**Научная статья**
**УДК 633.368:57.085.23**
**DOI: 10.30901/2658-6266-2022-3-o4**

(cc) BY

# Способность к каллусообразованию у арахиса культурного (*Arachis hypogaea* L.)

**В. Д. Бемова[1], Л. Г. Макарова[1], Е. О. Гурина[1], В. А. Гаврилова[1], Т. В. Матвеева[2]**

[1]Федеральный исследовательский центр Всероссийский институт генетических ресурсов растений имени Н.И. Вавилова (ВИР), Санкт-Петербург, Россия

[2]Санкт-Петербургский государственный университет (СПбГУ), Санкт-Петербург, Россия

***Автор, ответственный за переписку:*** Татьяна Валерьевна Матвеева, radishlet@gmail.com; Вера Алексеевна Гаврилова, v.gavrilova@vir.nw.ru

**Актуальность.** Россия входит в число крупнейших стран-покупателей арахиса. В то же время на юге стране ряд зон соответствует требованиям для возделывания этой культуры. Повышение урожайности существующих сортов арахиса возможно с использование современных методов биотехнологии, в частности агробактериальной трансформации. Из литературных данных известно, что разные генотипы арахиса и эксплланты из разных источников по-разному реагируют на регенерацию *in vitro*. Успешное каллусообразование зависит от правильного протокола, включающего состав сред, способствующих росту и индукции *in vitro*. **Материал и методы:** в работе использовали восемь образцов арахиса из коллекции ВИР различного происхождения. Зародышевые экспланты выращивали на среде Мурасиге-Скуга с добавлением гормона 2,4-дихлорфеноксиуксусная кислота (2,4-Д). **Цель работы**: получить образование каллуса из клеток зародыша арахиса и выявить генотипы, лучшим образом продуцирующие каллусообразование. **Результаты и обсуждение:** в результате оценки способности образовывать каллусы из зародышей арахиса при выращивании на среде Мурасиге-Скуга с гормоном 2,4-Д в концентрации 2 г/л выявлены различия в способности к каллусообразованию у разных образцов. Образцы под номерами каталога к-793, к-2054 и к-2055 не образовали каллусы. Образцы к-698 и к-l987 показали наибольший процент образования каллусов из зародышевых эксплантов.

***Ключевые слова:*** зародышевые экспланты, регенерация, *in vitro,* 2,4-дихлорфеноксиуксусная кислота

***Благодарности:*** Работа выполнена при поддержке Министерства науки и высшего образования РФ в рамках проекта №075-15-2020-922 от 16.11.2020

***Для цитирования:*** Бемова В.Д., Макарова Л.Г., Гурина Е.О., Гаврилова В.А., Матвеева Т.В. Оценка способности каллусообразования у арахиса. *Биотехнология и селекция растений.* 2022;5(3):25-32. DOI: 10.30901/2658-6266-2022-3-o4

Прозрачность финансовой деятельности. Авторы не имеют финансовой заинтересованности в представленных материалах или методах. Авторы благодарят рецензентов за их вклад в экспертную оценку этой работы. Мнение журнала нейтрально к изложенным материалам, авторам и их месту работы.

© Бемова В.Д., Макарова Л.Г., Гурина Е.О, Гаврилова В.А., Матвеева Т.В., 2022

**Original article**
**DOI: 10.30901/2658-6266-2022-3-o4**

# Callus formation ability in cultivated peanuts (*Arachis hypogaea* L.)

**Viktoriya D. Bemova[1], Larisa G. Makarova[1], Elena O. Gurina[1], Vera A. Gavrilova[1], Tatyana V. Matveeva[2]**

[1]N.I. Vavilov All-Russian Institute of Plant Genetic Resources (VIR), St. Petersburg, Russia

[2]St. Petersburg State University (SPbSU), St. Petersburg, Russia

***Corresponding author:*** Tatyana V. Matveeva, radishlet@gmail.com; Vera A. Gavrilova, v.gavrilova@vir.nw.ru

**Background:** Russia is one of the largest peanut importing countries. At the same time, in the south of the country, several zones meet the requirements for peanut cultivation. It is possible to increase the yield of the existing peanut varieties by using modern biotechnology methods, in particular agrobacterial transformation. It is known from the literature data that different peanut genotypes and explants from various sources react differently to *in vitro* regeneration. Successful regeneration depends on the correct protocol, including both the type of regeneration and the composition of media promoting growth and *in vitro* induction. **Objectives:** a technique for obtaining peanut regenerants in *in vitro* culture. **Materials and methods:** Eight peanut accessions from the VIR collection of different origin were used in the work. Embryonic explants were grown on Murashige-Skoog medium supplemented with the hormone 2,4-dichlorophenoxyacetic acid (2,4-D). **Results and conclusions:** As a result of assessing the regenerative ability of peanuts grown on Murashige-Skoog medium with the hormone 2,4-D at a concentration of 2 g/L, differences in the callus formation ability were revealed in different accessions. Those with catalog numbers k-793, k-2054 and k-2055 did not form organogenic calli, while accessions k-698 and k-1987 showed the highest percentage of callus formation from embryonic explants.

***Key words:*** embryonic explants, regeneration, *in vitro*, 2,4-dichlorophenoxyacetic acid

***Acknowledgements:*** The research was supported by the Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation in accordance with Agreement №075-15-2020-922 dated 16.11.2020

***For citation:*** Bemova V.D., Makarova L.G., Gurina E.O, Gavrilova V.A., Matveeva T.V. Callus formation ability in cultivated peanuts (*Arachis hypogaea* L.). *Plant Biotechnology and Breeding*. 2022;5(3):25-32. DOI: 10.30901/2658-6266-2022-3-o4

Financial transparency. The authors have no financial interest in the presented materials or methods. The authors thank the reviewers for their contribution to the peer review of this work. The journal's opinion is neutral to the presented materials, the authors, and their employers.

© Bemova V.D., Makarova L.G., Gurina E.O, Gavrilova V.A., Matveeva T.V., 2022

## Введение

Арахис (*Arachis hypogaea* L.) – культура, выращиваемая во всем мире, источник растительного белка и масла. Во многих странах арахис относится к числу основных масличных культур и вносит значительный вклад в продовольственную безопасность. Семена арахиса содержат 40-60% масла и 20-37% белка и широко используются в кондитерской промышленности при производстве конфет, шоколада, халвы и другой продукции. В России эту культуру импортируют до 100 тысяч тонн в год (Tuz, 2018). Существует возможность возделывания арахиса на юге России (Kishlyan et al., 2020). Для решения проблемы получения высокоустойчивых сортов к биотическим и абиотическим факторам среды в настоящее время арахис широко вовлекается в геномные исследования, включая методы генной инженерии. Технологии редактирования генома и трансформации генов обеспечивают генетическое улучшение. Арахис обладает способностью усвоить азот из почвы за счет азотфиксирующих бактерий. Один из способов повышения урожайности – увеличение азотфиксации.

Успешное создание трансгенных растений арахиса зависит от протоколов регенерации и генетической трансформации *in vitro*. Необходимо учитывать генотипически обусловленные различия в способности арахиса регенерировать в культуре *in vitro*. Работы по регенерации растений из культивируемых соматических тканей арахиса появились в начале 1980-х годов (Mroginski et al., 1981; Pittman, 1983). Для регенерации использовали молодые листочки проростков арахиса 3-5-дневного возраста (получены в асептической культуре из семян). На данный момент существуют исследования о получении эксплантов арахиса из различных источников, в том числе из семядольного узла (Marka et al, 2018), незрелых листьев (Mehta et al., 2013; Anuradha et al., 2008), мезокотиля (Chen et al., 2015) и зародышевых осей (Geng et al., 2012; Rohini, Rao, 2000). Несмотря на то, что арахис считается трудной культурой для культивирования тканей, в настоящее время показано, что генетическая трансформация с помощью *Agrobacterium*[1] возможна при использовании различных источников эксплантов арахиса (Lamboro et al., 2021). Перед проведением трансформации необходимо создать культуру клеток *in vitro.*

## Материал и методы

Для проведения опыта были выбраны восемь образцов арахиса коллекции ВИР различного происхождения. Список представлен в таблице 1. Использованы семена репродукции 2019 года, выращенные на Кубанской опытной станции – филиале ВИР.

**Таблица 1. Список образцов, использованных для оценки их способности к каллусообразованию**

**Table 1. List of accessions used to assess their callus forming capability**

| №/ No | № по каталогу ВИР/ VIR catalogue No. | Название/ Name | Происхождение/ origin |
|---|---|---|---|
| 1 | 555 | - | Индия |
| 2 | 597 | ‘Early Spanish’ | Канада |
| 3 | 698 | Sel.C.R.A. Issue de Куба 15237 | Марокко |
| 4 | 793 | ‘Десертныйэ | Россия |
| 5 | 939 | ‘Tatiki’ | Бразилия |
| 6 | 1987 | ‘Отрадокубанский’ | Россия |
| 7 | 2054 | №19940 | ВНИИМК |
| 8 | 2055 | №19828 | ВНИИМК |

**Приготовление питательной среды для изучения способности каллусообразования у арахиса.** Были использованы:

-Сухая смесь Сигма с макро-микроэлементами-витаминами – 4,4 г/л

-Сахароза – 20 г/л

-Агар – 7 г/л

Сухая смесь Сигма, приготовленная по рецепту Мурасиге-Скуга (Murashige, Skoog, 1962), включала: $KNO_3$, $NH_4NO_3$, $CaCl_2$, $MgSO_4$ x $7H_2O$, $H_2PO_4$, Мезоинозит, Сахароза, Микросоли (сток) ($H_3BO_3$, $MnSO_4$, $ZnSO_4$, $CuSO_4$, $CoCl_2$, KJ, $NaMoO_4$ x $2H_2O$), Fe-Хелат (сток) ($FeSo_4$ x $7H_2O$, $Na_2EDTA$ x $2H_2O$), Витамины: никотиновая кислота (PP), пиродоксин ($B_6$), тиамин ($B_1$). Кислотность

[1] От редактора: в тексте сохранен авторский вариант синонимичного названия бактерий рода *Rhizobium* Frank 1889 (emend. Young et al., 2001), а именно *Agrobacterium* Conn 1942 (emend. Sawada et al. 1993).
Editor’s note: the author’s version of the synonymous name of *Rhizobium* Frank 1889 (emend. Young et al., 2001), namely *Agrobacterium* Conn 1942 (emend. Sawada et al. 1993) genus of bacteria was retained in the text.

среды pH = 5,6 достигали с помощью 1N KOH или HCL.

**Процесс приготовления**. В 1000 мл дистиллированной воды растворяли сухую смесь Сигма (4,4 г/л) и сахарозу (20 г/л). Доводили кислотность раствора до pH = 5,8. Затем добавляли агар из расчета 7 г/л. Для проведения опыта был добавлен гормон 2,4-Д (2,4-дихлорфеноксиуксусная кислота – 2 г/л.

Затем проводили автоклавирование при температуре 121°C в течение 20 минут в условиях медленного нагрева и остывания.

**Подготовка семян арахиса для изучения каллусообразования.** Бобы арахиса дезинфицировали в течение 10 минут в 37% водном растворе перекиси водорода, после чего производили извлечение семян. Далее, семена опускали в 37% раствор перекиси водорода на 3 минуты, затем промывали в автоклавированной воде 10 минут. Обработанные таким образом семена с помощью скальпеля разделяли на семядоли и вычленяли зародыш (рис. 1). Всего для работы было выделено 120 зародышей, по 15 для каждого образца. Каждый зародыш помещали в чашку Петри на среду Мурасиге-Скуга, содержащей гормон 2,4-Д в концентрации 2 г/л.

Согласно ранее проведенным исследованиям, концентрация гормона 2,4-Д в диапазоне от 2 до 3 г/л является оптимальной для индуцирования каллусообразования у зародышей арахиса, независимо от типа эксплантата или светового режима (Baker et al., 1995).

Чашки Петри с высаженными зародышами содержали при температуре +24°C и круглосуточном освещении. Через 20 дней были отобраны зародыши с наилучшим каллусообразованием, которые затем были перенесены на питательную среду без гормона.

Измерения размеров каллусов проводили сразу после посадки на среду. В последующем вели наблюдение за ростом каллуса у зародышей и фиксировали стадии этого процесса на фото каждые 10 дней.

**(a)** **(b)**

**Рис. 1. Разрезанное семя арахиса (a) и извлеченный зародыш (b)**

**Fig. 1. Cut peanut seed (a) and extracted germ (b)**

## Результаты и обсуждение

Наилучшая регенерационная способность отмечена у образцов к-698 из Марокко (70% зародышей образовали каллусы) и к-1987 сорт ‘Отрадокубанский’ из России (100% зародышей образовали каллусы) (рис. 2). Эти образцы и будут использованы в дальнейшей работе для проведения трансформации и получения трансгенных растений.

Был проведен дисперсионный анализ с целью установить статистические различия между образцами по проценту каллусообразования (табл. 2). В результате, так как значение P меньше $\alpha = 0,05$, можно заключить, что между образцами есть существенная разница.

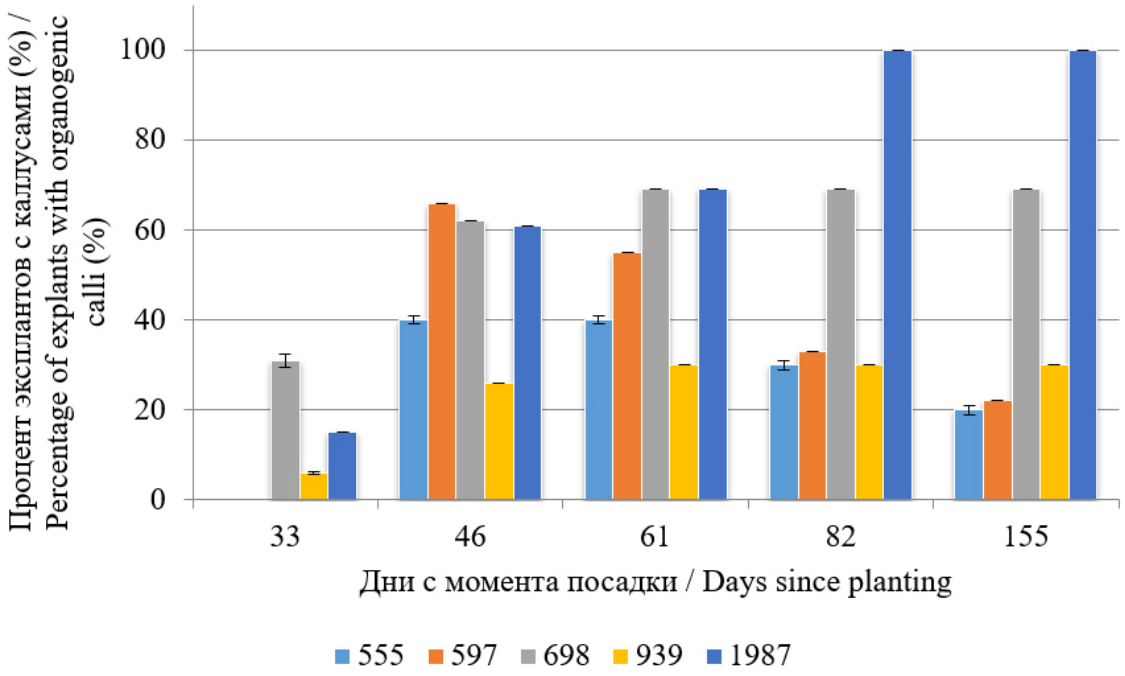



**Рис. 2. Динамика образования каллусов на зародышевых эксплантах арахиса**

**Fig. 2. Dynamics of callus formation in peanut germ explants**

**Таблица 2. Дисперсионный анализ влияния генотипа образца на каллусообразование**

**Table 2. Analysis of variance of the accession genotype influence on the callus formation**

| Источник вариации/ Source of Variation | SS | df | MS | F | P | F критическое |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Между группами/ Between groups | 8303,840 | 4 | 2075,960 | 4,029 | 0,014 | 2,866 |
| Внутри групп/ Within groups | 10304 | 20 | 515,2 | | | |
| Итого/ Total | 18607,840 | 24 | | | | |

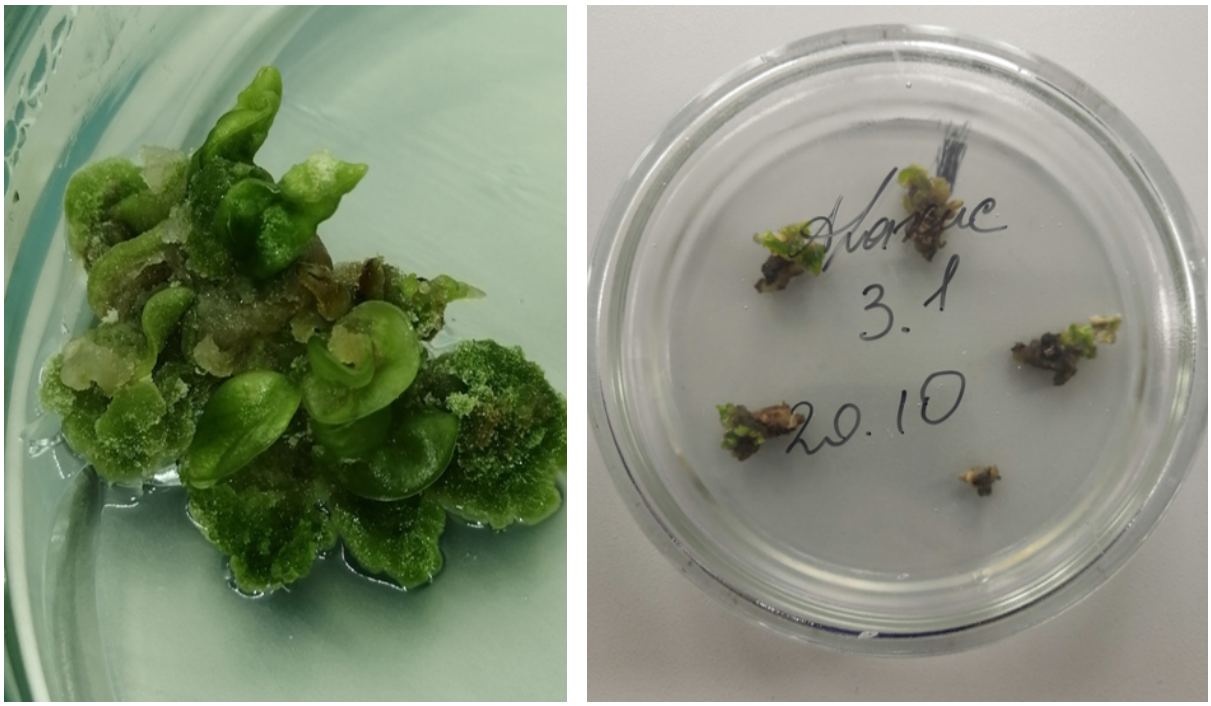
**Примечание:** SS – сумма квадратов, Df – степени свободы, MS – средняя сумма квадратов, P – уровень значимости, F – эмпирический критерий Фишера

В ходе работы измеряли длину зародышей и диаметр каллусов (табл. 3). Размер зародышей в начале культивирования составлял в среднем 5 мм. В течение семи дней после посадки зародышей на питательную среду происходило их постепенное увеличение. Через 20 дней зародыши наиболее крупного размера, начавшие образовывать каллус, были перенесены на среду без гормона. Наибольшее увеличение размера каллусов происходило в период с 26-го по 33- й день после посадки (см. табл. 3). Зародыши большинства образцов демонстрировали образование каллуса, а у сорта ‘Отрадокубанский’ наблюдали появление также и маленьких зеленых листьев (рис. 3a). У образцов под номерами к-555, к-597 и к-939 существенного увеличения размеров после образования каллусов не наблюдалось, в то время как к-698 (рис. 3b) и к-1987 (см. рис. 3a) демонстрировали рост во время всего периода наблюдения. Образцы к-793, к-2054 и к-2055 не образовали каллусов.

**Таблица 3. Динамика изменения среднего диаметра каллуса у образцов арахиса на разных сроках (мм)**

**Table 3. Dynamics of mean callus diameter change in peanut samples on different dates (mm)**

| № по каталогу ВИР/ VIR catalogue No | Дни с момента посадки/ Days since planting | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | 26 | 33 | 46 | 61 | 82 | 155 |
| | Средний диаметр каллуса (мм)/ Mean callus diameter (mm) | | | | | |
| 555 | 8,0 | 9,0 | 10,0 | 10,0 | 10,1 | 10,1 |
| 597 | 7,0 | 9,2 | 9,2 | 9,2 | 9,3 | 9,3 |
| 698 | 8,0 | 12,1 | 12,2 | 13,0 | 13,2 | 13,4 |
| 939 | 8,0 | 8,9 | 9,0 | 9,0 | 9,0 | 9,0 |
| 1987 | 8,0 | 11,7 | 12,2 | 13,1 | 13,8 | 14,5 |




**(a)** **(b)**

**Рис. 3. Образование каллуса на зародышах арахиса**
Образцы: (а) – к-1987; (б) – к-698

**Fig. 3. Callus formation in peanut germs**
Accessions: (a) – к-1987, (b) – к-698

Для оценки влияния генотипа образцов на размер каллусов был проведен дисперсионный анализ (табл. 4). Согласно его результатам, существенной разницы между образцами нет.

Проведенные исследования показывают, что возможность получения каллусов из зародышевых эксплантов арахиса зависит от генотипа используемых образцов, что соответствует результатам опытов других экспериментаторов (Baker et al., 1995; Joshi et al., 2003). Способность к регенерации может сильно варьировать. Так в наших исследованиях из восьми образцов три (к-793, к-2054, к-2055) не образовали каллус, к-698 и к-1987 показали высокий процент каллусообразования, а остальные продемонстрировали средние результаты. Образцы к-698 и к-1987 целесообразно использовать в дальнейшей работе по оптимизации протокола получения каллуса из клеток зародыша арахиса. Статистически достоверных доказательств в пользу влияния генотипа образца на размер

**Таблица 4. Дисперсионный анализ влияния генотипа образца на размер каллуса**

**Table 4. Analysis of variance of the accession genotype influence on the callus size**

| Источник вариации/ Source of Variation | SS | df | MS | F | P | F критическое |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Между группами/ Between groups | 50,082 | 4 | 12,520 | 1,860 | 0,136 | 2,605 |
| Внутри групп/ Within groups | 269,188 | 40 | 6,729 | | | |
| Итого/ Total | 319,271 | 44 | | | | |

**Примечание:** SS – сумма квадратов, Df – степени свободы, MS – средняя сумма квадратов, P – уровень значимости, F –эмпирический критерий Фишера

образуемых каллусов в наших экспериментах получено не было.

Гормон 2,4-Д в концентрации 2 г/л успешно индуцировал образование каллусов у некоторых образцов, наиболее активный рост которых пришёлся на период с 26-го по 33-й день с момента посадки на питательную среду с 2,4-Д и, соответственно, с шестого по тринадцатый день после пересадки на среду без содержания гормона. Несмотря на то, что есть сообщения о высокой вероятности регенерации корней при использовании 2,4-Д (Lamboro et al., 2022), в ходе проводимых нами экспериментов это не подтвердилось.

## Выводы

Выращивание зародышей арахиса на среде Мурасиге-Скуга с добавлением гормона 2,4-Д в концентрации 2 г/л способствует успешному образованию каллусов. Процент образования каллусов на зародышевых эксплантах зависит от генотипа и может сильно варьировать у разных образцов. Лучшая способность к каллусообразованию на стадии выделенных зародышей отмечена у образцов арахиса коллекции ВИР к-698 (Марокко) и к-1987 (‘Отрадокубанский’, Россия).

## References / Литература


Anuradha T.S., Divya K., Jami S.K., Kirti P.B. Transgenic tobacco and peanut plants expressing a mustard defensing show resistance to fungal pathogens. *Plant Cell Reports*. 2008;27:1777-1786. DOI: 10.1007/s00299-008-0596-8

Baker C.M., Durham R.E., Burns J.A., Parrott W.A., Wetzstein H.Y. High frequency somatic embryogenesis in peanut (*Arachis hypogaea* L.) using mature, dry seed. *Plant Cell Reports*. 1995;15:38-42. DOI: 10.1007/BF01690250

Chen M., Yang Q., Wang T., Chen N., Pan L., Chi X., Yang Z., Wang M., Yu S. Agrobacterium mediated genetic transformation of peanut and the efficient recovery of transgenic plants. *Canadian Journal of Plant Science*. 2015;95:735-744. DOI: 10.4141/CJPS-2014-012

Geng L., Niu L., Gresshoff P.M., Shu C., Song F., Huang D., Zhang J. Efficient production of *Agrobacterium rhizogenes*-transformed roots and composite plants in peanut (*Arachis hypogaea* L.). *Plant Cell Tissue Organ Culture*. 2012;109:491-500. DOI: 10.1007/s11240-012-0113-1

Joshi M.V., Sahasrabudhe N.A., Hazra S. Responses of peanut somatic embryos to thidiazuron. *Biologia Plantarum*. 2003;46:187-192. DOI: 10.1023/A:1022886107591

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):25-32. DOI: 10.30901/2227-8834-2020-1-119-127

Lamboro A., Han X., Yang S., Li X., Yao D., Moussa A.A., Chaudhry M.R., Ilboudo H., Song B., Wu Q., Xing Y., Zhang J. High-frequency direct organogenesis from cotyledonary node explants and plantlet regeneration of peanut (*Arachis hypogaea*) cultivars. *International Journal of Agriculture & Biology*. 2022;27:105-114. DOI: 10.17957/IJAB/15.1906

Lamboro A., Song B., Songnan Y., Han X., Mingguo H., Li X., Yao D., Zhang J. Genetic engineering and genome editing techniques in peanut plants. *Plant Science Today*. 2021;8(3):528-534. DOI: 10.14719/pst.2021.8.3.1127

Marka R, Nanna R.S. Optimization of factors affecting *Agrobacterium*-mediated genetic transformation in groundnut *(Arachis hypogaea* L.). *Advances in Plants & Agriculture Research*. 2018;8(3):275-282. DOI: 10.15406/apar.2018.08.00327

Mehta R., Radhakrishnan T., Kumar A. Coat protein-mediated transgenic resistance of peanut (*Arachis hypogaea* L.) to peanut stem necrosis disease through *Agrobacterium*-mediated genetic transformation. *Indian Journal of Virology*. 2013;24:205-213. DOI: 10.1007/s13337-013-0157-9

Mroginski L.A.; Kartha K.K.; Shylik J.P. Regeneration of peanut (*Arachis hypogaea*) plantlets by *in vitro* culture of immature leaves. *Canadian Journal of Botany*. 1981;59:826-830. DOI: 10.1139/B81-115

Murashige T., Skoog F. A revised medium for rapid growth and bioassays with tobacco tissue cultures. *Physiologia Plantarum*. 1962;15:473-497. DOI: 10.1111/j.1399-3054.1962.tb08052.x

Pittman R.N., Banks D.J., Kirby J.S. *In vitro* culture of immature peanut (*Arachis spp*.) leaves: morphogenesis and plantlet regeneration. *Peanut Science*. 1983;10(1):21-25. DOI: 10.3146/i0095-3679-10-1-7

Rohini V.K., Rao K.S. Transformation of peanut (*Arachis hypogaea* L.): a non-tissue culture based approach for generating transgenic plants. *Plant Science*. 2000;150(1):41-49.

Sawada H., Ieki H., Oyaizu H., Matsumoto S. Proposal for rejection of *Agrobacterium tumefaciens* and revised descriptions for the genus *Agrobacterium* and for *Agrobacterium radiobacter* and *Agrobacterium rhizogenes*. *International Journal of Systematic Bacteriology*. 1993;43(4):694-702.

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

Young J.M., Kuykendall L.D., Martínez-Romero E., Kerr A., Sawada H. A revision of *Rhizobium* Frank 1889, with an emended description of the genus, and the inclusion of all species of *Agrobacterium* Conn 1942 and *Allorhizobium undicola* de Lajudie et al. 1998 as new combinations: *Rhizobium radiobacter*, *R. rhizogenes*, *R. rubi*, *R. undicola*, and *R. vitis*. *International Journal of Systematics and Evolutionary Microbiology*. 2001;51(1):89-103. doi: 10.1099/00207713-51-1-89

## *Информация об авторах*

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

**Макарова Лариса Георгиевна,** ведущий специалист, Федеральный исследовательский центр Всероссийский институт генетических ресурсов растений имени Н.И. Вавилова, 190000 Россия, Санкт-Петербург, ул. Большая Морская, 42, 44, larisa.mackarova@yandex.ru, http://orcid.org/0000-0001-7913-3815

**Гурина Елена Олеговна,** специалист, Федеральный исследовательский центр Всероссийский институт генетических ресурсов растений имени Н.И. Вавилова, 190000 Россия, Санкт-Петербург, ул. Большая Морская, 42, 44, len238907@rambler.ru, http://orcid.org/0000-0003-3828-4005

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

**Матвеева Татьяна Валерьевна**, доктор биологических наук, профессор кафедры генетики, Санкт-Петербургский государственный университет, 199034 Россия, Санкт-Петербург, Университетская наб., 7/9, radishlet@gmail.com, http://orcid.org/0000-0001-8569-6665

## *Information about the authors*

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

**Larisa G. Makarova**, Leading Specialist, N.I. Vavilov All-Russian Institute of Plant Genetic Resources, 42, 44, Bolshaya Morskaya Street, St. Petersburg, 190000 Russia, larisa.mackarova@yandex.ru, http://orcid.org/0000-0001-7913-3815

**Elena O. Gurina**, Specialist, N.I. Vavilov All-Russian Institute of Plant Genetic Resources, 42, 44, Bolshaya Morskaya Street, St. Petersburg, 190000 Russia, len238907@rambler.ru, http://orcid.org/0000-0003-3828-4005

**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, http://orcid.org/0000-0002-8110-9168

**Tatiana V. Matveeva**, Dr. Sci. (Biology), Professor, Department of Genetics, St. Petersburg State University, 7/9, Universitetskaya Embankment, St. Petersburg, 199034 Russia, radishlet@gmail.com, http://orcid.org/0000-0001-8569-6665

***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 20.07.2022; одобрена после рецензирования 20.08.2022; принята к публикации 26.09.2022.
The article was submitted on 20.07.2022; approved after reviewing on 20.08.2022; accepted for publication on 26.09.2022.