

ОСОБЕННОСТИ РИЗОГЕНЕЗА ЖЕНСКИХ РАСТЕНИЙ МОРОШКИ ПРИЗЕМИСТОЙ (*RUBUS CHAMAEMORUS* L.) В КУЛЬТУРЕ *IN VITRO*

А.М. Антонов¹, С.С. Макаров^{1,2} , Е.И. Куликова³, И.Б. Кузнецова⁴, А.И. Чудецкий², А.Н. Кульчицкий¹

¹ ФГАОУ ВО «Северный (Арктический) федеральный университет имени М.В. Ломоносова», 163002, набережная Северной Двины, 17, г. Архангельск, Россия, public@narfu.ru

² ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева», 127434, ул. Тимирязевская, 49, г. Москва, Россия, info@rgau-msha.ru

³ ФГБОУ ВО «Вологодская государственная молочнохозяйственная академия имени Н.В. Верещагина», 160555, ул. Шмидта, 2, с. Молочное, г. Вологда, Вологодская обл., Россия, academy@molochnoe.ru

⁴ ФГБОУ ВО «Костромская государственная сельскохозяйственная академия», 156530, Учебный городок, 34, п. Караваево, Костромской р-н, Костромская обл., Россия, van@ksaa.edu.ru

Аннотация

В статье приведены результаты исследований по клональному микроразмножению женских растений морошки приземистой (*Rubus chamaemorus* L.) северно-российского происхождения на этапе укоренения микропобегов *in vitro* с использованием питательной среды МС и ауксина ИМК. *R. chamaemorus* – хозяйственно ценное в пищевом и лекарственном отношении лесное ягодное растение. Плантационное культивирование морошки в условиях выработанных торфяных месторождений будет способствовать восстановлению естественных ягодников и повышению их урожайности. Для получения большого количества посадочного материала при промышленном выращивании лесных ягодных растений целесообразно использовать метод микроклонального размножения. Необходимо совершенствование технологии выращивания *R. chamaemorus* в культуре *in vitro* для форм северно-российского происхождения. Объекты исследования – растения *R. chamaemorus* форм Архангельская, Вологодская, Карельская и Ханты-Мансийская. Максимальные значения количества (5,3...7,4 шт.) и суммарной длины (21,7...26,9 см) корней женских растений *R. chamaemorus* в культуре *in vitro* отмечены на питательной среде МС, тогда как аналогичные показатели в вариантах с разбавлением минерального состава питательной среды в 2 и 4 раза были соответственно в 1,5...2,6 и 2,3...6,4 раза меньше. Повышение концентрации в питательной среде ауксина ИМК от 0,5 до 1,0 мг/л способствовало увеличению количества (в 1,4...1,8 раза) и уменьшению средней длины (в 1,3...1,7 раза) корней женских растений *R. chamaemorus* в культуре *in vitro*, а также увеличению суммарной длины корней формы Карельская (в 1,3 раза).

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

FEATURES OF RHIZOGENESIS OF FEMALE PLANTS OF CLOUDBERRY (*RUBUS CHAMAEMORUS* L.) IN *IN VITRO* CULTURE

А.М. Antonov¹, S.S. Makarov^{1,2} , E.I. Kulikova³, I.B. Kuznetsova⁴, A.I. Chudetsky², A.N. Kulchitsky¹

¹ Northern (Arctic) Federal University named after M. V. Lomonosov, Naberezhnaya Severnoy Dviny st., 17, Arkhangelsk, Russia, public@narfu.ru

² Russian Timiryazev State Agrarian University, Timiryazevskaya st., 49, Moscow, Russia, info@rgau-msha.ru

³ Vologda State Dairy Academy named after N.V. Vereshchagin, Schmidt st., 2, Molochnoe, Vologda, Vologda Oblast, Russia, academy@molochnoe.ru

⁴ Kostroma State Agricultural Academy, Uchebny Gorodok st., 34, Karavaevo, Kostroma District, Kostroma Oblast, Russia, van@ksaa.edu.ru

Abstract

The results of studies on clonal micropropagation of female plants of cloudberry (*Rubus chamaemorus* L.) of Northern Russian origin at the stage of rooting of microshoots *in vitro* using the MS nutrient medium and IBA auxin. *R. chamaemorus* is an economically valuable forest berry species in terms of food and medicine. Plantation cultivation of cloudberry in the conditions of depleted peat deposits will contribute to the restoration of natural berries and increase its productivity. Use the method of micropropagation is advisable to obtain a large amount of planting material in the industrial cultivation of forest berry plants. It is necessary to improve the technology of growing *R. chamaemorus* in *in vitro* culture for Northern Russian origin forms. The objects of study are *R. chamaemorus* plants of the Arkhangelsk, Vologda, Karelian and Khanty-Mansi forms. The maximum values of the number (5.3—7.4 pcs.) and total length (21.7—26.9 cm) of the roots of female *R. chamaemorus* plants in *in vitro* culture are noted on the MS nutrient medium, while similar indicators in the variants with dilution of the mineral composition of the nutrient medium by 2 and 4 times are 1.5—2.6 and 2.3—6.4 times less, respectively. An increase in the concentration of IBA auxin from 0.5 to 1.0 mg/l in the nutrient medium contributed to an increase in the number (by 1.4—1.8 times) and a decrease in the average length (by 1.3—1.7 times) of the roots of female plants *R. chamaemorus* in *in vitro* culture, as well as an increase in the total length of the roots of the Karelian form (by 1.3 times).

Key words: cloudberry, clonal micropropagation, *in vitro*, root formation, nutrient medium, growth regulators

Введение

Морошка приземистая (*Rubus chamaemorus* L.) – хозяйственно ценный в пищевом и лекарственном отношении лесной ягодный вид, пользующийся определенным спросом среди потребителей плодово-ягодной продукции. В составе плодов морошки содержится значительное количество антиоксидантов, флавоноидов и фенольных соединений, сахара, бензойная и аскорбиновая кислоты, ряд полезных микро- и макроэлементов. Плоды, листья и корни применяются для восстановления обмена веществ и лечения большого количества заболеваний. Ягоды используются для приготовления джемов, варенья, компотов, выпечки, конфет, кондитерских изделий и др. (Voxall et al., 2003; Савельева, 2005; Барнаулов, Пospelova, 2013; Величко и др., 2016; Puurponen-Pimiä et al., 2021).

В природе ареал произрастания *R. chamaemorus* распространяется на Северную Америку и Евразию (включая территорию в России на всем ее широтном протяжении). Популяции вида встречаются на верховых болотах и в заболоченных хвойных лесах, однако в естественных условиях среды имеют довольно низкую урожайность (Косицын, 2001; Thiem, 2003). В разных странах исследователи отмечали возможность и перспективы культивирования *R. chamaemorus* в условиях выработанных торфяных месторождений (Kokko et al., 2004; Bussieres et al., 2015; Тяк, 2016). Создание ягодных плантаций на таких землях может способствовать значительному повышению урожайности, восстановлению сокращающихся запасов лесных и болотных ягодников, а также снижению негативного влияния вследствие оставления неиспользуемых земель без рекультивации (Тяк и др., 2016). В России плантации с посадками морошки в настоящее время имеются в Архангельской области, республике Карелия, Ханты-Мансийском АО – Югре.

С помощью традиционных способов размножения ягодных растений не представляется возможным обеспечить требуемое для плантационного выращивания количество и качество посадочного материала. В целях промышленного культивирования следует использовать метод микроклонального размножения, который позволяет быстро, в короткие сроки и вне сезона вырастить большое число оздоровленных и генетически однородных растений (Бутенко, 1999; Тихонович, Проворов, 2015). Несмотря на имеющийся опыт различных исследователей по выращиванию *R. chamaemorus* в культуре *in vitro* (Концевая и др., 1999; Thiem, 2001; Martinussen et al., 2004; Debnath, 2007; Зонтиков и др., 2021), необходимо совершенствование технологии клонирования вида с учетом генетических особенностей для форм северно-российского происхождения, включая подбор оптимального состава питательной среды и росторегулирующих веществ.

Цель исследований – изучение влияния концентрации минеральных солей в составе питательной среды и концентрации ауксина ИМК на образование корней женских растений *R. chamaemorus* северно-российского происхождения в культуре *in vitro*.

Материалы и методы

В качестве объектов исследования использовали женские растения *R. chamaemorus* форм Архангельская, Вологодская, Карельская и Ханты-Мансийская, отобранных в местах естественного произрастания в соответствующих регионах Российской Федерации (Верхнетоемский район Архангельской области, Сямженский район Вологодской области, Сегежский район Республики Карелия, Ханты-Мансийский район Ханты-Мансийского АО – Югры). Исследования по микроклональному размножению растений проводили с использованием общепринятых методик (Тихонович, Проворов, 2015) на базе Северного (Арктического) федерального университета им. М.В. Ломоносова и Вологодской ГМХА им. Н.В. Верещагина в 2020...2023 гг. Растения-регенеранты культивировали в пробирках на питательной среде Мурасиге-Скуга (МС) (Murashige, Skoog, 1962) с разбавлением минеральных солей бидистиллированной водой в 2 и 4 раза, при фотопериоде 16 ч света / 8 ч темноты, температуре воздуха +23...+25°C и влажности воздуха 75...80%. На этапе пролиферации использовали 6-бензиламинопурил (6-БАП) в концентрациях 1,0...2,0 мг/л.

На этапе укоренения микропобегов *in vitro* в качестве регулятора роста использовали индолилуксусную кислоту (ИМК) в концентрациях 0,5 и 1,0 мг/л. Учитывали число и длину корней в расчете на одно растение. Опыты проводили с 10-кратной повторностью, по 15 пробирочных растений в каждой. Для статистической обработки экспериментальных данных использовали программы Microsoft Office Excel 2016 и AGROS v2.11. Оценку достоверности полученных данных проводили с помощью наименьшей существенной разности на 5% уровне значимости (HC_{P05}) и двухфакторного дисперсионного анализа (фактор А – состав питательной среды, фактор В – концентрация регулятора роста).

Результаты и их обсуждение

В ходе исследований на этапе укоренения микропобегов *in vitro* выявлено, что наибольшее количество корней у женских растений *R. chamaemorus* формировалось на питательной среде МС и варьировало в среднем от 5,3 до 7,4 шт., тогда как на среде МС 1/2 данный показатель был меньше в 1,5...1,6 раза, а на среде МС 1/4 – в 2,5...2,6 раза. С повышением в питательной среде концентрации ауксина ИМК от 0,5 до 1,0 мг/л количество корней женских растений *R. chamaemorus* значительно увеличивалось: у формы Архангельская – в среднем в 1,4 раза, у формы Вологодская – в 1,6 раза, у форм Карельская и Ханты-Мансийская – в 1,8 раза (таблица 1).

Таблица 1 – Количество корней женских растений *R. chamaemorus* в культуре *in vitro* в зависимости от концентрации минеральных солей в составе питательной среды и концентрации ауксина ИМК, шт.

Питательная среда	Концентрация ИМК, мг/л		Среднее
	0,5	1,0	
Форма Архангельская			
МС	4,2	6,3	5,3
МС 1/2	3,1	4,0	3,6
МС 1/4	2,0	2,8	2,4
Среднее	3,1	4,4	-
НСР ₀₅ фактор А = 0,69 фактор В = 0,56, общ. = 0,78			
Форма Вологодская			
МС	4,5	7,3	5,9
МС 1/2	3,0	5,2	4,1
МС 1/4	1,8	2,3	2,1
Среднее	3,1	4,9	-
НСР ₀₅ фактор А = 0,76, фактор В = 0,62, общ. = 0,85			
Форма Ханты-Мансийская			
МС	5,2	9,6	7,4
МС 1/2	3,2	6,0	4,6
МС 1/4	2,1	3,5	2,8
Среднее	3,5	6,4	-
НСР ₀₅ фактор А = 0,77, фактор В = 0,81, общ. = 0,93			
Форма Карельская			
МС	4,9	8,2	6,6
МС 1/2	3,0	5,3	4,2
МС 1/4	1,9	3,8	2,9
Среднее	3,3	5,8	-
НСР ₀₅ фактор А = 0,79, фактор В = 0,88, общ. = 1,01			

Средняя длина корней у женских растений исследуемых форм *R. chamaemorus* в культуре *in vitro* значительно уменьшалась при снижении концентрации минерального состава в питательной среде: на МС она варьировала в среднем от 3,8 до 4,5 см, тогда как на среде МС 1/2 была меньше в 1,5...1,6 раза, на МС 1/4 – в 2,4...2,5 раза. При повышении в питательной среде концентрации ауксина ИМК от 0,5 до 1,0 мг/л существенно средняя длина корней растений *R. chamaemorus* у форм Архангельская, Вологодская и Карельская уменьшалась в 1,3...1,4 раза, у формы Ханты-Мансийская – в 1,7 раза (таблица 2).

Таблица 2 – Средняя длина корней женских растений *R. chamaemorus* в культуре *in vitro* в зависимости от концентрации минеральных солей в составе питательной среды и концентрации ауксина ИМК, см

Питательная среда	Концентрация ИМК, мг/л		Среднее
	0,5	1,0	
1	2	3	4
Форма Архангельская			
МС	5,2	3,8	4,5
МС 1/2	3,1	2,4	2,8
МС 1/4	2,2	1,5	1,9
Среднее	3,5	2,6	-
НСР ₀₅ фактор А = 0,84, фактор В = 0,69, общ. = 0,96			

продолжение таблицы 2

1	2	3	4
Форма Вологодская			
МС	4,6	3,1	3,9
МС 1/2	2,9	2,2	2,6
МС 1/4	1,8	1,5	1,7
Среднее	3,1	2,3	-
НСР ₀₅ фактор А = 0,79, фактор В = 0,53, общ. = 0,82			
Форма Ханты-Мансийская			
МС	5,0	2,9	4,0
МС 1/2	3,2	1,9	2,6
МС 1/4	2,0	1,2	1,6
Среднее	3,4	2,0	-
НСР ₀₅ фактор А = 0,90, фактор В = 0,85, общ. = 1,03			
Форма Карельская			
МС	4,3	3,3	3,8
МС 1/2	2,9	2,0	2,5
МС 1/4	1,6	1,3	1,5
Среднее	2,9	2,2	-
НСР ₀₅ фактор А = 0,79, фактор В = 0,68, общ. = 0,96			

Суммарная длина корней у женских растений *R. chamaemorus* исследуемых форм в культуре *in vitro* была наибольшей на питательной среде МС и варьировала в среднем от 21,7 до 26,9 см. При разбавлении минерального состава питательной среды значения данного показателя были значимо меньше: на среде МС 1/2 – в 2,3...2,5 раза, на среде МС 1/4 – в 6,3...6,4 раза (таблица 3).

Таблица 3 – Суммарная длина корней женских растений *R. chamaemorus* в культуре *in vitro* в зависимости от концентрации минеральных солей в составе питательной среды и концентрации ауксина ИМК, см

Питательная среда	Концентрация ИМК, мг/л		Среднее
	0,5	1,0	
1	2	3	4
Форма Архангельская			
МС	21,8	23,9	22,9
МС 1/2	9,6	9,6	9,6
МС 1/4	4,4	4,2	4,3
Среднее	11,9	12,6	-
НСР ₀₅ фактор А = 0,87 фактор В = 0,90, общ. = 1,10			
Форма Вологодская			
МС	20,7	22,6	21,7
МС 1/2	8,7	11,4	10,1
МС 1/4	3,2	3,5	3,4
Среднее	10,9	12,5	-
НСР ₀₅ фактор А = 0,92, фактор В = 0,85, общ. = 1,03			
Форма Ханты-Мансийская			
МС	26,0	27,8	26,9
МС 1/2	10,2	11,4	10,8
МС 1/4	4,2	4,2	4,2
Среднее	13,5	14,5	-
НСР ₀₅ фактор А = 1,13, фактор В = 1,23, общ. = 1,36			

продолжение таблицы 3

1	2	3	4
	Форма Карельская		
МС	21,1	27,1	24,1
МС 1/2	8,7	10,6	9,7
МС 1/4	3,0	4,9	4,0
Среднее	10,9	14,2	-
НСР ₀₅ фактор А = 1,26, фактор В = 0,96, общ. = 1,12			

У растений *R. chamaemorus* форм Архангельская, Вологодская и Ханты-Мансийская статистически значимых различий в суммарной длине корней *in vitro* в зависимости от концентрации в питательной среде ауксина ИМК не выявлено, при этом у формы Карельская при концентрации ИМК 1,0 мг/л суммарная длина корней была в среднем в 1,3 раза больше, чем при концентрации 0,5 мг/л.

Заключение

Таким образом, при микроклональном размножении женских растений *R. chamaemorus* форм северо-русского происхождения на этапе укоренения *in vitro* количество и длина корней на питательной среде МС были существенно больше, чем на средах МС 1/2 и МС 1/4. Повышение в питательной среде концентрации ауксина ИМК от 0,5 до 1,0 мг/л способствовало увеличению количества и уменьшению средней длины корней у женских растений *R. chamaemorus* в культуре *in vitro*, вследствие чего суммарная длина корней у формы Карельская была больше, а у форм Архангельская, Вологодская и Ханты-Мансийская не имела заметных различий. Результаты исследований могут быть применены в дальнейшей работе по ускоренному получению посадочного материала морошки приземистой.

Финансирование

Работа выполнена за счет средств Программы развития университета в рамках Программы стратегического академического лидерства «Приоритет — 2030».

Конфликт интересов: авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Литература

1. Барнаулов О.Д., Поспелова М.Л. Лекарственные свойства фруктов и ягод. СПб.: Информ-Навигатор. 2013. 256 с.
2. Бутенко Р.Г. Биология клеток высших растений *in vitro* и биотехнологии на их основе. М.: ФБК-Пресс. 1999. 160 с.
3. 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. EDN [WCYKRT](#)
4. 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. // Агробиология. 2021. № 6. С. 36-42. DOI: 10.31857/S0002188121060144. EDN [OOALRQ](#)
5. Концевая И.И., Шалупаев М.П., Яцына А.А. Использование культуры тканей для размножения редкого ягодного растения Беларуси – морошки приземистой // Лес, наука, молодежь: материалы Международной научной конференции. Гомель, 1999. Т. 2. С. 227–228.

6. Косицын В.Н. Морошка: биология, ресурсный потенциал, введение в культуру: моногр. М.: ВНИИЛМ, 2001. 140 с.
7. Савельева И.Б. Лесные целители. Клюква, брусника, морошка, черника. СПб.: Невский проспект. 2005. 160 с.
8. Тихонович И.А., Проворов Н.А. Сельскохозяйственная биотехнология и биоинженерия: учеб. / Под ред. В.С. Шевелухи. М.: URSS. 2015. 715 с. EDN [YNIPNV](#)
9. Тяк Г.В. «Золото Севера» – на садовые участки // Питомник и частный сад. 2016. № 6 (42). С. 16-19.
10. Тяк Г.В., Курлович Л.Е., Тяк А.В. Биологическая рекультивация выработанных торфяников путем создания посадок лесных ягодных растений // Вестник Казанского гос. аграрного ун-та. 2016. Т. 11, № 2. С. 43-46. DOI: 10.12737/20633ю EDN [WHQVNF](#)
11. Boxall P.C., Murray G., Unterschultz J.R., Boxall P.C. Non-timber forest products from the Canadian boreal forest: an exploration of aboriginal opportunities // Journal of Forest Economics. 2003. Vol. 9, N 2. P. 75–96. DOI: 10.1078/1104-6899-00027
12. Bussieres J., Rochefort L., Lapointe L. Cloudberry cultivation in cutover peatland: improved growth on less decomposed peat // Canadian Journal of Plant Science. 2015. Vol. 95, N 3. P. 479-489. DOI: 10.4141/CJPS-2014-299
13. Debnath S.C. A two-step procedure for *in vitro* multiplication of cloudberry (*Rubus chamaemorus* L.) shoots using bioreactor // Plant Cell, Tissue and Organ Culture. 2007. Vol. 88. P. 185-191. DOI: 10.1007/s11240-006-9188-x
14. 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.
15. Martinussen I., Nilsen G., Svenson L., Junttila O., Rapp K. *In vitro* propagation of cloudberry (*Rubus chamaemorus*) // Plant Cell, Tissue and Organ Culture. 2004. Vol. 78. P. 43-49. DOI: 10.1023/B:TICU.0000020392.85854.28. EDN [FMHKZN](#)
16. Murashige T., Skoog F. A revised medium for rapid growth and bioassays with tobacco tissue cultures // Physiologia Plantarum. 1962. Vol. 3, № 15. P. 473-497. DOI: 10.1111/j.1399-3054.1962.tb08052.x
17. Puupponen-Pimiä R., Nohynek L., Suvanto J., Salminen J.-P., Seppänen-Laakso T., Tähtiharju J., Honkapää K., Oksman-Caldentey K.-M. Natural antimicrobials from cloudberry (*Rubus chamaemorus*) seeds by sanding and hydrothermal extraction // ACS Food Science & Technology. 2021. Vol. 1, N 5. P. 917–927. DOI: 10.1021/acscfoodscitech.0c00109
18. Thiem B. Micropropagation of cloudberry (*Rubus chamaemorus* L.) by Initiation of axillary shoots // Acta Societatis Botanicorum Poloniae. 2001. Vol. 70, N 1. P. 11-16. DOI: 10.5586/asbp.2001.002
19. Thiem B. *Rubus chamaemorus* L. – a boreal plant rich in biologically active metabolites: a review // Biological Letters. 2003. Vol. 40, N 1. P. 3-13.

References

1. Barnaulov, O.D., & Pospelova, M.L. (2013). *Medicinal properties of fruits and berries*. Inform-Navigator. (In Russian).
2. Butenko, R.G. (1999). *Biology of cells of higher plants in vitro and biotechnologies based on them*. FBK-Press. (In Russian).
3. Velichko, N.A., Sharoglazova, L.P., & Smolnikova, Ya.V. (2016). The study of the lipid composition of fruits of representatives of the genus *Rubus* and evaluation of the prospects for their application in food technologies. *Bulletin of KSAU*, 7, 137-145. EDN [WCYKRT](#). (In Russian, English abstract).
4. Zontikov, D.N., Zontikova, S.A., & Malakhova, K.V. (2021). Influence of the composition of

- nutrient media and growth regulators during clonal micropropagation of some economically valuable representatives of the genus *Rubus* L. *Agrochemistry*, 6, 36-42. <https://doi.org/10.31857/S0002188121060144>. EDN [OOALRQ](#). (In Russian, English abstract).
5. Kontsevaya, I.I., Shalupaev, M.P., & Yatsyna, A.A. (1999). The use of tissue culture for propagation of cloudberry as a rare berry plant in Belarus. In *Forest, Science, Youth: Proc. Sci. Conf.* National Academy of Sciences of Belarus. (In Russian).
 6. Kositsyn, V.N. (2001). *Cloudberry: biology, resource potential, introduction to culture*. All-Russian Research Institute of Silviculture and Mechanization of Forestry Publ. (In Russian).
 7. Savelyeva, I.B. (2005). *Forest healers. Cranberry, lingonberry, cloudberry, blueberry*. Nevsky Prospekt. (In Russian).
 8. Tikhonovich, I.A., & Provorov, N.A. (2015). *Agricultural biotechnology and bioengineering* (V.S. Shevelukha, Ed.). URSS. EDN [YNIPNV](#). (In Russian).
 9. Tyak, G.V. (2016). "Gold of the North" for garden plots. *Nursery and private garden*, 6(42), 16-19. (In Russian).
 10. Tyak, G.V., Kurlovich, L.E., & Tyak, A.V. (2016). Biological recultivation of degraded peatlands by creating forest berry plants. *Vestnik of the Kazan state agrarian university*, 11(2), 43-46. <https://doi.org/10.12737/20633>. EDN [WHQVNF](#). (In Russian, English abstract).
 11. Boxall, P.C., Murray, G., Unterschultz, J.R., & Boxall, P.C. (2003). Non-timber forest products from the Canadian boreal forest: an exploration of aboriginal opportunities. *Journal of Forest Economics*, 9(2), 75-96. <https://doi.org/10.1078/1104-6899-00027>
 12. Bussieres, J., Rochefort, L., & Lapointe, L. (2015). Cloudberry cultivation in cutover peatland: improved growth on less decomposed peat. *Canadian Journal of Plant Science*, 95(3), 479-489. <https://doi.org/10.4141/CJPS-2014-299>
 13. Debnath, S.C. (2007). A two-step procedure for *in vitro* multiplication of cloudberry (*Rubus chamaemorus* L.) shoots using bioreactor. *Plant Cell, Tissue and Organ Culture*, 88, 185-191. <https://doi.org/10.1007/s11240-006-9188-x>
 14. Kokko, H., Teittinen, H., & Kärenlampi, S. (2004). Revegetation of peatland for cloudberry cultivation. In *Wise Use of Peatlands: Proc. The 12th International Congress* (pp. 379-382). Tampere.
 15. Martinussen, I., Nilsen, G., Svenson, L., Junttila, O., & Rapp, K. (2004). *In vitro* propagation of cloudberry (*Rubus chamaemorus*). *Plant Cell, Tissue and Organ Culture*, 78, 43-49. <https://doi.org/10.1023/B:TICU.0000020392.85854.28>. EDN [FMHKZN](#)
 16. Murashige, T., & Skoog, F. (1962). A revised medium for rapid growth and bioassays with tobacco tissue cultures. *Physiologia Plantarum.*, 15(3), 473-497. <https://doi.org/10.1111/j.1399-3054.1962.tb08052.x>
 17. Puupponen-Pimiä, R., Nohynek, L., Suvanto, J., Salminen, J.-P., Seppänen-Laakso, T., Tähtiharju, J., Honkapää, K., & Oksman-Caldentey, K.-M. (2021). Natural antimicrobials from cloudberry (*rubus chamaemorus*) seeds by sanding and hydrothermal extraction. *ACS Food Science & Technology*, 1(5), 917-927. <https://doi.org/10.1021/acsfoodscitech.0c00109>
 18. Thiem, B. (2001). Micropropagation of cloudberry (*Rubus chamaemorus* L.) by Initiation of axillary shoots. *Acta Societatis Botanicorum Poloniae*, 70(1), 11-16. <https://doi.org/10.5586/asbp.2001.002>
 19. Thiem, B. (2003). *Rubus chamaemorus* L. – a boreal plant rich in biologically active metabolites: a review. *Biological Letters*, 40, 3-13.

Авторы:

Александр Михайлович Антонов, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, заведующий кафедрой ландшафтной архитектуры и искусственных лесов, ФГАОУ ВО

«Северный (Арктический) федеральный университет имени М.В. Ломоносова», a.antonov@narfu.ru

Сергей Сергеевич Макаров, доктор сельскохозяйственных наук, заведующий кафедрой декоративного садоводства и газоноведения, ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева»; профессор кафедры ландшафтной архитектуры и искусственных лесов, ФГАОУ ВО «Северный (Арктический) федеральный университет имени М.В. Ломоносова», makarov_serg44@mail.ru

Елена Ивановна Куликова, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, заведующий кафедрой растениеводства, земледелия и агрохимии, ФГБОУ ВО «Вологодская государственная молочнохозяйственная академия имени Н.В. Верещагина», elena-kulikova@list.ru

Ирина Борисовна Кузнецова, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, доцент кафедры агрохимии, биологии и защиты растений, ФГБОУ ВО «Костромская государственная сельскохозяйственная академия», sonneraiser@yandex.ru

Антон Игоревич Чудецкий, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры декоративного садоводства и газоноведения, ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева», a.chudetsky@mail.ru

Андрей Николаевич Кульчицкий, студент магистратуры кафедры ландшафтной архитектуры и искусственных лесов, ФГАОУ ВО «Северный (Арктический) федеральный университет имени М.В. Ломоносова», 5060637@mail.ru

Authors details:

Alexander Antonov, PhD in Agriculture, associate professor, Head of landscape architecture and artificial forests department in Northern (Arctic) Federal University named after M.V. Lomonosov, a.antonov@narfu.ru

Sergey Makarov, Doctor of Agriculture, Head of decorative gardening and lawn science chair in Russian Timiryazev State Agrarian University, professor of landscape architecture and artificial forests chair in Northern (Arctic) Federal University named after M.V. Lomonosov, makarov_serg44@mail.ru

Elena Kulikova, PhD in Agriculture, associate professor, Head of plant growing, agriculture and agrochemistry chair in Vologda State Dairy Academy named after N.V. Vereshchagin, elena-kulikova@list.ru

Irina Kuznetsova, PhD in Agriculture, associate professor, associate professor in agrochemistry, biology and plant protection chair of Kostroma State Agricultural Academy, sonneraiser@yandex.ru

Anton Chudetsky, PhD in Agriculture, associate professor of decorative gardening and lawn science chair in Russian Timiryazev State Agrarian University, a.chudetsky@mail.ru

Andrey Kulchitsky, Master's Degree student of landscape architecture and artificial forests chair in Northern (Arctic) Federal University named after M.V. Lomonosov, 5060637@mail.ru