

Научная статья/Research Article

УДК 634.71

DOI: 10.36718/1819-4036-2023-10-138-144

Сергей Сергеевич Макаров^{1✉}, Александр Михайлович Антонов², Елена Ивановна Куликова³, Ирина Борисовна Кузнецова⁴, Андрей Николаевич Кульчицкий⁵

¹Российский государственный аграрный университет – МСХА им. К.А. Тимирязева, Москва, Россия

^{2,5}Северный (Арктический) федеральный университет им. М.В. Ломоносова, Архангельск, Россия

³Вологодская государственная молочнохозяйственная академия им. Н.В. Верещагина, Вологда, Россия

⁴Костромская государственная сельскохозяйственная академия, п. Караваяево, Костромской район, Костромская область, Россия

¹makarov_serg44@mail.ru

²a.antonov@narfu.ru

³kulikova@list.ru

⁴sonnereiser@yandex.ru

⁵5060637@mail.ru

КОРНЕОБРАЗОВАНИЕ ЖЕНСКИХ РАСТЕНИЙ МОРОШКИ ПРИЗЕМИСТОЙ (*RUBUS CHAMAEMORUS* L.) *IN VITRO*

В статье приведены результаты исследований по клональному микроразмножению женских растений морошки приземистой (*Rubus chamaemorus* L.) на этапе укоренения микропобегов *in vitro*. *R. chamaemorus* – хозяйственно ценное в пищевом и лекарственном отношении лесное ягодное растение. Перспективно культивирование морошки в условиях выработанных торфяных месторождений. Для получения большого количества посадочного материала при плантационном выращивании лесных ягодных растений целесообразно использовать метод клонального микроразмножения. Необходимо совершенствование технологии выращивания *R. chamaemorus* в культуре *in vitro* для форм севернороссийского происхождения. Объекты исследования – растения *R. chamaemorus* форм Архангельская, Вологодская, Карельская и Ханты-Мансийская. На этапе укоренения микропобегов *in vitro* наибольшие значения числа (3,7–6,0 шт.) и суммарной длины (14,2–25,9 см) корней у женских растений *R. chamaemorus* отмечены на питательной среде МС по сравнению с вариантами разбавления минерального состава в 2 и 4 раза. Повышение концентрации в питательной среде ауксина ИУК от 0,5 до 1,0 мг/л способствовало увеличению в 1,4–1,8 раза числа корней женских растений *R. chamaemorus* в культуре *in vitro*, а также увеличению у формы Карельская (в 1,3 раза) и уменьшению у форм Архангельская и Ханты-Мансийская (в 1,2–1,4 раза) суммарной длины корней.

Ключевые слова: морошка приземистая, клональное микроразмножение, *in vitro*, ризогенез, питательная среда, регуляторы роста

Для цитирования: Корнеобразование женских растений морошки приземистой (*Rubus chamaemorus* L.) *in vitro* / С.С. Макаров [и др.] // Вестник КрасГАУ. 2023. № 10. С. 138–144. DOI: 10.36718/1819-4036-2023-10-138-144.

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✉}, Alexander Mikhailovich Antonov², Elena Ivanovna Kulikova³, Irina Borisovna Kuznetsova⁴, Andrey Nikolaevich Kulchitsky⁵

¹Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy, Moscow, Russia

^{2,5}Northern (Arctic) Federal University named after M.V. Lomonosov, Arkhangelsk, Russia

³Vologda State Dairy Academy named after N.V. Vereshchagin, Vologda, Russia

⁴Kostroma State Agricultural Academy, Karavaevo village, Kostroma District, Kostroma Region, Russia

¹makarov_serg44@mail.ru

²a.antonov@narfu.ru

³kulikova@list.ru

⁴sonnereiser@yandex.ru

⁵5060637@mail.ru

ROOT FORMATION OF FEMALE PLANTS OF CLOUDBERRY (*RUBUS CHAMAEMORUS* L.) IN VITRO

The paper presents the results of studies on clonal micropropagation of female plants of cloudberry (*Rubus chamaemorus* L.) at the stage of rooting microshoots in vitro. *R. chamaemorus* is an economically valuable forest berry plant in food and medicinal terms. Cloudberry cultivation in depleted peat deposits is promising. To obtain a large amount of planting material for plantation cultivation of forest berry plants, it is advisable to use the method of clonal micropropagation. It is necessary to improve the technology for growing *R. chamaemorus* in in vitro culture for forms of Northern Russian origin. The objects of study are plants of *R. chamaemorus* of the Arkhangelsk, Vologda, Karelian and Khanty-Mansiysk forms. At the stage of rooting of microshoots in vitro, the largest values of the number (3.7–6.0 pcs.) and total length (14.2–25.9 cm) of roots in female plants of *R. chamaemorus* were noted on the MS nutrient medium compared to options for diluting the mineral composition in 2 and 4 times. An increase in the concentration of IAA auxin in the nutrient medium from 0.5 to 1.0 mg/l contributed to a 1.4–1.8 times increase in the number of roots of female *R. chamaemorus* plants in culture in vitro, as well as an increase in the Karelian form (1.3 times) and a decrease in the Arkhangelsk and Khanty-Mansi forms (1.2–1.4 times) in the total length of roots.

Keywords: cloudberry, clonal micropropagation, in vitro, rhizogenesis, nutrient medium, growth regulators

For citation: Root formation of female plants of cloudberry (*Rubus chamaemorus* L.) in vitro / S.S. Makarov [et al.] // Bulliten KrasSAU. 2023;(10): 138–144. (In Russ.). DOI: 10.36718/1819-4036-2023-10-138-144.

Acknowledgments: the work has been carried out at the expenses of the University Development Program within the framework of the Strategic Academic Leadership Program “Priority – 2030” (agreement № 075-15-2023-220 dated February 16, 2023).

Введение. Морошка приземистая (*Rubus chamaemorus* L.) – высокоценное в лекарственном и пищевом отношении лесное ягодное растение, пользующееся определенным спросом на рынке плодово-ягодной продукции. Плоды морошки содержат значительное количество антиоксидантов, флавоноидов и фенольных соединений, сахара, бензойную и аскорбиновую кислоты, множество полезных макро- и микроэлементов. В народной медицине плоды, листья и корни используются при лечении множества заболеваний и восстановлении обмена веществ. Ягоды используют при приготовлении джемов, компотов, кондитерских изделий и др. [1–3].

R. chamaemorus распространена в Северной Америке и Евразии (в т. ч. в широтном протяжении по всей территории в России), произрастает на верховых болотах и в заболоченных хвойных

лесах, однако в естественных популяциях имеет довольно низкую урожайность [1]. Исследователями отмечались перспективы культивирования данного вида на выработанных торфяных месторождениях [4, 5]. Создание ягодных плантаций на таких территориях может способствовать значительному повышению урожайности, восстановлению зарослей лесных ягодных растений и уменьшению негативных последствий оставления неиспользуемых земель без рекультивации [6].

Традиционными способами размножения ягодных растений не всегда возможно обеспечить необходимое количество и качество посадочного материала для выращивания в промышленных масштабах. В связи с этим для получения посадочного материала следует использовать метод клонального микроразмножения, позволяющий ускоренно вырастить большое

число оздоровленных растений [7]. Различными исследователями проводились опыты по выращиванию *R. chamaemorus* в культуре *in vitro* [8–11], однако требуется совершенствование технологии клонирования вида с учетом генетических особенностей для форм севернороссийского происхождения.

Цель исследования – изучение влияния состава питательной среды и концентрации ауксина ИУК на образование корней женских растений *R. chamaemorus* севернороссийского происхождения в культуре *in vitro*.

Объекты и методы. Объектами исследования служили женские растения *R. chamaemorus* форм, отобранных в местах естественного произрастания в северных регионах европейской части России – Карельская, Архангельская, Вологодская и Ханты-Мансийская. Исследования по клональному микроразмножению растений проводили по общепринятым методикам [7] на базе САФУ им. М.В. Ломоносова и Вологодской ГМХА им. Н.В. Верещагина в 2020–2023 гг. Растения-регенеранты культивировали на питательной среде Мурасиге-Скуга (МС) при 16-часовом фотопериоде, температуре воздуха 23–25 °С и влажности воздуха 75–80 %. На этапе укоренения микропобегов *in vitro* в качестве регулятора

роста использовали индолилуксусную кислоту (ИУК) в концентрациях 0,5 и 1,0 мг/л. Учитывали число и длину корней в расчете на 1 растение. Опыты проводили с 10-кратной повторностью, по 15 пробирочных растений в каждой. Достоверность полученных данных оценивали при помощи наименьшей существенной разности на 5 % уровне значимости (HC_{P05}) и двухфакторного дисперсионного анализа (фактор А – состав питательной среды, фактор Б – концентрация регулятора роста).

Результаты и их обсуждение. В результате проведенных исследований выявлено, что на этапе укоренения микропобегов *in vitro* у женских растений *R. chamaemorus* большее число корней формировалось на питательной среде МС и варьировало в среднем от 3,7 до 6,0 шт., тогда как на среде МС 1/2 оно было меньше в 1,3–1,5 раза, а на МС 1/4 – в 2,1–2,8 раза. При повышении в питательной среде концентрации ауксина ИУК от 0,5 до 1,0 мг/л число корней исследуемых растений *R. chamaemorus* увеличивалось у форм Вологодская и Ханты-Мансийская в 1,4 раза, у формы Карельская – в 1,8 раза, а у формы Архангельская различия были не существенны (табл. 1).

Таблица 1

Число корней женских растений *R. chamaemorus* в культуре *in vitro* в зависимости от состава питательной среды, шт.

Состав питательной среды	Концентрация ИУК, мг/л		Среднее
	0,5	1,0	
1	2	3	4
Форма Карельская			
МС	3,6	6,0	4,8
МС 1/2	2,7	5,1	3,9
МС 1/4	1,6	3,2	2,4
Среднее	2,6	4,8	–
HC _{P05} ф. А = 0,80, ф. Б = 0,68, общ. = 0,91			
Форма Архангельская			
МС	3,2	4,2	3,7
МС 1/2	2,6	3,0	2,8
МС 1/4	1,0	1,6	1,3
Среднее	2,3	2,9	–
HC _{P05} ф. А = 0,84 ф. Б = 0,71, общ. = 0,96			
Форма Вологодская			
МС	4,1	5,2	4,7
МС 1/2	2,2	4,0	3,1
МС 1/4	1,5	2,0	1,8
Среднее	2,6	3,7	–
HC _{P05} ф. А = 0,91, ф. Б = 0,84, общ. = 1,05			

1	2	3	4
Форма Ханты-Мансийская			
МС	5,3	6,6	6,0
МС 1/2	2,2	4,5	3,4
МС 1/4	2,5	3,1	2,8
Среднее	3,3	4,7	–
НСР ₀₅ ф. А = 0,97, ф. Б = 0,86, общ. = 1,12			

Средняя длина корней женских растений *R. chataemorus* в культуре *in vitro* на питательной среде МС составляла 2,4–6,0 см, тогда как на среде МС 1/2 данный показатель был меньше в 1,4–1,6 раза, на среде МС 1/4 – в 2,0–

2,9 раза. С повышением в питательной среде концентрации ауксина ИУК от 0,5 до 1,0 мг/л наблюдалось уменьшение средней длины корней исследуемых форм *R. chataemorus* в 1,4–1,8 раза (табл. 2).

Таблица 2

Средняя длина корней женских растений *R. chataemorus* в культуре *in vitro* в зависимости от состава питательной среды, см

Состав питательной среды	Концентрация ИУК, мг/л		Среднее
	0,5	1,0	
Форма Карельская			
МС	5,2	3,6	4,4
МС 1/2	3,1	2,2	2,7
МС 1/4	1,8	1,5	1,7
Среднее	3,4	2,4	–
НСР ₀₅ ф. А = 0,89, ф. Б = 0,81, общ. = 0,93			
Форма Архангельская			
МС	6,0	3,1	4,6
МС 1/2	3,5	2,0	2,8
МС 1/4	2,0	1,1	1,6
Среднее	3,8	2,1	–
НСР ₀₅ ф. А = 0,94, ф. Б = 0,72, общ. = 1,06			
Форма Вологодская			
МС	4,0	2,3	3,2
МС 1/2	2,5	2,1	2,3
МС 1/4	1,9	1,2	1,6
Среднее	2,8	1,9	–
НСР ₀₅ ф. А = 0,99, ф. Б = 0,73, общ. = 0,96			
Форма Ханты-Мансийская			
МС	5,8	3,2	4,5
МС 1/2	3,6	2,3	3,0
МС 1/4	2,4	1,6	2,0
Среднее	3,9	2,4	–
НСР ₀₅ ф. А = 0,86, ф. Б = 0,75, общ. = 0,98			

Суммарная длина корней женских растений *R. chataemorus* в культуре *in vitro* при выращивании на питательной среде МС варьировала в среднем от 14,2 (у формы Вологодская) до

25,9 см (у формы Ханты-Мансийская). При этом в вариантах со средой с МС 1/2 данный показатель был меньше в 2,0–2,6 раза, с МС 1/4 – в 4,7–7,5 раза.

**Суммарная длина корней женских растений *R. chamaemorus*
в культуре *in vitro* в зависимости от состава питательной среды, см**

Состав питательной среды	Концентрация ИУК, мг/л		Среднее
	0,5	1,0	
Форма Карельская			
МС	18,7	21,6	20,2
МС 1/2	8,4	11,2	9,8
МС 1/4	2,9	4,8	3,9
Среднее	10,0	12,5	–
НСР ₀₅ ф. А = 1,46, ф. Б = 1,16, общ. = 1,29			
Форма Архангельская			
МС	19,2	13,0	16,1
МС 1/2	8,3	6,0	7,2
МС 1/4	2,0	1,8	1,9
Среднее	9,8	6,9	–
НСР ₀₅ ф. А = 1,27 ф. Б = 1,10, общ. = 1,40			
Форма Вологодская			
МС	16,4	12,0	14,2
МС 1/2	5,5	8,4	7,0
МС 1/4	2,9	2,4	2,7
Среднее	8,3	7,6	–
НСР ₀₅ ф. А = 1,42, ф. Б = 1,15, общ. = 1,63			
Форма Ханты-Мансийская			
МС	30,7	21,1	25,9
МС 1/2	7,9	10,4	9,2
МС 1/4	6,0	5,0	5,5
Среднее	14,9	12,2	–
НСР ₀₅ ф. А = 1,73, ф. Б = 1,54, общ. = 1,66			

При повышении в питательной среде концентрации ауксина ИУК от 0,5 до 1,0 мг/л суммарная длина корней *R. chamaemorus* в культуре *in vitro* у форм Архангельская и Ханты-Мансийская уменьшалась в среднем в 1,2–1,4 раза, тогда как у формы Карельская она увеличивалась в 1,3 раза, а у формы Вологодская статистически значимых различий не было выявлено.

Заключение. Таким образом, при клональном микроразмножении женских растений *R. chamaemorus* форм севернороссийского происхождения на этапе укоренения *in vitro* число и длина корней на питательной среде МС с полным минеральным составом была больше, чем при разбавлении состава среды в 2 и 4 раза. При увеличении концентрации в питательной среде ауксина ИУК от 0,5 до 1,0 мг/л число корней растений *R. chamaemorus* увеличивалось, при этом суммарная длина корней у форм Ар-

хангельская и Ханты-Мансийская уменьшалась, а у формы Карельская увеличивалась. Результаты исследований могут быть применены в дальнейшей работе по ускоренному получению посадочного материала морозки приземистой.

Список источников

1. Косицын В.Н. Морозка: биология, ресурсный потенциал, введение в культуру: монография. М.: ВНИИЛМ, 2001. 140 с.
2. Величко Н.А., Шароглазова Л.П., Смольникова Я.В. Исследование липидного состава плодов представителей рода *Rubus* и оценка перспективы их применения в пищевых технологиях // Вестник КрасГАУ. 2016. № 7. С. 137–145.
3. Afrin S. Chemopreventive and Therapeutic Effects of Edible Berries: A Focus on Colon Cancer Prevention and Treatment // Mole-

- cules. 2016. Vol. 21. P. 169. DOI: 10.3390/molecules21020169.
4. Kokko H., Teittinen H., Kärenlampi S. Revegetation of Peatland for Cloudberry Cultivation // Proc. 12th Int. Congress "Wise Use of Peatlands", Tampere, Finland, 6–11 June, 2004. P. 379–382.
 5. Bussieres J., Rochefort L., Lapointe L. Cloudberry Cultivation in Cutover Peatland: Improved Growth on Less Decomposed Peat // Can. J. Plant Sci. 2015. Vol. 95. P. 479–489. DOI: 10.4141/CJPS-2014-299.
 6. Тяк Г.В., Курлович Л.Е., Тяк А.В. Биологическая рекультивация выработанных торфяников путем создания посадок лесных ягодных растений // Вестник Казанского государственного аграрного университета. 2016. Т. 11, № 2. С. 43–46.
 7. Сельскохозяйственная биотехнология и биоинженерия: учебник / В.С. Шевелуха [и др.]. М.: URSS, 2015. 715 с.
 8. Thiem B. Micropropagation of Cloudberry (*Rubus chamaemorus* L.) by Initiation of Axillary Shoots // Acta Soc. Bot. Pol. 2001. Vol. 70. P. 11–16.
 9. *In Vitro* Propagation of Cloudberry (*Rubus chamaemorus*) / I. Martinussen [et al.] // Plant Cell Tissue Organ Cult. 2004. Vol. 78. P. 43–49.
 10. Debnath S.C. A Two-step Procedure for *In Vitro* Multiplication of Cloudberry (*Rubus chamaemorus* L.) Shoots Using Bioreactor // Plant Cell Tissue and Organ Cult. 2007. Vol. 88. № 2. P. 185–191. DOI: 10.1007/s11240-006-9188-x.
 11. Зонтиков Д.Н., Зонтикова С.А., Малахова К.В. Влияние состава питательных сред и регуляторов роста при клональном микроразмножении некоторых хозяйственно ценных представителей рода *Rubus* L. // Агрехимия. 2021. № 6. С. 36–42. DOI: 10.31857/S0002188121060144.
 3. Afrin S. Chemopreventive and Therapeutic Effects of Edible Berries: A Focus on Colon Cancer Prevention and Treatment // Molecules. 2016. Vol. 21. P. 169. DOI: 10.3390/molecules21020169.
 4. Kokko H., Teittinen H., Kärenlampi S. Revegetation of Peatland for Cloudberry Cultivation // Proc. 12th Int. Congress "Wise Use of Peatlands", Tampere, Finland, 6–11 June, 2004. P. 379–382.
 5. Bussieres J., Rochefort L., Lapointe L. Cloudberry Cultivation in Cutover Peatland: Improved Growth on Less Decomposed Peat // Can. J. Plant Sci. 2015. Vol. 95. P. 479–489. DOI: 10.4141/CJPS-2014-299.
 6. Tyak G.V., Kurlovich L.E., Tyak A.V. Biologicheskaya rekul'tivaciya vyrabotannyh torfyanikov putem sozdaniya posadok lesnyh yagodnyh rastenij // Vestnik Kazanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2016. Т. 11, № 2. С. 43–46.
 7. Sel'skohozyajstvennaya biotekhnologiya i bioinzheneriya: uchebnyk / V.S. Sheveluha [i dr.]. M.: URSS, 2015. 715 s.
 8. Thiem B. Micropropagation of Cloudberry (*Rubus chamaemorus* L.) by Initiation of Axillary Shoots // Acta Soc. Bot. Pol. 2001. Vol. 70. P. 11–16.
 9. *In Vitro* Propagation of Cloudberry (*Rubus chamaemorus*) / I. Martinussen [et al.] // Plant Cell Tissue Organ Cult. 2004. Vol. 78. P. 43–49.
 10. Debnath S.C. A Two-step Procedure for *In Vitro* Multiplication of Cloudberry (*Rubus chamaemorus* L.) Shoots Using Bioreactor // Plant Cell Tissue and Organ Cult. 2007. Vol. 88. № 2. P. 185–191. DOI: 10.1007/s11240-006-9188-x.
 11. Zontikov D.N., Zontikova S.A., Malahova K.V. Vliyanie sostava pitatel'nyh sred i regul'yatorov rosta pri klonal'nom mikrorazmnozhenii nekotoryh hozyajstvenno cennyh predstavitelej roda *Rubus* L. // Agrohimiya. 2021. № 6. С. 36–42. DOI: 10.31857/S0002188121060144.

References

1. Kosicyan V.N. Moroshka: biologiya, resursnyy potencial, vvedenie v kul'turu: monografiya. M.: VNIILM, 2001. 140 s.
2. Velichko N.A., Sharoglazova L.P., Smol'nikova Ya.V. Issledovanie lipidnogo sostava plodov predstavitelej roda *Rubus* i ocenka perspektivy ih primeneniya v pischevyh tehnologiyah // Vestnik KrasGAU. 2016. № 7. S. 137–145.

Статья принята к публикации 19.04.2023 / The article accepted for publication 19.04.2023.

Информация об авторах:

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

Александр Михайлович Антонов², заведующий кафедрой ландшафтной архитектуры и искусственных лесов, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент

Елена Ивановна Куликова³, заведующий кафедрой растениеводства, земледелия и агрохимии, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент

Ирина Борисовна Кузнецова⁴, доцент кафедры агрохимии, биологии и защиты растений, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент

Андрей Николаевич Кульчицкий⁵, студент 2-го курса магистратуры

Information about the authors:

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

Alexander Mikhailovich Antonov², Head of the Department of Landscape Architecture and Artificial Forests, Candidate of Agricultural Sciences, Docent

Elena Ivanovna Kulikova³, Head of the Department of Plant Growing, Agriculture and Agrochemistry, Candidate of Agricultural Sciences, Docent

Irina Borisovna Kuznetsova⁴, Associate Professor at the Department of Agrochemistry, Biology and Plant Protection, Candidate of Agricultural Sciences, Docent

Andrey Nikolaevich Kulchitsky⁵, 2nd year Master's Student

