

КОЛЛЕКЦИИ МИРОВЫХ ГЕНЕТИЧЕСКИХ РЕСУРСОВ КУЛЬТУРНЫХ РАСТЕНИЙ ДЛЯ РАЗВИТИЯ ПРИОРИТЕТНЫХ НАПРАВЛЕНИЙ СЕЛЕКЦИИ

Научная статья

УДК 633.852.52:57.045

DOI: 10.30901/2227-8834-2023-3-79-89



Эколого-географическое изучение образцов арахиса коллекции ВИР

В. Д. Бемова¹, М. Ш. Асфандиярова^{1,2}, Т. В. Якушева³, В. А. Гаврилова¹, Н. В. Кишлян¹

¹ Федеральный исследовательский центр Всероссийский институт генетических ресурсов растений имени Н.И. Вавилова, Санкт-Петербург, Россия

² Прикаспийский аграрный федеральный научный центр Российской академии наук, Астраханская обл., Россия

³ Федеральный исследовательский центр Всероссийский институт генетических ресурсов растений имени Н.И. Вавилова, Кубанская опытная станция – филиал ВИР, Краснодарский край, Россия

Автор, ответственный за переписку: Виктория Дмитриевна Бемова, viktoria.bemova@yandex.ru

Актуальность. Арахис можно успешно выращивать на юге РФ в условиях Краснодарского края и Астраханской области. В настоящее время в Госреестр РФ включено два сорта арахиса: 'Отрадокубанский' и 'Астраханский 5'. Создание исходного материала для получения новых сортов арахиса, адаптивных к условиям выращивания в Краснодарском крае и Астраханской области, актуально.

Материалы и методы. Исследовали 57 коллекционных образцов арахиса разного происхождения. Трехлетнее изучение образцов по хозяйственно ценным признакам осуществляли в двух эколого-географических точках: в Краснодарском крае и Астраханской области. В качестве стандарта использовали сорт 'Отрадокубанский'. Для статистической обработки данных применяли двухфакторный дисперсионный анализ.

Результаты и обсуждение. При изучении образцов арахиса выявили большой размах изменчивости хозяйственно ценных признаков. Наиболее стабильным признаком является масса 1000 семян. Доля генотипа в изменчивости продуктивности – от 30 до 40%. Выявлено большое влияние почвенно-климатических факторов и места выращивания на вызреваемость бобов. Выход семян в большей степени зависит от генотипа (60–70%). Отобраны лучшие образцы по хозяйственно ценным признакам, представляющие ценный материал для селекции. Некоторые образцы обладают способностью давать хороший урожай либо в Астраханской области, либо в Краснодарском крае, другие – независимо от места выращивания. В результате проведенного исследования подтверждена возможность выращивания арахиса в Астраханской области со среднесуглинистыми почвами на поливе и в условиях Краснодарского края на черноземе без полива.

Ключевые слова: *Arachis hypogaea* L., продуктивность, вызреваемость бобов, масса 1000 семян, изменчивость признаков

Благодарности: работа выполнена при поддержке Минобрнауки России в рамках соглашения № 075-15-2022-323 от 21.04.2022 о предоставлении гранта в форме субсидий из федерального бюджета на осуществление государственной поддержки создания и развития научного центра мирового уровня «Агротехнологии будущего».

Авторы благодарят рецензентов за их вклад в экспертную оценку этой работы.

Для цитирования: Бемова В.Д., Асфандиярова М.Ш., Якушева Т.В., Гаврилова В.А., Кишлян Н.В. Эколого-географическое изучение образцов арахиса коллекции ВИР. *Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции*. 2023;184(3):79-89. DOI: 10.30901/2227-8834-2023-3-79-89

COLLECTIONS OF THE WORLD'S CROP GENETIC RESOURCES FOR THE DEVELOPMENT OF PRIORITY PLANT BREEDING TRENDS

Original article

DOI: 10.30901/2227-8834-2023-3-79-89

Ecogeographic study of peanut accessions from the VIR collection

Viktoriya D. Bemova¹, Minura Sh. Asfandiyarova^{1,2}, Tamara V. Yakusheva³, Vera A. Gavrilova¹, Natalya V. Kishlyan¹

¹ N.I. Vavilov All-Russian Institute of Plant Genetic Resources, St. Petersburg, Russia

² Caspian Agrarian Federal Research Center of the Russian Academy of Sciences, Astrakhan Province, Russia

³ N.I. Vavilov All-Russian Institute of Plant Genetic Resources, Kuban Experiment Station of VIR, Krasnodar Territory, Russia

Corresponding author: Viktoriya D. Bemova, viktoriya.bemova@yandex.ru

Background. It has been shown that southern oilseeds, including peanuts, can be successfully grown in the south of the Russian Federation under the conditions of Krasnodar Territory and Astrakhan Province. Currently, only two peanut cultivars are included in the State Register of the Russian Federation: 'Otradokubansky' and 'Astrakhansky 5'. Development of raw material for obtaining new peanut cultivars adaptable to the growing conditions in Krasnodar Territory and Astrakhan Province is a relevant task.

Materials and methods. We examined 57 peanut accessions of various origins from the VIR collection. The study of peanut accessions for agronomic characters was carried out in two ecogeographic sites located in Krasnodar Territory and Astrakhan Province. Cv. 'Otradokubansky' was used as a reference. ANOVA was applied for statistical data processing.

Results and discussion. A wide range of variability in agronomic characters was revealed during the study of peanut accessions. The most stable character was the 1000 seed weight. The share of the genotype the variability of productivity was from 30 to 40%. A great effect of soil and climate factors and the place of cultivation on the ripening of beans was observed. Seed yield depended on the genotype (60–70%) as well as on the temperature factors and the presence of moisture in the soil. The best accessions were selected according to their agronomic characters; they may serve as promising material for breeding. Some accessions are able to produce a good harvest either in Astrakhan Province or Krasnodar Territory, while others can do it regardless of the place of cultivation. This study confirmed the possibility of growing peanuts in Astrakhan Province on medium loamy soils under irrigation, or in Krasnodar Territory on black earth without irrigation.

Keywords: *Arachis hypogaea* L., productivity, bean maturation, 1000 seed weight, variability of characters

Acknowledgments: this research was supported by the Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation in accordance with Agreement No. 075-15-2022-323 dated April 21, 2022, on providing a grant in the form of subsidies from the federal budget of the Russian Federation. The grant was provided for the state-supported establishment and development of the world-class scientific center "Agrotechnologies for the Future".

The authors thank the reviewers for their contribution to the peer review of this work.

For citation: Bemova V.D., Asfandiyarova M.Sh., Yakusheva T.V., Gavrilova V.A., Kishlyan N.V. Ecogeographic study of peanut accessions from the VIR collection. *Proceedings on Applied Botany, Genetics and Breeding*. 2023;184(3):79-89. DOI: 10.30901/2227-8834-2023-3-79-89

Введение

Arachis hypogaea L. (арахис обыкновенный) – однолетнее травянистое растение из семейства бобовых (Fabaceae Lindl.). Особенностью арахиса является то, что его бобы развиваются в земле (геокарпия), за что арахис называют земляным орехом. По характеру цветения у арахиса различают два типа цветков: хазмогамные и клейстогамные. После оплодотворения цветоножка и основание завязи клейстогамных цветков преобразуются в гинофор, роль которого сводится к перенесению их в почву. Максимальная длина гинофора может достигать 16 см. В период надземного роста гинофора завязь остается неактивной, только после погружения в почву формируется зародыш. В связи с этим необходимое условие развития боба – влага, тепло и рыхлая структура почвы (Umen, 1933; Belova, 1953). По форме куста и совокупности других признаков выделяют кустовые, полукустовые и стелющиеся образцы арахиса. Среди группы кустовых форм различают семь сортогрупп (Vakhrusheva et al., 1998).

Арахис занимает 4-е место среди масличных культур и 14-е место среди продовольственных культур в мире (Belayneh, Chondie, 2022). Площади выращивания арахиса в мире (32,72 млн га) и общий годовой объем производства (53,92 млн тонн) неуклонно растут (FAOSTAT, 2021). Индия, Китай, Нигерия и Судан лидируют среди стран – производителей арахиса. Арахис является богатым источником питательных веществ: содержание масла в семенах составляет 44–56%, белка – 22–30%. Семена арахиса богаты ненасыщенными жирными кислотами, витаминами, минералами, клетчаткой и фитохимическими веществами, что, несомненно, может положительно влиять на здоровье человека. Арахис используется в кондитерской промышленности для производства конфет, шоколада, халвы и прочих изделий. Арахис может быть хорошим предшественником для многих культур, так как обогащает почву усвояемым азотом, который образуется клубеньковыми бактериями (Kishlyan et al., 2020).

В годы Советской власти арахис возделывался в республиках Средней Азии, Краснодарском крае и на юге Украинской ССР. Во Всероссийском институте масличных культур (ВНИИМК) были созданы сорта и перспективные линии. В настоящее время Россия импортирует арахис, так как промышленного производства нет. Существует опыт выращивания арахиса в фермерских хозяйствах (Северный Кавказ, Нижнее Поволжье) (Tuz et al., 2018). Коллекция ВИР насчитывает 1823 образца арахиса из 74 стран. Для выявления перспективных образцов арахиса и создания новых сортов нами была поставлена задача изучить коллекционные образцы по хозяйственно ценным признакам в условиях юга РФ. Эколого-географический подход широко используется сотрудниками ВИР для оценки потенциальной урожайности и экологической устойчивости перспективных сортов многих культур. О значимости такого подхода для ускорения темпов селекции указывал Н. И. Вавилов (Vavilov, 1940). Нами проведено эколого-географическое изучение коллекционных образцов арахиса в двух точках испытания в условиях Краснодарского края и Астраханской области в течение трех лет, что позволило выявить лучшие образцы по хозяйственно ценным признакам и рассматривать их как перспективный селекционный материал.

Материалы и методы исследования

В работе использовали 57 коллекционных образцов ВИР разного происхождения и разных сортогрупп: Испанский (к-154, Россия; к-178, США; к-319, Узбекистан; к-597, Канада; к-751, Португалия и др.); Улучшенный Испанский (к-179, США; к-354, Узбекистан и др.); Виргиния (к-46, США; к-300, Трансвааль); Валенсия (к-180, США; к-283, Узбекистан; к-317, Южная Родезия, Зимбабве; к-1026, Мали); Порто-Аллегро (к-173, США; к-1547, Мадагаскар); Теннесси Белый (к-362, 'Перзуван 46/2', Азербайджан; к-1697, Вьетнам) и Теннесси Красный (к-53, США; к-1713, Вьетнам). Исследования проводили в 2019–2021 гг. в двух географических точках: в Прикаспийском аграрном федеральном научном центре Российской академии наук (ПАФНЦ) на территории Астраханской области и на Кубанской опытной станции – филиале ВИР (КОС ВИР), расположенной в Краснодарском крае. Зоны различаются по климатическим и почвенным условиям.

ПАФНЦ расположен в зоне полупустынь. Климат экстремально засушливый, резко континентальный, с жарким летом, малым количеством осадков и большой испаряемостью. Почвенный покров представлен светло-каштановыми почвами с низким плодородием. Содержание гумуса в пахотном слое почвы невелико и находится в пределах 0,7–0,8%, валового азота и фосфора – 0,084 и 0,1% соответственно. Мощность гумусового слоя составляет 42–62 см (Zvolinski, 1991). Ежегодно вносили удобрения в начале вегетации через капельное орошение. Почва опытного участка по механическому составу определяется как среднесуглинистая, крупнопылевая. В течение всех трех сезонов осуществляли капельный полив арахиса: два раза в неделю в начальный период и один раз в 10 дней в период созревания при отсутствии дождей.

Кубанская ОС ВИР расположена в степной части Прикубанской равнины, рельеф ровный. Уровень грунтовых вод низкий (15–20 м), и они не оказывают заметного влияния на почвообразование. Глубина залегания гумусового горизонта – 130–170 см. Содержание гумуса в поверхностных горизонтах почвы – 3,6–4,6%. Равнинная местность и минимальный сток воды способствуют промыванию карбонатов из верхних горизонтов в нижние, поэтому почва представляет собой слабо выщелоченный чернозем. Климат умеренно континентальный, с жарким летом. Характерные особенности – обилие тепла и крайняя неустойчивость всех климатических элементов (Ruseeva, Narodetskaya, 1975). Арахис выращивали без полива.

Для роста и развития арахиса необходима сумма положительных температур 2600–3500°C (Vakhrusheva, 1998). Важным условием развития боба является наличие влаги, тепла и рыхлой структуры почвы, поэтому в начале вегетации проводили рыхление: на ПАФНЦ – после полива, на КОС – после дождя. Трехкратное окучивание повышает урожай семян арахиса на 59,2%, внесение удобрений приводит к увеличению числа бобов в 2 раза (Niklyayev, 1975). Для получения хорошего урожая арахиса в сезон проводили 2–3 окучивания, чтобы максимальное число гинофоров оказалось в земле. После созревания растения арахиса выкапывали, бобы отделяли от стебля и сушили в тканевых мешочках в помещении с хорошей вентиляцией.

Погодные условия всех трех лет были разными. Вместе с тем можно сказать, что различия в температурном режиме в двух точках были незначительные, но с явным

преимуществом высоких температур в ПАФНЦ (2020, 2021 гг.). Количество осадков было выше на КОС ВИР (рис. 1). При этом в течение всех трех сезонов в ПАФНЦ осуществляли капельный полив.

В ПАФНЦ сумма положительных температур за вегетационный период 2019 г. была 3347,6°C, что на 284,6°C выше среднемноголетней; атмосферных осадков выпало больше нормы. Большая часть осадков выпала в июле и сентябре. Лето на Кубанской ОС ВИР было жарким, с осадками значительно ниже нормы. Распределение осадков по месяцам было неравномерным. Высокая температура воздуха, недостаток осадков и ветер с суховеями способствовали почвенной засухе.

В 2020 г. в ПАФНЦ в течение всего летнего сезона температура воздуха была высокая. Июнь, июль и август были практически без осадков, что компенсировали капельным поливом. На КОС средняя температура воздуха в течение всего сезона превышала среднемноголетние значения. В июне осадки выпали в преде-

лах нормы, в июле – на 33 мм больше нормы. В августе дефицит осадков составил 39 мм. Нехватка осадков в августе, высокая температура воздуха привели к почвенной и воздушной засухе к концу летнего сезона.

В 2021 г. в ПАФНЦ летние температуры были выше нормы, с мая по август происходило увеличение температур. Количество осадков умеренное. На КОС ВИР температура воздуха была выше среднемноголетней. Обильные осадки выпали в июне и августе.

Оценку хозяйственно ценных признаков проводили согласно «Классификатору вида *Arachis hypogaea* L.» (Vakhrusheva, Ivanenko, 1985) и методическим указаниям «Изучение коллекции арахиса (*Arachis hypogaea* L.)» (Vakhrusheva, 1995). Изучали признаки: продуктивность – масса бобов с 1 растения, вызреваемость, масса 1000 семян, выход семян. Проведен двухфакторный дисперсионный анализ. Статистическую обработку данных проводили с использованием программы Microsoft Office Excel 10.

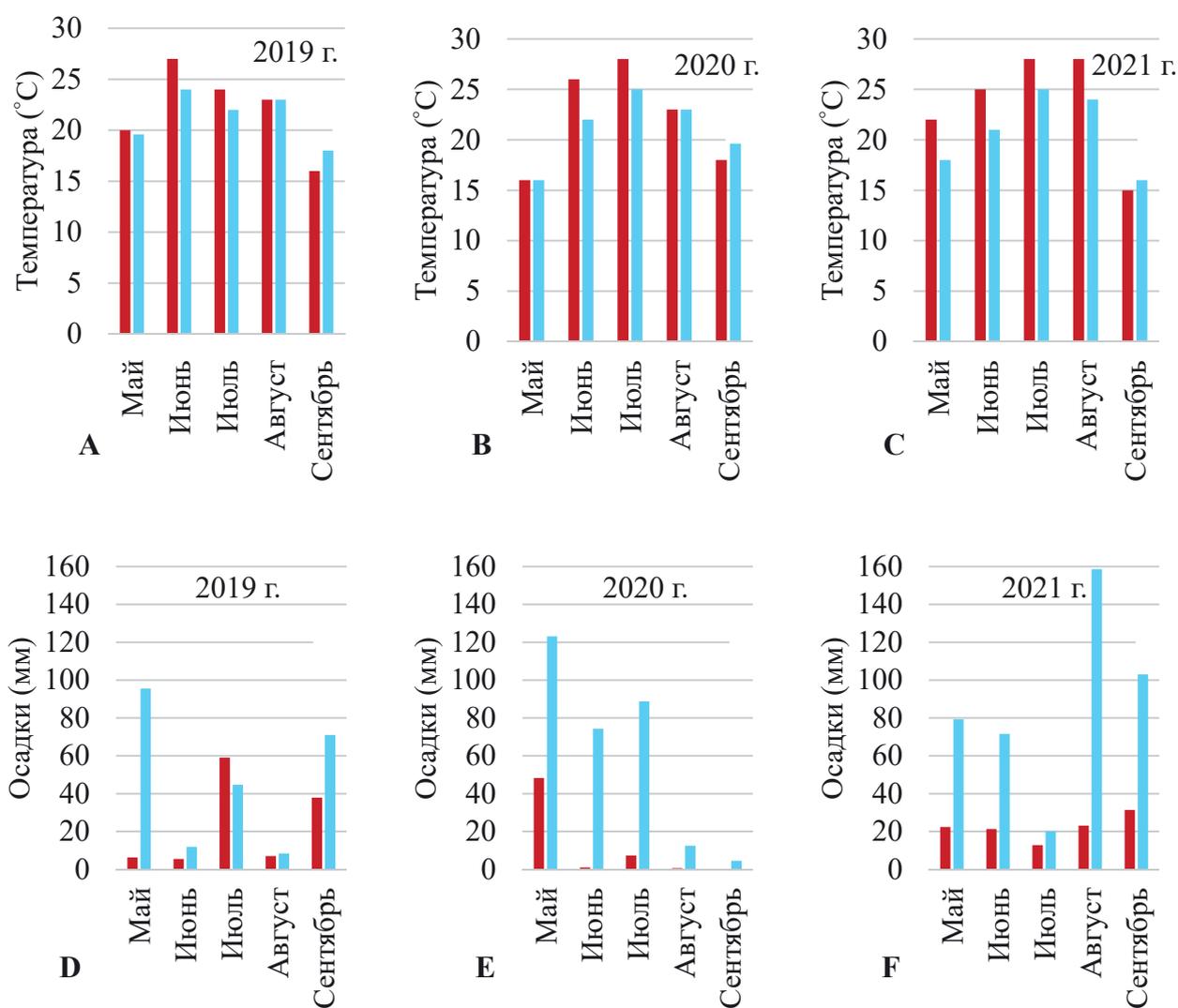


Рис. 1. Средняя температура и количество осадков в период вегетации арахиса в 2019–2021 гг. в Прикаспийском аграрном федеральном научном центре (красный) и на Кубанской опытной станции ВИР (синий):

A, B, C – средняя температура (°C); D, E, F – суммарные осадки (мм)

Fig. 1. Mean temperature and precipitation during the peanut growing seasons in 2019–2021 at the Caspian Agrarian Federal Research Center of the RAS (red) and Kuban Experiment Station of VIR (blue):

A, B, C – mean temperature (°C); D, E, F – total precipitation (mm)

Результаты

Продуктивность

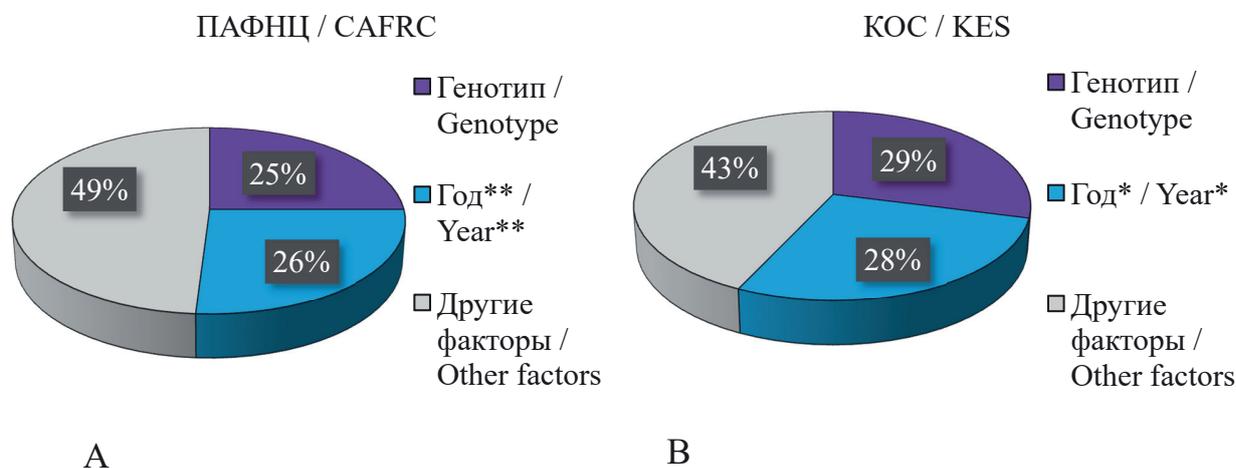
Важным показателем при определении урожайности является продуктивность. Установлено, что продуктивность в ПАФНЦ у коллекционных образцов колеблется в зависимости от года и условий выращивания от 11 до 44 г, в то время как на КОС ВИР – от 4 до 60 г.

На основе двухфакторного дисперсионного анализа трех лет изучения выявлено, что доля влияния на продуктивность генотипа в ПАФНЦ – 25%, на КОС ВИР – 29% (рис. 2). Большое влияние на продуктивность оказывают неучтенные факторы: на ПАФНЦ – 49%, на КОС ВИР – 43%. Влияние фактора года в ПАФНЦ и на КОС ВИР – 26 и 28% соответственно (влияние достоверно при $p \leq 0,01$). Большое влияние неучтенных факторов можно объяснить различием почвенно-климатических условий и агротехнических приемов (полив, рыхление, окуливание) в двух точках выращивания. Коэффициент вариации (CV) признака продуктивности на КОС выше, чем в ПАФНЦ (таблица).

удалось подсчитать массу 1000 семян на КОС ВИР в 2019 г. Поэтому на рисунке 3 представлены данные двухфакторного дисперсионного анализа массы 1000 семян на КОС ВИР за два года, а для ПАФНЦ – за три. В ПАФНЦ за три года изучения доля влияния генотипа – 88%, на КОС ВИР за два года изучения влияние генотипа на массу 1000 семян – 93%.

Отмечено варьирование массы 1000 семян у образцов арахиса по годам внутри одного места исследования (ПАФНЦ и КОС ВИР). Коэффициент вариации массы 1000 семян среди лучших образцов в ПАФНЦ – 4,2–14,3%, на КОС ВИР – 1,5–31,1%. Масса 1000 семян была выше в ПАФНЦ по сравнению с КОС ВИР, за исключением отдельных образцов.

Выделено 10 крупносемянных образцов с массой 1000 семян 600–800 г: к-74 (Мексика); к-168 (Китай), к-173 (Бразилия); к-720 (Израиль); к-747 (Румыния); к-1942 (Россия), к-168, к-2064, 2065 (Китай); к-1987 (стандарт 'Отрадокубанский', Россия). Мелкосемянными образцы (масса 1000 семян менее 400 г): к-596 ('Negrotipo 2', Аргентина); к-597 ('Early Spanish 0833', Канада). Необходимо от-



** – влияние достоверно при $p \leq 0,01$; * – влияние достоверно при $p \leq 0,05$
 ** – the effect is significant at $p \leq 0.01$; * – the effect is significant at $p \leq 0.05$

Рис. 2. Влияние генотипа и года на продуктивность у образцов арахиса в Прикаспийском аграрном федеральном научном центре (А) и на Кубанской опытной станции ВИР (В), 2019–2021 гг.

Fig. 2. The effect of the genotype and the year on the productivity of peanut accessions at the Caspian Agrarian Federal Research Center of the RAS (A) and Kuban Experiment Station of VIR (B) in 2019–2021

Выделены лучшие по продуктивности образцы за три года изучения одновременно в ПАФНЦ и КОС ВИР: сорта 'Десертный' (к-793, Россия); 'Краснодарец 14' (к-1942, ВНИИМК, Россия); к-173 (Бразилия); к-202 (Северная Манчжурия, Харбин); к-868 (Уганда) (см. таблицу). Лучшие по продуктивности образцы за три года изучения в ПАФНЦ: к-175 (Бразилия); к-317 (Южная Родезия, Зимбабве); к-747 (Румыния); к-2002 (№20031, ВНИИМК, Россия); к-2066 (Китай) и на КОС ВИР: к-178 (США); к-283 (Узбекистан); к-362 (Азербайджан); к-698 (Марокко); к-720 (Израиль); к-751 (Португалия); к-1157 (Камерун); к-1547 (Мадагаскар); к-1697 (Вьетнам) (см. таблицу). Коэффициент вариации признака продуктивности оказался самым высоким по сравнению с другими признаками.

Масса 1000 семян

На основе дисперсионного анализа установлено большое влияние генотипа на массу 1000 семян. Нам не

метить, что некоторые образцы, проявляющие в ПАФНЦ массу 1000 семян более 400 г, на КОС ВИР перешли в группу мелкосемянных; масса 1000 семян 200–300 г: к-3, к-178, к-179, к-180 (США); к-64 (Ява); к-154 ('Испанский', Россия); к-163 (Грузия); к-300 (Трансвааль); к-317 (Зимбабве); к-319, 354 (Узбекистан); к-416 (Аргентина); к-433 (Сенегал); к-555 (Индия); к-695 (Марокко); к-903 (Танзания); к-939 (Бразилия); к-1001 (Эквадор); к-1026, к-1027 (Мали); к-1143 (Аргентина); к-1157 (Камерун).

Вызреваемость

Вызреваемость бобов арахиса – это отношение числа вызревших бобов к общему числу бобов (сумма вызревших и невызревших бобов). По классификатору (Vakhrusheva, Ivanenko, 1985) вызреваемость арахиса – это показатель скороспелости. Чем выше показатель вызреваемости, тем более скороспелый образец. В ПАФНЦ этот показатель у всех образцов в 2020 г. был не ниже 80%, за ис-

Таблица. Характеристика лучших образцов арахиса по хозяйственно ценным признакам, Прикаспийский аграрный федеральный научный центр и Кубанская опытная станция ВИР (средние значения за 3 года, 2019–2021 гг.)

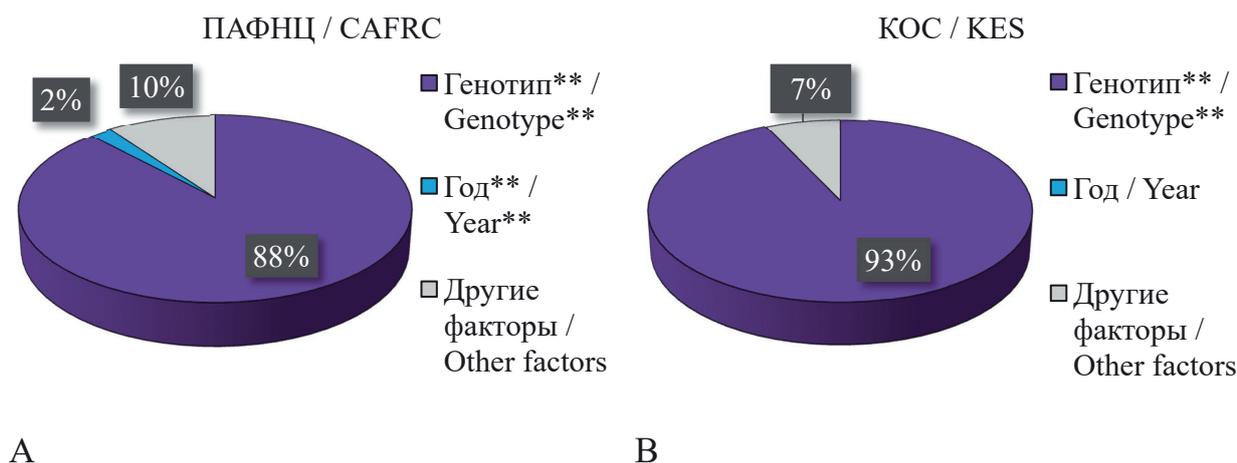
Table. Description of the best peanut accessions according to their agronomic characters at the Caspian Agrarian Federal Research Center of the RAS and Kuban Experiment Station of VIR (average for 3 years, 2019–2021)

Номер по каталогу ВИР / VIR catalogue No.	Происхождение / Origin	Название / Name	Сортотип / Cultivar type	Продуктивность, г / Productivity, g		Масса 1000 семян, г / 1000 seed weight, g		Вызреваемость, % / Ripening, %		Лужистость, % / Husk content, %	
				Mean ± Se ¹ , g	CV, %	Mean ± Se, g	CV, %	Mean ± Se, %	CV, %	Mean ± Se, %	CV, %
Кубанская опытная станция ВИР / Kuban Experiment Station of VIR											
1987 ст.	Россия	Отрадокубанский	Валенсия	61,1 ± 25,0	70,9	642,5 ± 53,5*	11,7	48,0 ± 7,1	25,6	33,9 ± 0,3*	1,2
173	Бразилия	Roxo	Порто-Аллегро	54,6 ± 32,9	90,4	611,5 ± 33,5*	7,7	32,1 ± 16,2	16,2	39,2 ± 2,0*	7,4
178	США		Испанский	32,7 ± 6,3	33,4	338,0 ± 12,0*	5,0	47,9 ± 14,8	14,8	31,8 ± 1,0*	4,8
202	Северная Манчжурия	zemljanoj oreh n3	стелющийся	44,5 ± 11,8	46,0	614,5 ± 23,5*	5,4	60,4 ± 12,2	12,2	37,9 ± 2,9*	10,8
283	Узбекистан		Валенсия	42,7 ± 8,7	35,6	455,0 ± 52,0*	16,1	54,0 ± 15,5	15,5	33,5 ± 0,6*	2,7
362	Азербайджан	Перзуван 46/2	Теннеси Белый	33,5 ± 4,2*	6,3	435,5 ± 11,5*	3,7	36,3 ± 22,4	22,4	35,9 ± 0,1*	0,6
698	Марокко		полукустовой	61,8 ± 19,1	53,5	635,0 ± 24,0*	5,3	29,9 ± 15,6	15,6	37,3 ± 0,7*	2,8
720	Израиль	Red Rehovot	Виргиния	39,5 ± 2,3	10,1	482,6 ± 242,6*	8,4	32,8 ± 17,9	17,9	35,7 ± 2,8*	11,0
751	Португалия		Испанский	45,9 ± 11,2	42,5	563,0 ± 50,0*	12,5	49,4 ± 15,3	15,3	30,4 ± 1,8*	8,3
793	Россия		Десертный	37,5 ± 13,0	60,0	400,0 ± 88,0*	31,1	59,7 ± 9,9	9,9	28,5 ± 3,2*	16,1
868	Уганда	Ntuku Kigezi	Валенсия	35,8 ± 3,7	18,1	460,0 ± 75,0*	23,0	63,6 ± 14,1	14,1	41,9 ± 14,8*	13,5
1157	Камерун	70-112	Испанский	52,1 ± 9,5	31,5	320,0 ± 57,0*	25,1	56,9 ± 9,6	9,6	40,0 ± 1,5*	5,3
1547	Мадагаскар	57-107	Порто-Аллегро	33,9 ± 3,9	20,2	449,0 ± 5,0*	1,5	56,8 ± 17,5	17,5	35,3 ± 1,5*	6,2
1697	Вьетнам		Теннеси Белый	34,9 ± 7,0	35,0	410,5 ± 14,5*	5,0	51,8 ± 9,5	9,5	32,2*	0
1942	Россия	Краснодарец 14	Валенсия	61,2 ± 2,7*	17,9	832,0 ± 100,0*	17,0	30,2 ± 19,6	19,6	36,6 ± 2,4*	9,4
НСР				5,6		76,9		4,3		2,3	

Таблица. Окончание
Table. The end

Номер по каталогу ВИР / VIR catalogue No.	Происхождение / Origin	Название / Name	Сортотип / Cultivar type	Продуктивность, г / Productivity, g		Масса 1000 семян, г / 1000 seed weight, g		Вызреваемость, % / Ripening, %		Лузжистость, % / Husk content, %	
				Mean ± Se ¹ , g	CV, %	Mean ± Se, g	CV, %	Mean ± Se, %	CV, %	Mean ± Se, %	CV, %
Прикаспийский аграрный федеральный научный центр / Caspian Agrarian Federal Research Center of the RAS											
1987 ст.	Россия	Отрадокубанский	Валенсия	28,2 ± 0,6	3,7	743,3 ± 27,1	6,3	88,6 ± 2,9	5,8	32,8 ± 1,0	5,3
173	Бразилия	Roxo	Порто-Аллегро	33,9 ± 8,2	42,3	756,6 ± 20,5	4,7	84,9 ± 0,9	2,0	35,4 ± 0,5	2,6
175	Бразилия	Rasteiro	полукустовой	22,4 ± 1,9	15,0	540,3 ± 44,8	14,3	95,3 ± 3,3	6,1	29,2 ± 2,1	12,4
202	Северная Манчжурия	zemljanoj oreh n3	стелющийся	23,8 ± 2,6	18,9	671,3 ± 40,3	10,4	78,8 ± 5,3	11,8	38,6 ± 2,6	11,7
317	Южная Родезия		Валенсия	29,6 ± 5,6	33,1	477,6 ± 38,4	13,9	90,1 ± 1,0	2,0	26,8 ± 1,1	7,5
747	Румыния		стелющийся	21,2 ± 2,1	17,5	762,3 ± 18,4	4,2	84,8 ± 2,8	5,7	35,7 ± 2,2	10,9
793	Россия	Десертный	Валенсия	31,5 ± 1,9	10,9	567,6 ± 22,8	6,9	94,5 ± 1,3	2,4	25,3 ± 1,1	7,6
868	Уганда	Ntuku Kigezi	Валенсия	29,3 ± 3,3	19,4	666,3 ± 23,1	6,0	88,9 ± 1,0	2,0	30,8 ± 0,9	5,2
1942	Россия	Краснодарец 14	Валенсия	27,3 ± 1,7	10,7	706,0 ± 32,7	8,0	90,9 ± 0,7	1,4	28,1 ± 1,6	10,2
2002	Россия	№ 20031	Валенсия	29,8 ± 7,6	44,6	593,0 ± 42,3	12,3	87,2 ± 1,7	3,5	28,1 ± 2,0	12,
2066	Китай	Long Hua Sheng 2	Валенсия	25,9 ± 2,6	17,5	675,6 ± 21,8	5,6	87,3 ± 2,3	4,7	23,9 ± 1,3	9,5
НСР				2,6		63,4		3,1		3,1	

Примечание: ¹ Mean ± Se – среднее с доверительным интервалом (± стандартная ошибка) за три года изучения; * – среднее за два года
 Note: ¹ Mean ± Se – three-year mean with a confidence interval (± standard error); * – two-year means



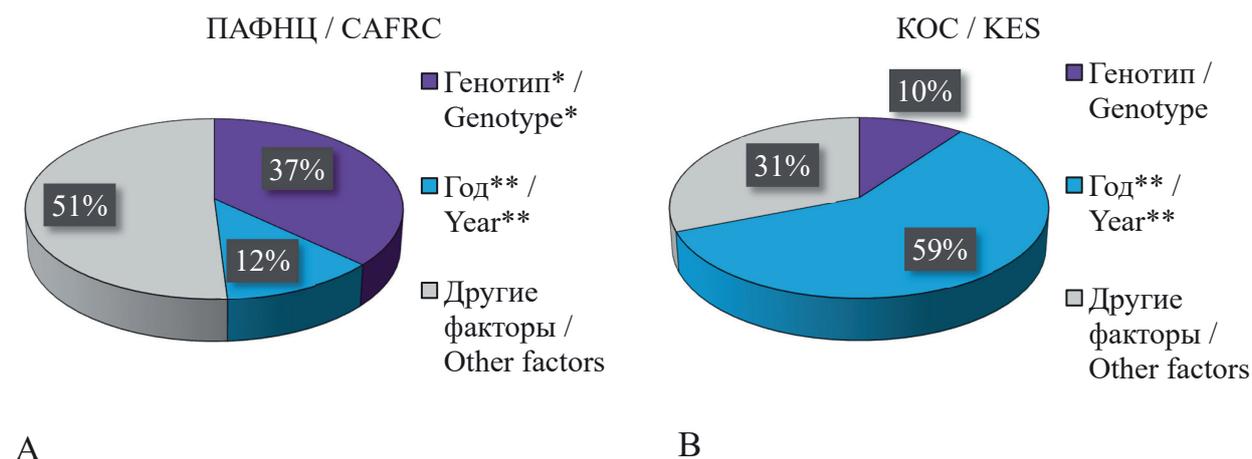
** – влияние достоверно при $p \leq 0,01$; * – влияние достоверно при $p \leq 0,05$
 ** – the effect is significant at $p \leq 0.01$; * – the effect is significant at $p \leq 0.05$

Рис. 3. Влияние генотипа, года и других факторов на массу 1000 семян образцов арахиса, Прикаспийский аграрный федеральный научный центр (А) 2019–2021 гг., Кубанская опытная станция ВИР (В) 2020–2021 гг.

Fig. 3. The effect of the genotype, year, and other factors on the 1000 seed weight of peanut accessions at the Caspian Agrarian Federal Research Center of the RAS (A) in 2019–2021, and Kuban Experiment Station of VIR (B) in 2020–2021

ключением образцов: к-41, к-51 (США), к-168 (Западный Китай), к-202 (Северная Манчжурия). В 2019 и 2021 г. вызреваемость у ряда образцов была на уровне 60–70%. На КОС ВИР вызреваемость бобов даже у лучших по продуктивности образцов арахиса была на уровне 50–60%, у некоторых образцов – 20–30%. При двухфакторном дисперсионном анализе за три года изучения в ПАФНЦ было выявлено достоверное влияние генотипа на вызреваемость – 37% и фактора года – 12%. Неучтенные факторы составили 51% (рис. 4). На КОС ВИР погодные условия за три года оказались настолько разными, что влияние фактора года на вызреваемость составило 59%. При этом влияние генотипа – 10%.

Таким образом, на вызреваемость бобов большое влияние оказывает место выращивания и, соответственно, разные почвенно-климатические условия. В ПАФНЦ при высокой вызреваемости большинства образцов продуктивность может быть разной (от высокой и средней до низкой). Наиболее высокая вызреваемость в ПАФНЦ обусловлена стабильными условиями выращивания на поливе. На КОС ВИР при высокой продуктивности вызреваемость в большинстве случаев ниже 50%. На вызреваемость бобов в наибольшей степени влияют агротехнические приемы (полив, рыхление, окучивание), температурный фактор и структура почвы. Вызреваемость бобов арахиса – признак с наибольшим размахом изменчиво-



** – влияние достоверно при $p \leq 0,01$; * – влияние достоверно при $p \leq 0,05$
 ** – the effect is significant at $p \leq 0.01$; * – the effect is significant at $p \leq 0.05$

Рис. 4. Влияние генотипа, года и условий выращивания на вызреваемость образцов арахиса за три года, Прикаспийский аграрный федеральный научный центр (А), Кубанская опытная станция ВИР (В), 2019–2021 гг.

Fig. 4. The effect of the genotype, year, and growing conditions on the ripening rate of peanut beans during the three years of study at the Caspian Agrarian Federal Research Center of the RAS (A) and Kuban Experiment Station of VIR (B), 2019–2021

сти. Вызреваемость и продуктивность – важные элементы структуры урожая.

Выход семян

При лущении бобов получают два показателя: выход семян (%) и лужистость (%). Чем меньше процентное содержание лужки, тем выше выход семян. По данным двухфакторного дисперсионного анализа, на выход семян в ПАФНЦ за три года изучения влияние генотипа – 56% и фактора года – 6% (рис. 5). При анализе выхода семян на КОС ВИР за два года изучения доля влияния генотипа составила 74%, фактора года – 6%. Таким образом, для признака «выход семян» решающее значение имеет генотип.

Масса 1000 семян в наибольшей степени определяется генотипом (до 90%), однако место выращивания также оказывает влияние на этот признак. На КОС ВИР у большинства образцов масса 1000 семян была меньше, чем в ПАФНЦ, за некоторым исключением. Масса 1000 семян – слабо варьирующий признак $CV = 4,2-16,1\%$. Эти данные согласуются с данными авторов из Эфиопии, которые при изучении сортов арахиса в разных условиях установили, что в среднем за два года испытания коэффициент вариации массы 1000 семян был на уровне 7,6%. Самый высокий уровень варьирования отмечен для числа бобов на растении – 24,6% (Belay et al., 2018). Благодаря эколого-географическому испытанию, проведенному в разных регионах Эфиопии, при помощи дис-

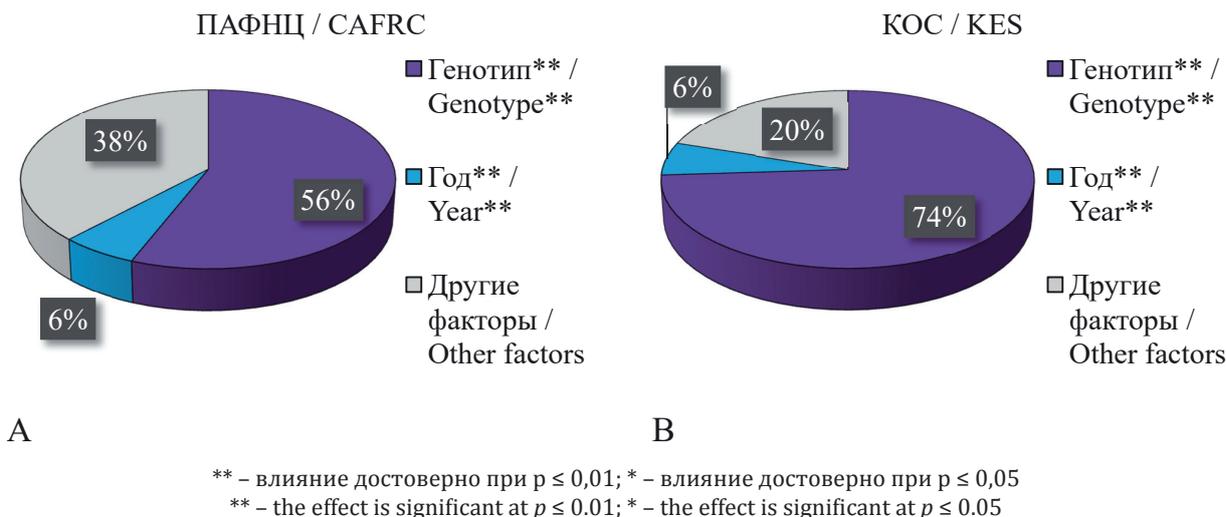


Рис. 5. Влияние генотипа, года и других факторов на выход семян, Прикаспийский аграрный федеральный научный центр (А) 2019–2021 гг., Кубанская опытная станции ВИР (В) 2020–2021 гг.

Fig. 5. The effect of the genotype, year, and other factors on the peanut seed yield at the Caspian Agrarian Federal Research Center of the RAS (A) in 2019–2021, and Kuban Experiment Station of VIR (B) in 2020–2021

Обсуждение

Проведенное изучение 57 коллекционных образцов арахиса в двух географических точках позволило выявить размах изменчивости хозяйственно ценных признаков. Продуктивность образцов арахиса значительно варьировала в зависимости от почвенно-климатических и других факторов. Влияние генотипа на продуктивность – на уровне 25–30%. Коэффициент вариации признака продуктивности выше на КОС ВИР, чем в ПАФНЦ, и самый высокий по сравнению с коэффициентом вариации других признаков. Вызреваемость у лучших образцов по продуктивности на ПАФНЦ была на уровне 70–90%, на КОС ВИР – 30–60%. Коэффициент вариации признака вызреваемости также более высокий на КОС ВИР. Низкий процент вызреваемости бобов арахиса на Кубанской станции, возможно, связан с тем, что завязывается максимальное количество бобов, но они не успевают вызреть. Как правило, на КОС ВИР в сентябре начинаются дожди и уборку проводят раньше (в конце сентября или начале октября). Образцы на ПАФНЦ убирают позднее (10–15 октября). Вызреваемость бобов арахиса – признак с наибольшим размахом изменчивости у образцов. Зависит от места выращивания, при стабильных условиях – на 40% от генотипа. Выход семян – важный признак структуры урожая. Влияние генотипа на данный признак – 60–70%.

персионного анализа были выявлены наиболее продуктивные, урожайные и крупносемянные сорта арахиса и установлены лучшие сорта для каждой зоны. Авторы сообщили об изменчивости компонентов урожая среди сортов арахиса в зависимости от сезона. Различия в урожайности этих сортов могут быть связаны с их генотипом и характером агроэкологической адаптивности (Gebregziabher et al., 2017; Belay et al., 2018; Belayneh, Chondie, 2022). В то же время при изучении 30 сортов арахиса в разных регионах Алжира была выявлена высокая изменчивость признака массы 1000 семян (CV до 40,12%) (Djeghim et al., 2021).

При изучении изменчивости признаков структуры урожая у двух сортов и пяти линий арахиса в 2015–2017 гг. в Астраханской области показано, что 76% изменчивости массы 1000 семян определяется генотипом, тогда как продуктивность находится под наименьшим влиянием генотипа (15%) (Tuz et al., 2018), что согласуется с результатами нашего исследования. По данным других авторов (Golombek et al., 1995; Sanders, Blankenship, 1984), даже незначительные колебания средней температуры почвы могут привести к различиям в размере семян арахиса, созревании бобов и урожайности.

Полученные нами данные свидетельствуют о том, что ряд образцов обладает способностью давать хороший урожай и в Астраханской области, и в Краснодарском крае.

Заключение

Впервые проведено изучение 57 коллекционных образцов арахиса в течение трех лет в двух эколого-географических точках. Это позволило выявить значительный размах изменчивости по хозяйственно ценным признакам и показать долю влияния генотипа и факторов среды на них. Было установлено, что образцы достоверно различаются по продуктивности, массе 1000 семян, вызреваемости, выходу семян. Наиболее стабильный признак – масса 1000 семян. Для ПАФНЦ характерна более высокая вызреваемость, чем на КОС ВИР. Вызреваемость на КОС ВИР имеет большой размах изменчивости по годам, что связано с варьированием погодных факторов и отсутствием полива. Влияние генотипа на продуктивность – на уровне 25–30%, на выход семян – 60–70%.

Выделены лучшие образцы по продуктивности одновременно в двух точках (ПАФНЦ и КОС ВИР): 'Десертный' (к-793), 'Краснодарец 14' (к-1942) (Россия); к-173 (Бразилия); к-202 (Северная Манчжурия); к-868 (Уганда). В результате проведенного исследования можно сделать вывод, что условия Астраханской области в зоне полупустынь со среднесуглинистыми почвами на поливе и Краснодарского края в зоне степей на черноземе без полива позволяют выращивать арахис. В качестве селекционного материала отобраны лучшие образцы по комплексу хозяйственно ценных признаков: продуктивность, вызреваемость, выход семян.

References / Литература

- Belay F., Meresa H., Syum S. Genetic variation and association for kernel yield and yield related traits of released groundnut (*Arachis hypogaea* L.) varieties in Abergelle District, Northern Ethiopia. *Journal of Medicinal Plants Studies*. 2018;6(6):265-271.
- Belayneh D.B., Chondie Y.G. Participatory variety selection of groundnut (*Arachis hypogaea* L.) in Taricha Zuriya district of Dawuro Zone, southern Ethiopia. *Heliyon*. 2022;24;8(3):e09011. DOI: 10.1016/j.heliyon.2022.e09011
- Belova E.V. Biological features of peanut flowering and fruiting (Biologicheskiye osobennosti tsveteniya i plodoobrazovaniya arakhisa) [dissertation]. Leningrad: VIR; 1953. [in Russian] (Белова Е.В. Биологические особенности цветения и плодообразования арахиса: дис. ... канд. биол. наук. Ленинград: ВИР; 1953).
- Djeghim H., Bellil I., Khelifi D. Genetic diversity of the Algerian peanut population analyzed using morphological markers and seed storage proteins. *Proceedings on Applied Botany, Genetics and Breeding*. 2021;182(3):111-124. DOI: 10.30901/2227-8834-2021-3-111-124
- FAOSTAT: Food and Agriculture Organization of the United Nations. Food and agriculture data. Rome: FAO; 2021. Available from: <https://www.fao.org/faostat/en/#data/QCL> [accessed Apr. 20, 2023].
- Gebregziabher B.S., Harfe E., Tekle G. Groundnut (*Arachis hypogaea* L.) varieties evaluation for yield and yield components at Tanqua-Abergelle district, Northern Ethiopia. *Sky Journal of Agricultural Research*. 2017;6(3):057-061.
- Golombek S.D., Sridhar R., Singh U. Effect of soil temperature on the seed composition of three Spanish cultivars of groundnut (*Arachis hypogaea* L.) *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 1995;43(8):2067-2070. DOI: 10.1021/jf00056a021
- Kishlyan N.V., Bemova V.D., Matveeva T.V., Gavrilova V.A. Biological peculiarities and cultivation of groundnut (a review). *Proceedings on Applied Botany, Genetics and Breeding*. 2020;181(1):119-127. [in Russian] (Кишлян Н.В., Бемова В.Д., Матвеева Т.В. Гаврилова В.А. Биологические особенности и возделывание арахиса. *Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции*. 2020;181(1):119-127). DOI: 10.30901/2227-8834-2020-1-119-127
- Niklyayev V.S. Biological features of peanut flowering and fruiting in Guinea (Biologicheskiye osobennosti tsveteniya i plodoobrazovaniya arakhisa v usloviyakh Gvinei). *Agricultural Biology*. 1975;10:933-936. [in Russian] (Никляев В.С. Биологические особенности цветения и плодообразования арахиса в условиях Гвинеи. *Сельскохозяйственная биология*. 1975;10:933-936).
- Ruseeva Z.N., Narodetskaya Sh.Sh. Agroclimatic resources of Krasnodar Territory (Agroklimaticheskiye resursy Krasnodarskogo kraja). Leningrad: Gidrometeoizdat; 1975. [in Russian] (Русеева З.Н., Народецкая Ш.Ш. Агроклиматические ресурсы Краснодарского края. Ленинград: Гидрометеоздат; 1975).
- Sanders T.H., Blankenship P.D. Effect of soil temperature on yield factors of Florunner peanuts. *Proceedings of American Peanut Research and Education Society*. 1984;16(1):29. Available from: <https://apresinc.com/images/2014/06/Volume-16-1984-MobileAL.pdf> [accessed Apr. 13, 2023].
- Tuz R.K., Podolnaya L.P., Asfandiyarova M.Sh., Dubovskaya A.G., Eremin V.A., Migacheva E.O. Variability of peanut samples of VNIIMK's breeding in the conditions of the Astrakhan region. *Oil Crops. Scientific and Technical Bulletin of VNIIMK*. 2018;4(176):64-67. [in Russian] (Туз Р.К., Подольная Л.П., Асфандиярова М.Ш., Дубовская А.Г., Еремин В.А., Мигачева Е.О. Изменчивость образцов арахиса селекции ВНИИМК в условиях Астраханской области. *Масличные культуры. Научно-технический бюллетень ВНИИМК*. 2018;4(176):64-67). DOI: 10.25230/2412-608X-2018-3-175-64-67
- Umen D.P. The biology of peanut flowering (Biologiya tsveteniya arakhisa). Krasnodar: VNIIMK; 1933. [in Russian] (Умен Д.П. Биология цветения арахиса. Краснодар: ВНИИМК; 1933).
- Vakhrusheva T.E. Evaluation of the peanut collection (*Arachis hypogaea* L.). Guidelines (Izucheniye kollektzii arakhisa (*Arachis hypogaea* L.). Metodicheskiye ukazaniya). St. Petersburg: VIR; 1995. [in Russian] (Вахрушева Т.Е. Изучение коллекции арахиса (*Arachis hypogaea* L.). Методические указания. Санкт-Петербург: ВИР; 1995).
- Vakhrusheva T.E. Peanut (Arakhis). In: *Oil Crops for Food Purposes in Russia (Breeding Problems and Assortment) (Maslichnye kultury dlya pishchevogo ispolzovaniya v Rossii [problemy selektzii, sortiment])*. St. Petersburg: VIR; 1998. p.20-23. [in Russian] (Вахрушева Т.Е. Арахис. В кн.: *Масличные культуры для пищевого использования в России (проблемы селекции, сортимент)*. Санкт-Петербург: ВИР; 1998. С.20-23).
- Vakhrusheva T.E., Ivanenko E.N. Species classifier for *Arachis hypogaea* L. (Peanut, or groundnut) (Klassifikator vida *Arachis hypogaea* L. [Arakhis podzemny ili zemlyanoy orekh]) Leningrad: VIR; 1985. [in Russian] (Вахрушева Т.Е., Иваненко Е.Н. Классификатор вида *Arachis hypogaea* L. (Арахис подземный или земляной орех). Ленинград: ВИР; 1985).
- Vakhrusheva T.E., Ivanenko E.N., Karimova A.Yu. Catalogue of the VIR global collection. Issue 694. Peanut. S.N. Kutuzova (ed.). St. Petersburg: VIR; 1998. [in Russian] (Вахрушева Т.Е., Иваненко Е.Н., Каримова А.Ю. Каталог миро-

вой коллекции ВИР. Выпуск 694. Арахис / под ред. С.Н. Кутузовой. Санкт-Петербург: ВИР; 1998).
Vavilov N.I. The new systematics of cultivated plants. Oxford: The Clarendon Press; 1940.
Zvolinski V.P. Integrated development of multisectoral agricultural production in the Lower Volga agroindustrial

system (Kompleksnoye razvitiye mnogootraslevogo selskokhozyaystvennogo proizvodstva v sisteme APK Nizhney Volgi). Moscow: RUDN; 1991. [in Russian] (Зволинский В.П. Комплексное развитие многоотраслевого сельскохозяйственного производства в системе АПК Нижней Волги. Москва: РУДН; 1991).

Информация об авторах

Виктория Дмитриевна Бемова, лаборант-исследователь, Федеральный исследовательский центр Всероссийский институт генетических ресурсов растений имени Н.И. Вавилова, 190000 Россия, Санкт-Петербург, ул. Б. Морская, 42, 44, viktoria.bemova@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0002-9574-0356>

Мунира Шаймардановна Асфандиярова, кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник, Прикаспийский аграрный федеральный научный центр Российской академии наук, 416251 Россия, Астраханская обл., Черноярский р-н, с. Соленое Займище, квартал Северный, 8, rtuz@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0002-3801-3734>

Тамара Владимировна Якушева, младший научный сотрудник, Федеральный исследовательский центр Всероссийский институт генетических ресурсов растений имени Н.И. Вавилова, Кубанская опытная станция – филиал ВИР, 352183 Россия, Краснодарский край, п. Ботаника, ул. Центральная, 2, kos-vir@yandex.ru, <http://orcid.org/0000-0002-2661-2377>

Вера Алексеевна Гаврилова, доктор биологических наук, главный научный сотрудник, Федеральный исследовательский центр Всероссийский институт генетических ресурсов растений имени Н.И. Вавилова, 190000 Россия, Санкт-Петербург, ул. Б. Морская, 42, 44, v.gavrilova@vir.nw.ru, <https://orcid.org/0000-0002-8110-9168>

Наталья Васильевна Кишлян, кандидат биологических наук, старший научный сотрудник, Федеральный исследовательский центр Всероссийский институт генетических ресурсов растений имени Н.И. Вавилова. 190000 Россия, Санкт-Петербург, ул. Б. Морская, 42, 44, natalya-kishlyan@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0003-4454-6948>

Information about the authors

Viktoria D. Bemova, Laboratory Research Assistant, N.I. Vavilov All-Russian Institute of Plant Genetic Resources. 42, 44 Bolshaya Morskaya Street, St. Petersburg 190000, Russia, viktoria.bemova@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0002-9574-0356>

Munira Sh. Asfandiyarova, Cand. Sci. (Agriculture), Senior Researcher, Caspian Agrarian Federal Research Center of the Russian Academy of Sciences, 8 Severny Block, Solenoe Zaimishche, Chernoyarsky District, Astrakhan Province 416251, Russia, rtuz@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0002-3801-3734>

Tamara V. Yakusheva, Associate Researcher, N.I. Vavilov All-Russian Institute of Plant Genetic Resources, Kuban Experiment Station of VIR, 2 Tsentralnaya St., Botanika Settlement, Krasnodar Territory 352183, Russia, kos-vir@yandex.ru, <http://orcid.org/0000-0002-2661-2377>

Vera A. Gavrilova, Dr. Sci. (Biology), Chief Researcher, N.I. Vavilov All-Russian Institute of Plant Genetic Resources, 42, 44 Bolshaya Morskaya Street, St. Petersburg 190000, Russia, v.gavrilova@vir.nw.ru, <https://orcid.org/0000-0002-8110-9168>

Natalya V. Kishlyan, Cand. Sci. (Biology), Senior Researcher. N.I. Vavilov All-Russian Institute of Plant Genetic Resources, 42, 44 Bolshaya Morskaya Street, St. Petersburg 190000, Russia, natalya-kishlyan@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0003-4454-6948>

Вклад авторов: все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации.

Contribution of the authors: the authors contributed equally to this article.

Конфликт интересов: авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interests: the authors declare no conflicts of interests.

Статья поступила в редакцию 24.05.2023; одобрена после рецензирования 16.06.2023; принята к публикации 04.09.2023. The article was submitted on 24.05.2023; approved after reviewing on 16.06.2023; accepted for publication on 04.09.2023.