

Сергей Сергеевич Макаров^{1✉}, Елена Ивановна Куликова², Ирина Борисовна Кузнецова³,
Антон Игоревич Чудецкий⁴, Елена Анатольевна Сурина⁵, Александр Валерьевич Соловьев⁶,
Елена Евгеньевна Орлова⁷

^{1,4,6,7}Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева, Москва, Россия

¹Северный (Арктический) федеральный университет имени М.В. Ломоносова, Архангельск, Россия

²Вологодская государственная молочнохозяйственная академия имени Н.В. Верещагина, с. Молочное, Вологда, Россия

³Костромская государственная сельскохозяйственная академия, п. Караваяево, Костромская область, Россия

⁵Северный научно-исследовательский институт лесного хозяйства, Архангельск, Россия

¹makarov_serg44@mail.ru

²elena-kulikova@list.ru

³sonnereiser@yandex.ru

⁴a.chudetsky@mail.ru

⁵surina_ea@sevniilh-arh.ru

⁶a.solovev@rgau-msha.ru

⁷elena.orlova@rgau-msha.ru

ВЛИЯНИЕ СОСТАВА ПИТАТЕЛЬНОЙ СРЕДЫ НА КОРНЕОБРАЗОВАНИЕ ГОЛУБИКИ ТОПЯНОЙ (*VACCINIUM ULIGINOSUM* L.) СЕВЕРНОРОССИЙСКОГО ПРОИСХОЖДЕНИЯ В КУЛЬТУРЕ *IN VITRO*

Приведены результаты исследований по клональному микроразмножению голубики топяной (*Vaccinium uliginosum* L.) на этапе укоренения микропобегов *in vitro*. *V. uliginosum* – хозяйственно ценный в пищевом и лекарственном отношении лесной ягодный вид, который может быть успешно использован для культивирования на территориях бывших торфоразработок. Для ускоренного получения большого количества оздоровленного посадочного материала целесообразно использовать метод клонального микроразмножения. Необходимо совершенствование технологии выращивания *V. uliginosum* в культуре *in vitro* для форм севернороссийского происхождения. Объекты исследования – растения *V. uliginosum* форм Архангельская и Вологодская. На этапе укоренения микропобегов *in vitro* наибольшие значения числа корней (5,2–5,4 шт.) растений *V. uliginosum* отмечены на культуральной среде *WoodyPlantMedium*. Максимальная суммарная длина корней *V. uliginosum* формы Архангельская (в среднем 10,6 см) в культуре *in vitro* выявлена на культуральной среде *WoodyPlantMedium*, формы Вологодская (9,3–9,9 см) – на средах *WoodyPlantMedium* и *WoodyPlantMedium* 1/2. Повышение в культуральной среде содержания индолуксусной кислоты от 1,0 до 2,0 мг/л способствовало увеличению числа корней (в 1,2–1,4 раза) и уменьшению средней длины корней (в 1,3 раза) растений *V. uliginosum* севернороссийского происхождения в культуре *in vitro*, тогда как суммарная длина корней не имела существенных различий в зависимости от формы и концентрации ауксина.

Ключевые слова: голубика топяная, клональное микроразмножение, *in vitro*, ризогенез, культуральная среда, регуляторы роста

Для цитирования: Влияние состава питательной среды на корнеобразование голубики топяной (*Vaccinium uliginosum* L.) севернороссийского происхождения в культуре *in vitro* / С.С. Макаров [и др.] // Вестник КрасГАУ. 2023. № 12. С. 121–127. DOI: 10.36718/1819-4036-2023-12-121-127.

Благодарности: работа выполнена за счет средств Программы развития университета в рамках Программы стратегического академического лидерства «Приоритет – 2030» (соглашение № 075-15-2023-220 от 16.02.2023).

Sergei Sergeevich Makarov^{1✉}, **Elena Ivanovna Kulikova**², **Irina Borisovna Kuznetsova**³,
Anton Igorevich Chudetsky⁴, **Elena Anatolyevna Surina**⁵, **Alexander Valerievich Solovjev**⁶,
Elena Evgenievna Orlova⁷

^{1,4,6,7}Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy, Moscow, Russia

¹Northern (Arctic) Federal University named after M.V. Lomonosov, Arkhangelsk, Russia

²Vologda State Dairy Academy named after N.V. Vereshchagin, Molochnoye village, Vologda, Russia

³Kostroma State Agricultural Academy, Karavaevo village, Kostroma Region, Russia

⁵Northern Research Institute of Forestry, Arkhangelsk, Russia

¹makarov_serg44@mail.ru

²elena-kulikova@list.ru

³sonnereiser@yandex.ru

⁴a.chudetsky@mail.ru

⁵surina_ea@sevniilh-arh.ru

⁶a.solovjev@rgau-msha.ru

⁷elena.orlova@rgau-msha.ru

INFLUENCE OF NUTRITION MEDIUM COMPOSITION ON ROOT FORMATION OF BOG BLUEBERRY (*VACCINIUM ULIGINOSUM* L.) OF NORTHERN RUSSIAN ORIGIN *IN VITRO* CULTURE

*The results of studies on clonal micropropagation of blueberry (*Vaccinium uliginosum* L.) at the stage of rooting of microshoots *in vitro* are presented. *V. uliginosum* is an economically valuable forest berry species in food and medicinal terms, which can be successfully used for cultivation in areas of former peat mining. To quickly obtain a large amount of healthy planting material, it is advisable to use the method of clonal micropropagation. It is necessary to improve the technology for growing *V. uliginosum* in *in vitro* culture for forms of Northern Russian origin. The objects of study are plants of *V. uliginosum* forms Arkhangelsk and Vologda. At the stage of rooting of microshoots *in vitro*, the highest values of the number of roots (5.2–5.4 pcs.) of *V. uliginosum* plants were noted on the Woody Plant Medium culture medium. The maximum total length of roots of *V. uliginosum* of the Arkhangelskaya form (on average 10.6 cm) in *in vitro* culture was detected on the Woody Plant Medium culture medium, the Vologodskaya form (9.3–9.9 cm) – on the Woody Plant Medium and Woody Plant Medium 1/2 media. An increase in the content of indolylacetic acid in the culture medium from 1.0 to 2.0 mg/l contributed to an increase in the number of roots (1.2–1.4 times) and a decrease in the average root length (1.3 times) of *V. uliginosum* plants of northern Russia origin in *in vitro* culture, while the total length of roots did not differ significantly depending on the form and concentration of auxin.*

Keywords: marsh blueberry, clonal micropropagation, *in vitro*, rhizogenesis, cultural medium, growth regulators

For citation: Influence of nutrition medium composition on root formation of bog blueberry (*Vaccinium uliginosum* L.) of northern Russian origin *in vitro* culture / S.S. Makarov [et al.] // Bulliten KrasSAU. 2023;(12): 121–127. (In Russ.). DOI: 10.36718/1819-4036-2023-12-121-127.

Acknowledgments: the work has been carried out at the expense of the University Development Program within the framework of the Strategic Academic Leadership Program "Priority – 2030" (Agreement № 075-15-2023-220 dated 16.02.2023).

Введение. Одним из наиболее распространенных лесных ягодных видов рода *Vaccinium* в европейской части России является голубика топяная (*Vaccinium uliginosum* L.). Ее плоды обладают высокой пищевой и лекарственной ценностью, содержат в своем составе значительное количество полезных микро- и макроэлементов, витаминов (в особенности Р-активные соединения и витамин С), пектинов [1–4]. Однако в настоящее время промышленная заготовка ягод *V. uliginosum* практически не ведется из-за разбросанности и труднодоступности природных зарослей [5]. *V. uliginosum* является болотным видом и способен успешно произрастать на кислых почвах, поэтому может использоваться для создания ягодных плантаций на выработанных торфяниках, рекультивация которых будет способствовать рациональному использованию таких территорий и восполнению запасов дикорастущих ягодников [6, 7].

Традиционные способы размножения ягодных растений не могут обеспечить необходимое количество посадочного материала для промышленного выращивания. При плантационном культивировании лесных ягодных видов следует использовать клональное микроразмножение, которое позволяет ускоренно и вне сезона получать большое количество оздоровленного посадочного материала в условиях лаборатории [8]. Одним из наиболее ответственных этапов клонального микроразмножения растений является укоренение полученных *in vitro* микропобегов. Опыт различных исследователей [9–12] показал, что регенеративный потенциал образования побегов и корней растений *V. uliginosum* в культуре *in vitro* зависит от состава культуральной среды и регуляторов роста. При этом необходимо совершенствование технологии микроразмножения данного вида для форм, произрастающих на севере европейской части России.

Цель исследований – изучение влияния состава культуральной среды и содержания в ней индолилуксусной кислоты на ризогенез растений *V. uliginosum* севернороссийского происхождения в культуре *in vitro*.

Объекты и методы. Объектами исследования служили растения *V. uliginosum* форм, ото-

бранных в местах естественного произрастания в северных регионах России – Архангельская (Верхнетоемский район Архангельской области) и Вологодская (Сямженский район Вологодской области). Исследования по клональному микроразмножению растений проводили с использованием общепринятых методик [8] на базе САФУ им. М.В. Ломоносова и Вологодской ГМХА им. Н.В. Верещагина в 2021–2023 гг. Растения-регенеранты выращивали на культуральной среде Woody Plant Medium (WPM), в том числе в вариантах разбавления минеральной основы бидистиллированной водой в 2 и 4 раза, при 16-часовом фотопериоде, температуре воздуха 23–25 °С и влажности воздуха 75–80 %. В качестве регулятора роста ауксиновой группы на этапе укоренения микропобегов *in vitro* использовали индолилуксусную кислоту (ИУК) в концентрациях 0,5 и 1,0 мг/л. Учитывали число и длину корней в расчете на одно растение-регенерант. Опыты проводили с 10-кратной повторностью, по 15 пробирочных растений в каждой. Оценку достоверности полученных результатов проводили при помощи наименьшей существенной разности на 5 % уровне значимости (HSP_{05}) и двухфакторного дисперсионного анализа (фактор А – состав культуральной среды, фактор Б – концентрация регулятора роста).

Результаты и их обсуждение. По результатам проведенных исследований выявлено, что наибольшее число корней растений *V. uliginosum* форм Архангельская и Вологодская на этапе укоренения микропобегов *in vitro* формировалось на культуральной среде Woody Plant Medium и составляло в среднем 5,2–5,4 шт., тогда как на той же среде с разбавлением минеральной основы в 4 раза она была в 1,2–1,3 раза меньше. С повышением в культуральной среде концентрации ИУК от 1,0 до 2,0 мг/л число корней *V. uliginosum* в культуре *in vitro* увеличивалось в среднем в 1,2–1,4 раза (табл. 1).

В зависимости от исследуемых составов культуральной среды средняя длина корней *V. uliginosum* в культуре *in vitro* не имела статистически значимых различий. При повышении содержания ИУК от 1,0 до 2,0 мг/л в среде наблюдалось уменьшение средней длины корней *V. uliginosum* в среднем в 1,3 раза (табл. 2).

Таблица 1

Число корней *V. uliginosum* в культуре *in vitro* в зависимости от содержания ИУК в среде, шт.

Состав культуральной среды	Содержание ИУК, мг/л		Среднее
	1,0	2,0	
Форма Архангельская			
Woody Plant Medium	4,5	5,8	5,2
Woody Plant Medium 1/2	4,0	5,6	4,8
Woody Plant Medium 1/4	3,5	4,8	4,2
Среднее	4,0	5,4	-
НСР ₀₅ : А = 0,82; Б = 0,96; АБ = 1,12			
Форма Вологодская			
Woody Plant Medium	4,8	6,0	5,4
Woody Plant Medium 1/2	4,5	5,4	4,9
Woody Plant Medium 1/4	3,8	4,9	4,3
Среднее	4,4	5,4	-
НСР ₀₅ : А = 0,90; Б = 0,72; АБ = 1,08			

Таблица 2

Средняя длина корней *V. uliginosum* в культуре *in vitro* в зависимости от содержания ИУК в среде, см

Состав культуральной среды	Содержание ИУК, мг/л		Среднее
	1,0	2,0	
Форма Архангельская			
Woody Plant Medium	2,4	1,8	2,1
Woody Plant Medium 1/2	2,0	1,6	1,8
Woody Plant Medium 1/4	1,6	1,3	1,4
Среднее	2,0	1,6	-
НСР ₀₅ : А = 0,78; Б = 0,90; АБ = 1,10			
Форма Вологодская			
Woody Plant Medium	2,0	1,5	1,7
Woody Plant Medium 1/2	2,5	1,6	2,0
Woody Plant Medium 1/4	1,9	1,4	1,6
Среднее	2,1	1,5	-
НСР ₀₅ : А = 0,98; Б = 1,23; АБ = 1,92			

Суммарная длина корней *V. uliginosum* формы Архангельская при выращивании *in vitro* на культуральной среде Woody Plant Medium с полным минеральным составом была максимальной (в среднем 10,6 см), тогда как на среде с разбавлением минеральной основы в 2 и 4 раза данный показатель был меньше в 1,2 и 1,8 раза соответственно. У растений формы Вологодская различия между вариантами с использованием питательной среды Woody Plant Medium с полным составом среды и с разбавлением минеральной основы в 2 раза были не существ-

венны (в среднем 9,3–9,9 см), а в варианте с разбавлением минеральной основы в 4 раза суммарная длина корней голубики *in vitro* была в 1,3–1,4 раза меньше по сравнению с ними (табл. 3).

При повышении в культуральной среде концентрации ИУК от 1,0 до 2,0 мг/л у исследуемых растений-регенерантов *V. uliginosum* исследуемых форм не выявлено статистически значимых различий по суммарной длине корней (в среднем 8,1–9,4 см).

Суммарная длина корней *V. uliginosum* в культуре *in vitro* в зависимости от содержания ИУК в среде, см

Состав культуральной среды	Содержание ИУК, мг/л		Среднее
	1,0	2,0	
Форма Архангельская			
Woody Plant Medium	10,8	10,4	10,6
Woody Plant Medium 1/2	8,0	9,0	8,5
Woody Plant Medium 1/4	5,6	6,2	5,9
Среднее	8,1	8,5	-
НСР ₀₅ : А = 1,39; Б = 1,52; АБ = 1,98			
Форма Вологодская			
Woody Plant Medium	9,6	9,0	9,3
Woody Plant Medium 1/2	11,3	8,6	9,9
Woody Plant Medium 1/4	7,2	6,9	7,1
Среднее	9,4	8,2	-
НСР ₀₅ : А = 1,28; Б = 1,70; АБ = 2,02			

Заключение. Таким образом, при клональном микроразмножении растений *V. uliginosum* форм севернороссийского происхождения на этапе укоренения *in vitro* максимальные значения суммарной длины корней отмечены при культивировании на культуральной среде Woody Plant Medium. С повышением в составе среды содержания индолилуксусной кислоты от 1,0 до 2,0 мг/л число корней у растений-регенерантов *V. uliginosum* значительно увеличивалось, средняя длина незначительно уменьшалась, а по суммарной длине статистических значимых различий не выявлено.

Список источников

1. Сенчук Г.В. Голубика – это не только витамины // Сельское хозяйство Белоруссии. 1973. № 1. С. 29.
2. Евтухова Л.А. Биохимический состав ягод голубики топяной в культуре и естественно произрастающем голубичнике // Эколого-биологическое изучение ягодных растений семейства Брусничные и опыт освоения их промышленной культуры: тез. докл. Ганцевичи, 1991. С. 55–56.
3. Макаревич А.М., Решетников В.Н. Антиоксидантная активность плодов *Vaccinium corymbosum* L. и *Vaccinium uliginosum* L. // Докл. НАН Беларуси. 2011. Т. 55, № 5. С. 76–80.
4. Мухаметова С.В., Скочилова Е.А., Протасов Д.В. Параметры плодоношения и содержание флавоноидов и аскорбиновой кислоты в плодах голубики (*Vaccinium*) // Химия растительного сырья. 2017. № 3. С. 113–121.
5. Проблемы использования и воспроизводства фитогенных пищевых и лекарственных ресурсов леса на землях лесного фонда Костромской области / С.С. Макаров [и др.] // ИВУЗ. Лесной журнал. 2019. № 6. С. 118–131. DOI: 10.37482/0536-1036-2019-6-118.
6. Яковлев А.П., Ходасевич Л.В. Опытное выращивание *Vaccinium uliginosum* L. на выработанных торфяниках севера Белоруссии // Растительные ресурсы. 1998. Т. 34, вып. 2. С. 23–30.
7. Тяк Г.В., Курлович Л.Е., Тяк А.В. Биологическая рекультивация выработанных торфяников путем создания посадок лесных ягодных растений // Вестник Казан. гос. аграр. ун-та. 2016. Т. 11, № 2. С. 43–46. DOI: 10.12737/20633.
8. Сельскохозяйственная биотехнология и биоинженерия: учебник / В.С. Шевелуха [и др.]. М.: URSS, 2015. 715 с.
9. Ускоренное размножение голубики топяной *in vitro* / Н.А. Вечернина [и др.] // Вестник Алтай. гос. аграр. ун-та. 2008. № 6 (44). С. 21–25.
10. Cüce M., Sökmen A. In Vitro Production Protocol of *Vaccinium uliginosum* L. (Bog Bilberry) Growing in the Turkish Flora // Turkish Journal of Agriculture and Forestry. 2017. Vol. 41. P. 294–304. DOI: 10.3906/tar-1704-19.

11. Production of Sapling Material of Blueberry in *In Vitro* Culture / N. Lomtadze [et al.] // Bulletin of the Georgian National Academy of Sciences. 2018. Vol. 12. № 2. P. 138–144.
12. Выращивание лесных ягодных растений в условиях *in vitro*: лабор. практикум / сост. С.С. Макаров [и др.]. Караваево: Костромская ГСХА, 2019. 48 с.
6. Yakovlev A.P., Hodasevich L.V. Opytnoe vyrashchivanie *Vaccinium uliginosum* L. na vyrabotannykh torfyanikakh severa Belorussii // Rastitel'nye resursy. 1998. T. 34, vyp. 2. S. 23–30.
7. Tyak G.V., Kurlovich L.E., Tyak A.V. Biologicheskaya rekul'tivaciya vyrabotannykh torfyanikov putem sozdaniya posadok lesnykh yagodnykh rastenij // Vestnik Kazan. gos. Agrar. un-ta. 2016. T. 11, № 2. S. 43–46. DOI: 10.12737/20633.
8. Sel'skohozyajstvennaya biotekhnologiya i bioinzheneriya: uchebnik / V.S. Sheveluha [i dr.]. M.: URSS, 2015. 715 s.
9. Uskorennoe razmnozhenie golubiki topyanoj *in vitro* / N.A. Vechernina [i dr.] // Vestnik Altaj. gos. agrar. un-ta. 2008. № 6 (44). S. 21–25.
10. Cüce M., Sökmen A. *In Vitro* Production Protocol of *Vaccinium uliginosum* L. (Bog Bilberry) Growing in the Turkish Flora // Turkish Journal of Agriculture and Forestry. 2017. Vol. 41. P. 294–304. DOI: 10.3906/tar-1704-19.
11. Production of Sapling Material of Blueberry in *In Vitro* Culture / N. Lomtadze [et al.] // Bulletin of the Georgian National Academy of Sciences. 2018. Vol. 12. № 2. P. 138–144.
12. Vyrashchivanie lesnykh yagodnykh rastenij v usloviyah *in vitro*: labor. praktikum / sost. S.S. Makarov [i dr.]. Karavaevo: Kostromskaya GSHA, 2019. 48 s.

References

1. Senchuk G.V. Golubika – `eto ne tol'ko vitaminny // Sel'skoe hozyajstvo Belorussii. 1973. № 1. S. 29.
2. Evtuhova L.A. Biohimicheskij sostav yagod golubiki topyanoj v kul'ture i estestvenno proizrastayuschem golubichnike // `Ekologo-biologicheskoe izuchenie yagodnykh rastenij semejstva Brusnichnye i opyt osvoeniya ih promyshlennoj kul'tury: tez. dokl. Gancevichi, 1991. С. 55–56.
3. Makarevich A.M., Reshetnikov V.N. Antioksidantnaya aktivnost' plodov *Vaccinium corymbosum* L. i *Vaccinium uliginosum* L. // Dokl. NAN Belarusi. 2011. T. 55, № 5. S. 76–80.
4. Muhametova S.V., Skochilova E.A., Protasov D.V. Parametry plodonosheniya i sodержание flavonoidov i askorbinovoj kisloty v plodah golubiki (*Vaccinium*) // Himiya rastitel'nogo syr'ya. 2017. № 3. S. 113–121.
5. Problemy ispol'zovaniya i vosproizvodstva fitogennykh pischevykh i lekarstvennykh resursov lesa na zemlyah lesnogo fonda Kostromskoj oblasti / S.S. Makarov [i dr.] // IVUZ. Lesnoj zhurnal. 2019. № 6. S. 118–131. DOI: 10.37482/0536-1036-2019-6-118.

Статья принята к публикации 06.06.2023 / The article accepted for publication 06.06.2023.

Информация об авторах:

Сергей Сергеевич Макаров¹, заведующий кафедрой декоративного садоводства и газоноведения, доктор сельскохозяйственных наук

Елена Ивановна Куликова², заведующий кафедрой растениеводства, земледелия и агрохимии, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент

Ирина Борисовна Кузнецова³, доцент кафедры агрохимии, биологии и защиты растений, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент

Антон Игоревич Чудецкий⁴, доцент декоративного садоводства и газоноведения, кандидат сельскохозяйственных наук

Елена Анатольевна Сурина⁵, ведущий научный сотрудник, кандидат сельскохозяйственных наук

Александр Валерьевич Соловьев⁶, заведующий кафедрой плодоводства, виноградарства и виноделия, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент

Елена Евгеньевна Орлова⁷, доцент кафедры декоративного садоводства и газоноведения, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент

Information about the authors:

Sergei Sergeevich Makarov¹, Head of the Department of Ornamental Horticulture and Lawn Science, Doctor of Agricultural Sciences

Elena Ivanovna Kulikova², Head of the Department of Plant Growing, Agriculture and Agrochemistry, Candidate of Agricultural Sciences, Docent

Irina Borisovna Kuznetsova³, Associate Professor at the Department of Agrochemistry, Biology and Plant Protection, Candidate of Agricultural Sciences, Docent

Anton Igorevich Chudetsky⁴, Associate Professor of Ornamental Horticulture and Lawn Science, Candidate of Agricultural Sciences

Elena Anatolyevna Surina⁵, Leading Researcher, Candidate of Agricultural Sciences

Alexander Valerievich Solovyev⁶, Head of the Department of Fruit Growing, Viticulture and Winemaking, Candidate of Agricultural Sciences, Docent

Elena Evgenievna Orlova⁷, Associate Professor at the Department of Ornamental Horticulture and Lawn Science, Candidate of Agricultural Sciences, Docent

