59-62.
13. Ayyanagar G.N.P., Krishnaswami N. A note on the chromosome number in cluster bean (*Cyamopsis psoraloides* DC). *Indian J. Agr. Sci.*, 1933, 3: 934-935.
14. Das B., Arora S.K. Guar — its improvement and management. Guar seed — its chemistry and industrial utilization of gum. *Forage Res.*, 1978, 4: 79-101.
15. Arora S.K. Guar endosperm — its chemistry and utilization. In: *Indian Agro Exports* /S.S. Jasol (ed.). India, 1989: 277-302.
16. Anderson E. Endosperm mucilages of legumes: occurrence and composition. *Ind. Eng. Chem.*, 1949, 412: 2887-2890 (doi: 10.1021/ie50480a056).
17. Richhara R.H. Plant breeding and genetics in India. *Patna*, 1957, 1: 207-358.

18. Khare C.P. *Indian medicinal plants an illustrated dictionary*. New Delhi, 2004: 189-190.
19. Singh S., Devi B. *Cyamopsis tetragonoloba* (L). Taub.: a phyto-pharmacological review. *International Journal of Pharmacy and Pharmaceutical Research*, 2016, 7(4): 165-174.
20. Bhatt R.K., Jukanti A.K., Roy M.M. Cluster bean [*Cyamopsis tetragonoloba* (L.) Taub.], an important industrial arid legume: A review. *Legume Research International Journal*, 2017, 40(2): 207-214 (doi: 10.18805/lr.v0iOF.11188).
21. Muradov K.M. Opyt introduktsii *Cyamopsis tetragonoloba* (L.) Taub. na yuge Turkmenii. *Ras-titel'nye resursy*, 1973, 9(4): 516-523.
22. Singh N., Arya R.S., Sharma T., Dhuria R.K., Garg D.D. Effect of feeding of clusterbean (*Cyamopsis tetragonoloba*) straw based complete feed in loose and compressed form on rumen and haemato-biochemical parameters in Marwari sheep. *Vet. Pract.*, 2008, 9 (2): 110-115.
23. Bhakat C., Saini N., Pathak K.M.L. Comparative study on camel management systems for economic sustainability. *J. Camel Pract. Res.*, 2009, 16(1): 77-81.
24. Rao N.K., Shahid M. Potential of cowpea [*Vigna unguiculata* (L.) Walp.] and guar [*Cyamopsis tetragonoloba* (L.) Taub.] as alternative forage legumes for the United Arab Emirates. *Emir. J. Food Agric.*, 2011, 23(2): 147-156.
25. Tiwari S.P., Krishna G.P. Effect of boiled guar (*Cyamopsis tetragonoloba* (L.) Taub.) seed feeding on growth rate and utilization of nutrients in buffalo calves. *Indian Journal of Animal Production and Management*, 1990, 6(3): 119-126.
26. Hassan S.M., Al-Yousef Y.M., Bailey C.A. Effects of guar bean, guar meal and guar gum on productive performance of broiler chicks. *Asian Journal of Poultry Science*, 2013, 7: 34-40 (doi: 10.3923/ajpsaj.2013.34.40).
27. Heo P.S., Lee S.W., Kim D.H., Lee G.Y., Kim K.H., Kim Y.Y. Various levels of guar meal supplementation on growth performance and meat quality in growing-finishing pigs. *J. Anim. Sci.*, 2009, 87(E-Suppl. 2): 144.
28. Lee J.T., Connor-Appleton S., Haq Akram U., Bailer C.A., Cartwright A.L. Quantitative measurement of negligible trypsin inhibitors activity and nutrient analysis of guar meal fraction. *J. Agric. Food Chem.*, 2004, 52(21): 6492-6495 (doi: 10.1021/jf049674+).
29. Logaranjanai G., Banupriya S., Kathirvelan C. Nutritional evaluation of guar meal by in vitro digestibility. *International Journal of Science, Environment and Technology*, 2015, 4(4): 1232-1235.
30. Lund P., Weisbjerg M.R., Hvelplund T. Profile of digested feed amino acids from untreated and expander treated feeds estimated using in situ methods in dairy cows. *Livestock Sci.*, 2008, 114(1): 108-116.
31. Kostenkova E.V., Reinshtein L.N., Ostapchuk P.S. *Tavrisheskii vestnik agrarnoi nauki*, 2015, 2(4): 108-117 (in Russ.).
32. Bakshi Y.K., Greger C.R., Couch J.R. Studies on guar meal. *Poultry Sci.*, 1964, 43: 1302.
33. Hussain M., Rehman A.U., Khalid M.F. Feeding value of guar meal and the application of enzymes in improving nutritive value for broilers. *Worlds Poultry Sci. J.*, 2012, 68(2): 253-268 (doi: 10.1017/S0043933912000311).
34. Saini R.S. *Potential of rainfed guar (Cluster beans) cultivation, processing and export in India. Policy paper No 3*. National Rainfed Area Authority Planning Commission Government of India, NASC, New Delhi-110012, 2014.
35. Prajapati V.D., Jani G.K., Moradiya N.G., Randeria N.P., Nagar B.J., Naikwadi N.N., Variya B. C. Galactomannan: a versatile biodegradable seed polysaccharide. *Int. J. Biol. Macromol.*, 2013, 60: 83-92 (doi: 10.1016/j.ijbiomac.2013.05.017).
36. Reid J.S.G., Edwards M.E., Gidley M.J., Clark A.H. Mechanism and regulation of galactomannan biosynthesis in developing leguminous seeds. *Biochem. Soc. Transaction*, 1992, 20(1): 23-26.
37. Buckeridge M.S., Reid J.S.G. Major cell wall storage polysaccharides in legume seeds: Structure, catabolism and biological functions. *Ciencia e Cultura*, 1996, 48(3): 153-162.
38. Daoud K.M. The reserve polysaccharide of the seed of fenugreek: its digestibility and its fate during germination. *Biochem. J.*, 1932, 26: 255-263.
39. Heyne E., Whistler R.L. Chemical composition and properties of guar polysaccharides. *Journal of the American Chemical Society*, 1948, 70: 2249-2252.
40. Painter T.J., Gonzalez J.P., Hemmer C. The distribution of D-galactosyl groups in guaran and locust-bean gum: new evidence from periodate oxidation. *Carbohydr. Res.*, 1979, 69(1): 217-226 (doi: 10.1016/S0008-6215(00)85766-3).
41. Pathak R. Clusterbean gum and by-product. In: *Clusterbean: physiology, genetics and cultivation*. Singapore, 2015: 33-60 (doi: 10.1007/978-981-287-907-3_3).
42. Sharma P., Gummagolmath K.C. Reforming guar industry in India: issues and strategies. *Agricultural Economics Research Review*, 2012, 25: 37-48.
43. Beckwith D. Depending on guar for shale and gas development. *Journal of Petroleum Technology*, 2012, 64(12): 44-55.
44. Vishwakarma R.K., Nanda S.K., Shivhare U.S., Patil R.T. Status of post harvest technology of guar (*Cyamopsis tetragonoloba*) in India. *Agricultural Mechanization in Asia, Africa and Latin America*, 2009, 40(1): 65-72.

45. Mudgil D., Barak S., Khatkar B.S. Guar gum: processing, properties and food applications — a review. *J. Food Sci. Technol.*, 2014, 51: 409-418 (doi: 10.1007/s13197-011-0522-x).
46. Sharma P. *Guar industry vision 2020: single vision strategies (January 2, 2014)*. Available <https://ssrn.com/abstract=2373886>. No date (doi: 10.2139/ssrn.2373886).
47. Chaudhary S.P.S., Singh N.P., Singh R.V., Saini D.D., Khedar O.P. Promising guar variety RGC-1031 (Guar Kranti) for Rajasthan state. *Journal of Arid Legumes*, 2007, 4(1): 18-21.
48. Chaudhary S.P.S., Singh N.P., Khedar O.P., Saini D.D., Singh R.V. Performance of promising guar genotypes-RGC-1033 and RGC-1038. *Journal of Arid Legumes*, 2007, 4(1): 22-25.
49. Rai P.S., Dharmatti P.R. Genetic divergence studies in cluster bean genotypes [*Cyamopsis tetragonoloba* (L.) Taub.]. *Global Journal of Science Frontier Research Agriculture and Veterinary*, 2013, 13(5): 45-48.
50. Girish M.H., Gasti V.D., Thammaian N., Kerutagi M.G., Mulge R., Mastiholi A.B. Genetic divergence studies in cluster bean genotypes [*Cyamopsis tetragonoloba* (L.) Taub.]. *Karnataka Journal of Agricultural Sciences*, 2012, 25(2): 245-247.
51. Vijay O.P. Genetic variability, correlation and path-analyses in cluster bean (*Cyamopsis tetragonoloba* (L.) Taub. *Indian Journal Hort.*, 1988, 37:126-132
52. Anila G., Balakrishnan R. Variability studies in clusterbeans *Cyamopsis tetragonoloba* (L.) Taub. *South Indian Horticulture*, 1990, 38(6): 311-314.
53. Dwivedi N.K. Evaluation of vegetable guar *Cyamopsis tetragonoloba* (L.) Taub. germplasm. *Journal of Arid Legumes*, 2009, 6(1): 17-19
54. Muthuselvi R., Shanthi A. Genetic diversity in cluster bean [*Cyamopsis tetragonoloba* (L.) Taub.]. *The Asian J. Horticulture*, 2013, 8(2): 592-595.
55. 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.
56. Boghara M.C., Dhaduk H.L., Kumar S., Parekh M.J., Patel N.J., Sharma R. Genetic divergence, path analysis and molecular diversity analysis in cluster bean (*Cyamopsis tetragonoloba* L. Taub.). *Industrial Crops and Products*, 2016, 89: 468-477 (doi: 10.1016/j.indcrop.2016.05.049).
57. Manivannan A., Anandakumar C., Ushakumari R., Dahiya G. Genetic diversity of guar genotypes (*Cyamopsis tetragonoloba* (L.) Taub.) based on their agro-morphological traits. *Bangladesh J. Bot.*, 2015, 44(1): 59-65.
58. Kumar S., Joshi U.N., Singh V., Singh J.V., Saini M.L. Characterization of released and elite genotypes of guar (*Cyamopsis tetragonoloba* (L.) Taub.) from India proves unrelated to geographical origin. *Genet. Resour. Crop Ev.*, 2013, 60(7): 2017-2032 (doi: 10.1007/s10722-013-9970-7).
59. Singh R.V., Chaudhary S.P.S., Singh J., Singh N.P. Genetic divergence in clusterbean (*Cyamopsis tetragonoloba* (L.) Taub.). *Journal of Arid Legumes*, 2005, 2(1): 102-105.
60. Sultan M., Yousaf M.N., Rabbani M.A, Shinwari Z., Masood M.S. Phenotypic divergence in guar (*Cyamopsis tetragonoloba* L.) landrace genotypes of Pakistan. *Pak. J. Bot.*, 2012, 44: 203-210.
61. Arora R.N., Pahuja S.K. Mutagenesis in guar [*Cyamopsis tetragonoloba* (L.) Taub.]. *Plant Mutation Reports*. 2008, 2(1): 7-9.
62. *Annual Report 2015-2016*. ICAR-National Bureau of Plant Genetic Resources (Indian Council of Agricultural Research), Pusa Campus, New Delhi. Available <http://www.nbpr.ernet.in/Downloadfile.aspx?EntryId=7166>. No date.
63. Matlock R.L., Aeppli D.C. Growing guar in Arizona. In: *Growth and diseases of guar*. Agricultural Experimental Station Bull. University of Arizona, Tucson, 1948, V. 216: 5-29.
64. Street R.B. Diseases of guar. In: *Growth and diseases of guar*. Agricultural Experimental Station Bull. University of Arizona, Tucson, 1948, V. 216: 30-42.
65. Hymowitz T., Matlock R.S. Guar in the United States. *Oklahoma Agric. Exp. Station Tech. Bull.*, 1963, 611: 1-34.
66. Stafford R.E. *Lewis: a new guar variety*. Texas Agricultural Experiment Station. Texas, 1986, 2: Bull. L-2177.
67. Stafford R.E., Ray D.T. Registration of Lewis guar. *Crop Sci.*, 1985, 25: 365.
68. Ray D.T., Stafford R.E. Registration of Santa Cruz guar. *Crop Sci.*, 1985, 25(6): 1124-1125.
69. Abidi N., Liyanage S., Auld D., Imel R.K., Norman L., Grover K., Angadi S., Singla S., Trostle C. Challenges and opportunities for increasing guar production in the United States to support unconventional oil and gas production. In: *Hydraulic fracturing impacts and technologies*. V. Uddameri et al. (eds.). CRC Press, Boca Raton, 2015: 207-226 (doi: 10.1201/b1858-13).
70. Stafford R.E., Hymowitz T. Guar. In: *Hybridization of crop plants*. American Society of Agronomy-Crop Science Society of America, Madison, 1980: 381-392.
71. Liu W. *Evaluation of guar *Cyamopsis tetragonoloba* (L.) for gum and agronomic trait quality*. A Thesis in Agronomy for the degree of Doctor of Philosophy. Texas Tech University, 2003.
72. Morris J.B. Morphological and reproductive characterization of guar (*Cyamopsis tetragonoloba*) genetic resources regenerated in Georgia, USA. *Genet. Resour. Crop Ev.*, 2010, 57: 985-993 (doi: 10.1007/s10722-010-9538-8).

73. Undersander D.J., Putman D.H., Kaminski A.R., Helling K.A., Doll J.D., Oplinger E.S., Gunsolles J.L. Guar. In: *Alternative field crops manual*. University Wisconsin-Extension, Madison, 1991.
74. Jackson K.J., Doughton J.A. Guar: a potential industrial crop for the dry tropics of Australia. *Journal of the Australian Institute of Agricultural Science*, 1982, 42: 17-31.
75. Doughton, J.A., Berthelsen J. Guar: a versatile crop. *Queensland Agricultural Journal*, 1985, 111(5): 273-278
76. Singla S., Grover K., Angadi S.V., Schutte B., VanLeeuwen D. Guar stand establishment, physiology, and yield responses to planting date in Southern New Mexico. *American Journal of Plant Sciences*, 2016, 7: 1246-1258 (doi: 10.2134/agronj2016.04.0206).
77. Bryceson K.P., Cover M. *Value chain and market analyses for the Australian guar industry*. Australian Government, 2004: RIRDC Publication No 04/165.
78. Gresta F., Sortino O., Santonoceto C., Issi L., Formantici C., Galante Y.M. Effects of sowing times on seed yield, protein and galactomannans content of four varieties of guar (*Cyamopsis tetragonoloba* L.) in a Mediterranean environment. *Industrial Crops and Products*, 2013, 41: 46-52 (doi: 10.1016/j.indcrop.2012.04.0).
79. Gresta F., Luca, A.D., Strano A., Falcone G., Santonoceto C., Anastasi U., Gulisano G. Economic and environmental sustainability analysis of guar (*Cyamopsis tetragonoloba* L.) farming process in a Mediterranean area: two case studies. *Italian Journal of Agronomy*, 2014, 9(1): 20-24 (doi: 10.4081/ija.2014.565).
80. 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.
81. Gomaa A.M., Mohamed M.H. Application of bio-organic agriculture and its effect on guar *Cyamopsis tetragonoloba* (L.) Taub. root nodules, forage, seed yield and seed quality. *World Journal of Agricultural Sciences*, 2007, 3(1): 91-96.
82. Pavlova A. *Zernobobovye kul'tury*, 1964, 10: 24-26 (in Russ.).
83. Ivantsova M.I., Muradov K.M., Kazantseva V.K. *Izvestiya Akademii nauk Turkmenskoi SSR (Biologicheskie nauki)*, 1983, 6: 16-20 (in Russ.).
84. Nguen Lok. *Pervichnoe izuchenie iskhodnogo materiala bobovykh kul'tur dlya introduktsii i selektsii. Avtorefat kandidatskoi dissertatsii* [Study of genetic resources of legumes for introduction and breeding. PhD Thesis]. Leningrad, 1966 (in Russ.).
85. Bulyntsev S.V., Val'yanikova T.I., Silaeva O.I., Kopot' E.I., Pimonov K.I. *Materialy Vserossiiskoi konferentsii «Innovatsii v tekhnologiyakh vozdeleyvaniya sel'skokhozyaistvennykh kul'tur»* [Proc. Conf. «Innovative agro technologies for plant growing»]. Persianovka, 2017: 167-172 (in Russ.).
86. Lebed' D.V., Kostenkova E.V., Voloshin M.I. *Tavrisheskii vestnik agrarnoi nauki*, 2017, 1(9): 53-64 (in Russ.).
87. Voloshin M.I., Lebed' D.V., Brusentsov A.S. *Trudy Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*, 2016, 58(1): 84-91 (in Russ.).
88. Pimonov K.I., Evtushenko E.V., Kopot' E.I., Tokareva S.P. *Materialy Vserossiiskoi konferentsii «Innovatsii v tekhnologiyakh vozdeleyvaniya sel'skokhozyaistvennykh kul'tur»* [Proc. Conf. «Innovative agro technologies for plant growing»]. Persianovka, 2017: 117-121 (in Russ.).
89. Dzyubenko N.I., Dzyubenko E.A., Vinogradov Z.S., Rakovskaya N.V. *Materialy IV Vavilovskoi mezhdunarodnoi konferentsii* [Proc. IV Vavilov Int. Conf.]. St. Petersburg, 2017: 43 (in Russ.).