УДК 631.52:634.739.1:582.912.46 DOI: 10.14258/pbssm.2026070

Перспективы межвидовой гибридизации голубики в Сибири в совокупности с методами биотехнологии

Prospects for interspecific hybridization of blueberries in Siberia in combination with biotechnology methods

Титов Е. В., Горбунов А. Б.

Titov E. V., Gorbunov A. B.

Центральный Сибирский ботанический сад Сибирского отделения Российской академии наук, г. Новосибирск, Россия
E-mail: alex_gorbunov22@mail.ru, titov812009@yandex.ru
Central Siberian Botanical Garden of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, Novosibirsk, Russia

Реферат. Селекция голубики в Сибири сталкивается с проблемой низкой зимостойкости инорайонных сортов. В работе обсуждаются перспективы межвидовой гибридизации с использованием местного вида *Vaccinium uliginosum*, отличающегося высокой морозостойкостью, неприхотливостью к почвам, ранним созреванием и устойчивостью к болезням в качестве источника хозяйственно ценных признаков. Сочетание классических методов скрещивания с биотехнологическими подходами, в частности культурой *in vitro*, позволяет преодолевать постзиготические барьеры, получать жизнеспособные гибриды и ускорять селекционный процесс. В Центральном сибирском ботаническом саду создано восемь сортов *V. uliginosum*, ведётся гибридизация *V. uliginosum* с североамериканскими видами (*V. corymbosum*, *V. angustifolium* и полувысокими голубиками *V. corymbosum* × *V. angustifolium*). Культура зародышей *in vitro* позволяет сохранять гибридогенные зародыши, получать растения из проблемных комбинаций и значительно сокращать селекционный цикл при отдалённой гибридизации, а также ускоряет селекционный процесс в Сибири. Применение *in vitro* обеспечивает эффективное размножение уникальных генотипов и предварительный отбор на стрессоустойчивость, что представляет собой перспективную стратегию создания продуктивных и холодостойких сортов голубики для суровых климатических условий Сибири.

Ключевые слова. Биотехнология, межвидовая гибридизация, селекция в Сибири, *in vitro*, *Vaccinium*, *Vaccinium uliginosum*.

Summary. Blueberry breeding in Siberia is facing the problem of low winter hardiness of non-district varieties. The paper discusses the prospects of interspecific hybridization using a local species of *Vaccinium uliginosum*, characterized by high frost resistance, unpretentiousness to soils, early maturation and resistance to diseases as a source of economically valuable traits. The combination of classical crossing methods with biotechnological approaches, in particular *in vitro* culture, makes it possible to overcome postzygotic barriers, obtain viable hybrids and accelerate the breeding process. Eight varieties of *V. uliginosum* have been created in the Central Siberian Botanical Garden, and *V. uliginosum* is being hybridized with North American species (*V. corymbosum*, *V. angustifolium*, and semi-tall blueberries *V. corymbosum* × *V. angustifolium*). *In vitro* embryo culture makes it possible to preserve hybridogenic embryos, obtain plants from problematic combinations, and significantly shorten the breeding cycle during remote hybridization, as well as accelerate the breeding process in Siberia. *In vitro* use ensures effective reproduction of unique genotypes and pre-selection for stress tolerance, which is a promising strategy for creating productive and cold-resistant blueberry varieties for the harsh climatic conditions of Siberia.

Key words. Biotechnology, breeding in Siberia, interspecific hybridization, *in vitro*, *Vaccinium*, *Vaccinium uliginosum*.

Голубика занимает одну из ведущих позиций ягодных культур в мире. Коммерческим производством голубики занимаются США, Канада, Чили, Мексика, Польша, Испания, Китай, Австралия, Германия, Нидерланды, Япония, Новая Зеландия, Аргентина, Уругвай, Бразилия и ЮАР.

Ведутся интенсивные исследования, направленные на повышение урожайности, улучшение качества плодов, а также на создание сортов, устойчивых к различным стрессовым факторам – заболеваниям, низким и высоким температурам. Параллельно с этим ведётся внедрение инновационных технологий возделывания и выведение новых перспективных сортов.

На данный момент в роде *Vaccinium* имеют важное коммерческое значение – голубика щитковая, или высокорослая (*Vaccinium corymbosum* L.), голубика прутьевидная (*Vaccinium virgatum* Ait., син. голубика Эши – *Vaccinium ashei* Reade, или rabbiteye «кроличий глаз»), а также голубика узколистная, или низкорослая (*Vaccinium angustifolium* Ait.) и гибриды (*Vaccinium corymbosum* × *Vaccinium angustifolium*), которые называют «полувысокими» голубиками.

Введение в культуру голубики впервые было предпринято в США в начале 1900-х гг., а первый гибрид *V. corymbosum* был получен в 1908 г. Фредериком Ковиллом, и процесс создания новых улучшенных сортов продолжается (Hancock et al., 2008). *V. angustifolium* гибридизировали с *V. corymbosum* для получения сортов «полувысокой» голубики (Finn et al., 1990).

В мире насчитывается более 50 сортов *V. corymbosum* – высота куста от 1 до 3 м. Окраска ягод от голубого до почти чёрного цвета с восковым налётом, диаметр от 8–18 (20) мм. Урожайность варьирует у разных сортов от 3 до 9 кг с куста.

Многолетние исследования на юге Западной Сибири, проведенные в 2009–2017 гг. А. Б. Горбуновым (2016) в Центральном сибирском ботаническом саду СО РАН г. Новосибирск (ЦСБС) показывают, что среди 12 сортов высокорослой голубики, хотя и существуют высокозимостойкие ранние сорта, формирование вегетативной сферы у них проходит медленно (8–10 лет). Двулетние саженцы только на 6–7 год после посадки дают урожай. Она характеризуются крупными плодами 1,5–4,22 г, но низкой урожайностью, составляющей в среднем 36,2–566,4 г с куста. Это обусловлено их недостаточной зимостойкостью и подмерзанием в отдельные годы побегов формирования на 10–90 % (Горбунов, 2016).

По данным А. Б. Горбунова (2018) «полувысокая» голубика имела крупные плоды и высокую урожайность, в среднем 379,3, максимально 2234 г с куста. Голубика низкорослая отличалась мелкими ягодами и низкой урожайностью, составляющей в среднем 43,2, максимально 597,5 г с куста. Сорта этих голубик подмерзали не более 20 %.

Для Сибири более перспективны «полувысокие» голубики, к основным сортам которых относятся ‘Нортленд’, ‘Нортблю’, ‘Нортски’, ‘Норткантри’, ‘Сент-Клауд’, ‘Поларис’ и ‘Чиппева’. В Сибири «полувысокие» сорта голубики для введения в культуру более перспективны, они отличаются крупноплодностью (1,3–5 г) и урожайностью до 2,2 кг с куста, в сравнении с низкорослыми сортами *V. angustifolium*. Они достаточно низкорослые, чтобы быть защищенными снегом в Сибири с экстремальными зимними холодами (Горбунов, 2018).

Основными целями селекционной работы с голубикой в Западной Сибири являются получение раннеспелых сортов, устойчивых к абиотическим стрессам, болезням и вредителям, более поздними сроками цветения, крупноплодностью, урожайностью, качеством плодов. Наиболее перспективным направлением является межвидовая гибридизация, которая обычно используется для повышения уровня генетической изменчивости внутри вида с последующими возвратными скрещиваниями для интрогрессии желательных генов от родственных видов (Vorsa et al., 2008; Ballington 2009). Межвидовые скрещивания, как правило, оказываются сложными, хотя частично фертильные гибриды были получены (Song, Hancock, 2011). Межвидовая гибридизация сыграла значительную роль в создании сортов голубики, таким образом были получены коммерческие сорта голубики высокорослой и полувысокой (Brevis et al., 2008; Ballington 2009). Многие из выведенных в настоящее время сортов высокорослой голубики являются сложными гибридами. Некоторые из них содержат гены четырех-пяти видов (*V. corymbosum*, *V. darrowii*, *V. ashei*, *V. constablaei* и *V. angustifolium*).

В Сибири для выведения сортов голубики, необходимо привлечение местного, устойчивого вида голубика топяная (*Vaccinium uliginosum* L.) – листопадный кустарник высотой от 30 до 80 см (в культуре до 120 см), образующий компактные, прямостоячие кусты. Ягоды шаровидные или слегка грушевидные, диаметром 6–12 мм, массой от 0,3 до 0,5 г, тёмно-синие или сине-чёрные с густым сизым восковым налётом. Вид отличается исключительной морозостойкостью – выдерживает понижения температуры до –45 °С, что делает его незаменимым для суровых климатических условий Сибири и других северных регионов. Голубика топяная нетребовательна к почвам, предпочитает кислые (pH 4,5–4,8), торфянистые, хорошо увлажнённые субстраты, но может расти и на бедных, заболоченных участках, проявляя высокую адаптивность. Помимо высокой морозостойкости этот вид обладает и другими ценными признаками, не встречающимися у крупноплодных культурных видов, такими как раннее созревание, засухоустойчивость, устойчивость к болезням и вредителям. Для внедрения этих

признаков в культурные виды необходимо создание межвидовых гибридов (Darrow et al., 1949; Lyrene, 1993).

В результате интродукционных исследований в ЦСБС выведено восемь сортов голубики топяной, которые внесены в Госреестр селекционных достижений Российской Федерации. На эти сорта получены авторские свидетельства, и они допущены к использованию во всех зонах возделывания культуры в Российской Федерации: 'Голубая россыпь', 'Дивная', 'Таёжная красавица', 'Юрковская', 'Шегарская', 'Нектарная', 'Изящная', 'Иксинская'.

В настоящее время сорта *Vaccinium* получают исключительно традиционными методами селекции (Song, Hancock, 2011). Впервые Шульц в 1944 г. сообщил об успешной гибридизации между *V. uliginosum* × *V. corumbosum*. А Доути в 1960, 1962 гг. также получил жизнеспособные гибриды между *V. corumbosum* и *V. uliginosum* (Erst, 2021). В последующем сообщалось о многочисленных успешных скрещиваниях культивируемой высокорослой голубики × голубики топяной (Luby et al., 1991; Lyrene, 1993; Gorbunov, 1993). В незначительной степени *V. uliginosum* была использована в улучшении сортов голубики (Ballington, 2001); был зарегистрирован только один сорт, включающий ДНК *V. corymbosum* и *V. uliginosum*. Сорт 'Aron', который был получен в комбинации скрещивания *V. uliginosum* × *V. corymbosum* 'Rancocas' и последующего возвратного скрещивания с 'Rancocas' (Hiirsalmi, Lehmushovi, 1982). А. Б. Горбуновым были получены жизнеспособные гибриды между *V. uliginosum*, *V. angustifolium* и *V. virgatum* (Gorbunov, 1993). О. В. Морозов (2003) (Morozov, 2007) получил жизнеспособные сеянцы от скрещивания фертильных аллотетраплоидных гибридов *V. uliginosum* × *V. vitis-idaea* с *V. angustifolium* и *V. corymbosum*.

Работа с гибридами *V. uliginosum* × *V. corymbosum* является перспективной для разработки очень холодостойких сортов голубики высокорослого типа для северных широт. Было выявлено, что фертильность и нормальное развитие, могут восстанавливаться при возвратных скрещиваниях с *V. corymbosum* (Luby et al., 1991).

В ЦСБС ведётся работа по созданию таких межвидовых гибридов. Мы проводим скрещивания между сортами и отборными формами *V. uliginosum*, имеющими относительно крупные плоды, высокие кусты (высотой до 90–120 см) среди диких видов, и несколькими сортами *V. corymbosum*, голубикой полувысокой (*V. corymbosum* × *V. angustifolium*) и *V. angustifolium*.

Наличие в коллекции ЦСБС отборных форм *V. uliginosum* с уникальными хозяйственными признаками открывает широкие возможности для селекции новых генотипов, адаптированных к местным условиям и сочетающих в себе целый комплекс полезных свойств. Для ускорения селекции в данном случае эффективно сочетание классических методов с передовыми технологиями – биотехнологией и молекулярной биологией. Несмотря на то, что методы генетического редактирования голубики в настоящее время остаются сравнительно невысокими, биотехнологические подходы уже сегодня играют ключевую роль.

При отдалённых скрещиваниях семена часто отличаются пониженной всхожестью и слабостью проростков. В таких случаях на помощь приходит культура *in vitro*, позволяющая «спасать» зародыши и получать жизнеспособные растения даже из проблемных комбинаций. Это ускоряет селекционный процесс и открывает путь к массовому созданию новых межвидовых и межродовых гибридов брусничных. Благодаря *in vitro* можно нейтрализовать неблагоприятные факторы на старте развития, сохранить редкие генотипы и быстро их размножить (Горбунов, Титов, 2025).

Метод культуры зародышей *in vitro* открывает возможности для преодоления постзиготических барьеров, возникающих при отдалённой гибридизации видов *Vaccinium* с различной плоидностью (Pathirana et al., 2015). Одним из первых успешных примеров такого скрещивания стала работа Роуси (Rousi, 1963), в которой были получены фертильные гибриды между тетраплоидными формами *V. uliginosum* и *V. corymbosum*. Впоследствии сходные гибридные комбинации удалось воспроизвести в Польше, России и других странах (Czesnik, 1985; Czesnik, Madry, 1989; Gorbunov, 1997), а японским исследователям (Shigyou et al., 2014) – с участием гексаплоидной расы *V. uliginosum* ($2n = 6x = 72$) и сорта *V. corymbosum* 'Bluecrop'. Авторы этих работ отмечают, что выход семян был существенно выше при использовании *V. uliginosum* в качестве материнского растения. Ранее по данным А. Б. Горбунова (Gorbunov, 1992), также было показано, что тетраплоидная голубика топяная (из популяции Новосибирской области) хорошо скрещивается с тетраплоидными высокорослыми и полувысокорослыми сортами, достигая завязываемости плодов на уровне 70,6 % и 50,0 % соответственно (Gorbunov, 1992).

В дальнейших исследованиях акцент необходимо сделать на использовании молекулярно-генетических методов для ускоренного отбора и проверки стабильности регенерантов, а также разработать модели диагностики *in vitro* для оценки устойчивости генотипов к стрессам. Биотехнология позволяет исключить влияние побочных факторов в условиях *in vitro*, изучить механизмы стрессоустойчивости и вести отбор лучших генотипов. Это значительно ускорит получение растений с заданными свойствами: невосприимчивостью к вредителям и болезням, а также способностью выдерживать засуху, засоление и низкую кислотность почв (Горбунов, Титов, 2025).

Благодарности. Работа выполнена в рамках государственного задания ЦСБС СО РАН по проекту И126012336366-7 «Теоретические аспекты оценки и сохранения биоразнообразия с целью рационального использования природного и культурного генофонда растений» с использованием материала биоресурсной научной коллекции «Коллекции живых растений в открытом и закрытом грунте», УНУ № USU 440453.

ЛИТЕРАТУРА

Горбунов А. Б. Внекорневая подкормка брусничных на юге Западной Сибири // Современное садоводство – Contemporary horticulture, 2016. – № 2. – С. 12–18.

Горбунов А. Б. Формирование вегетативной и генеративной сфер североамериканских голубик на юге Западной Сибири // Селекция и сорторазведение садовых культур, 2018. – Т. 5. – № 1. – С. 17–20.

Горбунов А. Б., Титов Е. В. Цитологическая и морфологическая изменчивость клюквы: адаптивные возможности и перспективы селекции // Современное садоводство – Contemporary horticulture, 2025. – № 4. – С. 24–42.

Морозов О. В. Селекционное значение гибрида *Vaccinium uliginosum* L. × *Vaccinium vitis-idaea* L. // Доклады Национальной академии наук Беларуси, 2003. – Т. 47, № 4. – С. 74–76.

Ballington J. R. Collection, utilization, and preservation of genetic resources in *Vaccinium* // HortScience, 2001. – Т. 36. – № 2. – P. 213–220. https://doi.org/10.21273/HORTSCI.36.2.213

Ballington J. R. The role of interspecific hybridization in blueberry improvement // Acta Hortic., 2009. – Vol. 810. – P. 49–60. https://doi.org/ 10.17660/ActaHortic.2009.810.2.

Brevis P. A., Bassil N. V., Ballington J. R., Hancock J. F. Impact of wide hybridization on highbush blueberry breeding // J. Am. Soc. Hortic. Sci., 2008. – Vol. 133. – P. 427–437. https://doi.org/10.21273/JASHS.133.3.427

Czesnik E. Investigation of F1 generation of interspecific hybrids *Vaccinium corymbosum* L. *V. uliginosum* L. // Acta Hortic., 1985. – Vol. 165. – P. 85–91. https://doi.org/10.17660/ActaHortic.1985.165.10

Czesnik E., Madry W. Inheritance of some characters of the F1 generation of interspecific hybrids *Vaccinium corymbosum* L. × *Vaccinium uliginosum* L. // Acta Hortic., 1989. – Vol. 241. – P. 50–55. https://doi.org/10.17660/ActaHortic.1989.241.5

Darrow G. M., Dermen H., Scott D. H. A tetraploid blueberry from a cross of diploid and hexaploid species // J. Her., 1949. – P. 304–306.

Erst A. A., Gorbunov A. B., Asbaganov S. V., Tomoshevich M. A., Banaev E. V., Erst A. S. Applying Biotechnology in the Propagation and Further Selection of *Vaccinium uliginosum* × (*V. corymbosum* × *V. angustifolium*) Hybrids // Plants, 2021. – Vol. 10. – P. 1831. https://doi.org/10.3390/plants10091831.

Finn C. E., Luby J. J., Wildung D. K. Half-high blueberry cultivars // Fruit Var J., 1990. – Vol. 44. – P. 63–68. https://doi.org/10.71318/apom.1990.44.2.63

Gorbunov A. B. Introduction and breeding of Vacciniaceae in Siberia // Acta Hortic., 1993. – Vol. 346. – P. 103–106. https://doi.org/10.1051/bioconf/20213800038

Gorbunov A. B. Introduction and Breeding of *Vaccinium* and *Oxycoccus* Species in Siberia // Journal of Small Fruit & Viticulture, 1992. – Vol. 1(2). – P. 55–66. https://doi.org/10.1300/J065v01n02_07

Gorbunov A. B. Introduction and selection of lingonberry plants in the CSBG // State Probl. Gard. Russ., 1997. – Vol. 1. – P. 312–316.

Hancock J., Lyrene, P., Finn C., Vorsa, N., Lobos G. Blueberries and Cranberries // Temperate Fruit Crop Breeding / J. F. Hancock (eds). – Dordrecht: Springer, 2008. – P. 115–150. https://doi.org/10.1007/978-1-4020-6907-9_4

Hiirsalmi H. M., Lehmushovi A. A Finnish blueberry variety 'Aron' // Agr. Fenn., 1982. – Vol. 21. – P. 151–154.

Luby J. J., Ballington J. R., Draper A. D., Pliska K., Austin M. E. Blueberries and cranberries (*Vaccinium*) // Genetic resources of temperate fruit and nut crops. / J. N. Moore, J. R. Ballington (eds). – Netherlands: International Society for Horticultural Science, Wageningen, 1991. – P. 391–456. https://doi.org/10.17660/ActaHortic.1991.290.9

Lyrene P. M. Some problems and opportunities in blueberry breeding // Acta Hort., 1993. – Vol. 346. – P. 63–71. https://doi.org/10.17660/ActaHortic.1993.346.8

Morozov O. V. The prospects for using *Vaccinium uliginosum* L. × *Vaccinium vitis-idaea* L. in breeding // Int. J. Fruit Sci., 2007. – Vol. 6. – P. 43–56. https://doi.org/10.1300/J492v06n04_05

Pathirana R., Wiedow C., Pathirana S., Hedderley D., Morgan E., Scalzo J., Frew T., Timmerman-Vaughan G. Ovule culture and embryo rescue facilitate interspecific hybridisation in blueberry (*Vaccinium* spp.) // Acta Hortic., 2015. – Vol. 1083. – P. 123–132. https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2015.1083.13

Rousi A. Hybridization between *Vaccinium uliginosum* cultivated blueberry // Ann. Agric. Fenn., 1963. – Vol. 2. – P. 12–18.

Shigyou M., Gushiken A., Katsuragawa A., Hiji M., Yoshioka K., Kage T., Kunitake H., Komatsu H. Evaluation of F1 progenies derived from intersectional crossing of *Vaccinium uliginosum* L., a wild species native to Japan, and highbush blueberry 'Bluecrop' (*V. corymbosum* L.) // Hortic. Res., 2014. – Vol. 13. – P. 97–106. https://doi.org/10.2503/hrj.13.97

Song G-Q., Hancock J. Vaccinium // Wild Crop Relatives: Genomic and Breeding Resources, 2011. – P. 197–221. https://doi.org/10.1007/978-3-642-16057-8_10.

Vorsa N., Johnson-Cicalese J., Polashock J. A blueberry by cranberry hybrid derived from a *Vaccinium darrowii* × *(V. macrocarpon* × *V. oxycoccos*) intersectional cross // Acta Hortic., 2009. – Vol. 810. – P. 187–190. https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2009.810.24