

Научная статья

УДК 634.7

doi: 10.34655/bgsha.2023.71.2.015

**ОСОБЕННОСТИ КЛОНАЛЬНОГО МИКРОРАЗМНОЖЕНИЯ
МОРОШКИ ПРИЗЕМИСТОЙ (*RUBUS CHAMAEMORUS* L.)
ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ РАЗЛИЧНЫХ СТЕРИЛИЗУЮЩИХ АГЕНТОВ
И РОСТОРЕГУЛИРУЮЩИХ ВЕЩЕСТВ**

С.С. Макаров¹, Е.И. Куликова², А.М. Антонов³, И.Б. Кузнецова⁴, Е.А. Сурина³

¹Российский государственный аграрный университет – Московская сельскохозяйственная академия имени К.А. Тимирязева, Москва, Россия

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

³Северный (Арктический) федеральный университет имени М.В. Ломоносова, Архангельск, Россия

⁴Костромская государственная сельскохозяйственная академия, п. Караваево, Костромской р-н, Костромская обл., Россия

Автор, ответственный за переписку: Сергей Сергеевич Макаров, makarov_serg44@mail.ru

Аннотация. В статье приведены результаты исследований по изучению влияния стерилизующих агентов на жизнеспособность эксплантов и состава питательных сред MS, QL и концентраций росторегулирующих веществ 6-БАП, 2-иР на органогенез микро-растений морошки приземистой *in vitro*. В мире имеется спрос на ягодную продукцию морошки в связи с высокой пищевой и лекарственной ценностью. Морошка приземистая способна успешно произрастать на выработанных торфяниках. Создание специализированных плантаций на выработанных торфяниках может способствовать восстановлению зарослей и повышению урожайности морошки. Для получения большого количества оздоровленного посадочного материала лесных ягодных растений в целях плантационного выращивания следует использовать метод клонального микро-размножения. На этапе «введение в культуру *in vitro*» наибольшая жизнеспособность эксплантов морошки (72–82%) отмечена при использовании растворов нитрата серебра 0,2%, препаратов Лизоформин 3000 5% и Экостерилизатор бесхлорный 5% при времени стерилизации 15 мин. На этапе «собственно микро-размножение» количество (в среднем, 3,8–4,2 шт.) и суммарная длина (в среднем, 5,6–6,5 см) микропобегов морошки приземистой *in vitro* не имели статистически значимых различий в зависимости от состава питательной среды. Наибольшая суммарная длина побегов (8,4–8,5 см) морошки приземистой отмечена при использовании цитокинина 6-БАП в концентрациях 0,5 и 1,0 мг/л и превышает показатели при аналогичных концентрациях цитокинина 2-иР, соответственно, в 1,9 и 2,3 раза.

Ключевые слова: морошка приземистая, клональное микро-размножение, побегообразование, стерилизующие агенты, питательная среда, регуляторы роста, *in vitro*.

Original article

PECULIARITIES OF CLONAL MICROPROPAGATION OF CLOUDBERRY (*RUBUS CHAMAEMORUS* L.) USING VARIOUS STERILIZING AGENTS AND GROWTH-REGULATING SUBSTANCES

Sergey S. Makarov¹, Elena I. Kulikova², Alexander M. Antonov³, Irina B. Kuznetsova⁴, Elena A. Surina³

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

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

³Northern (Arctic) Federal University named after M.V. Lomonosov, Arkhangelsk, Russia

⁴Kostroma State Agricultural Academy, Karavaevo village, Kostroma district, Kostroma region, Russia

Corresponding author: Sergey S. Makarov, makarov_serg44@mail.ru

Abstract. *The article deals with the results of studies on the effect of sterilizing agents on the viability of explants and the composition of nutrient media MS, QL and the concentrations of growth-regulating substances 6-BAP, 2-iP on cloudberry microplant organogenesis in vitro. There is a demand for cloudberry due to its high nutritional and medical values in the world. Cloudberry is able to grow successfully on depleted peatlands. Creation of specialized plantations on depleted peatlands can contribute to the restoration of thickets and increase the yield of cloudberry. To obtain a large amount of healthy planting material of forest berry plants for plantation cultivation a clonal micropropagation method should be used. The highest viability of cloudberry explants (72–82%) is noted when using solutions of silver nitrate 0.2%, preparations of Lysoformin 3000 5% and chlorine-free Ecosterilizer 5% at a sterilization time of 15 minutes at the stage of “introduction into in vitro culture”. The number (on average 3.8–4.2 pieces) and the total length (on average 5.6–6.5 cm) of cloudberry microshoots in vitro do not have statistically significant differences depending on the composition of the nutrient environment at the “proper micropropagation” stage. The largest total length of shoots (8.4–8.5 cm) of cloudberry is noted when using cytokinin 6-BAP at concentrations of 0.5 and 1.0 mg/l and exceeds the figures for similar concentrations of cytokinin 2-iP by 1.9 and 2.3 times respectively.*

Keywords: cloudberry, clonal micropropagation, shoot formation, sterilizing agents, nutrient medium, growth regulators, *in vitro*.

Введение. Морошка приземистая (*Rubus chamaemorus* L.) – циркумбореальный вид лесных ягодных растений из семейства Розоцветные. Широко распространена в заболоченных хвойных лесах и на верховых болотах Евразии и Северной Америки. В России она встречается в широтном протяжении по всей территории страны – от Калининградской области и Карелии до Тихоокеанского побережья [1]. Ягодная продукция морошки пользуется спросом на рынке продукции и издавна во всем мире высоко ценится как в пищевом [2-5], так и в лекарственном отношении [6-10].

В естественных природных условиях

произрастания (открытые сфагновые омбротрофные болота) морошка имеет низкую урожайность [11]. Растущий плотный покров морошки на выработанных торфяниках может быть интересной альтернативой для увеличения урожая плодов и удовлетворения потребностей рынка. Различными исследованиями подтверждается возможность успешного выращивания морошки в условиях выработанных торфяников [10, 12-15]. Выработанные торфяные поля имеют хороший потенциал для культивирования морошки в связи с малым количеством сорняков на таких территориях, отсутствием необходимости в использовании пестицидов или

химических удобрений и транспортной доступности к участкам сбора урожая, что способствует значительному сокращению себестоимости ягодного производства [16].

В настоящее время вопрос рекультивации вышедших из-под торфодобычи земель и их дальнейшем использовании имеет важное природоохранное и народнохозяйственное значение, особенно для Нечерноземной зоны европейской части России, где сосредоточено преобладающее большинство таких территорий [17]. Восстановлению зарослей и повышению урожайности морошки может в значительной степени способствовать создание специализированных плантаций на выработанных торфяниках.

Для получения большого количества посадочного материала ягодных растений в целях плантационного выращивания целесообразно использовать метод клонального микроразмножения, способствующий ускоренному культивированию необходимого количества оздоровленных генетически однородных растений в лабораторных условиях в течение круглого года [18]. Попытки размножения морошки в культуре *in vitro* предпринимались рядом исследователей во всем мире [19–23]. Однако технология микроразмножения данного вида требует совершенствования с подбором оптимальных стерилизующих агентов, времени стерилизации, состава питательной среды и регуляторов роста.

Цель исследований – изучить влияние стерилизующих агентов на жизнеспособность эксплантов, состава питательной среды и концентрации росторегулирующих веществ на побегообразование микрорастений морошки приземистой *in vitro*.

Объекты и методы. Исследования проводили в 2020–2022 гг. на базе Центрально-европейской лесной опытной станции ВНИИЛМ и Вологодской ГМХА им. Н.В. Верещагина по общепринятым методикам [18; 24]. В качестве объектов исследований использовали растения морошки приземистой (*Rubus chamaemorus* L.), отобранные из есте-

ственных условий произрастания в Вологодской, Архангельской и Костромской областях.

На этапе «введение в культуру *in vitro*» для стерилизации эксплантов использовали водные растворы сулемы (0,2%), нитрата серебра (0,2%), перекиси водорода (30%), хлорной извести (в соотношении 1:1), препаратов Лизоформин 3000 (5%) и Экостерилизатор бесхлорный (5%). Время стерилизации – 5, 10, 15 и 20 мин. Растения-регенеранты культивировали на питательных средах Мурисиге-Скуга (MS) [25] и Кворина-Лепуавра (QL) [26], в том числе с разбавлением минеральной основы в 2 раза, в условиях световой комнаты при фотопериоде 16 ч света и 8 ч темноты, поддержании температуры +23...+25°C и влажности воздуха 75–80%. На этапе «собственно микроразмножение» в качестве росторегулирующих веществ использовали 6-бензиламинопурил (6-БАП) и 2-изопенталаденин (2-иП) в концентрациях 0,5 и 1,0 мг/л. Учитывали количество, среднюю и суммарную длину микропобегов в расчете на одно растение. Повторность опыта 10-кратная, по 15 пробирочных растений в каждой. Оценку достоверности опытов проводили с помощью наименьшей существенной разности на 5% уровне значимости (HCP_{05}), где: фактор А – питательная среда; фактор В – концентрация росторегулирующего вещества. Статистическую обработку экспериментальных данных проводили с использованием программных средств Microsoft Office Excel 2016 и AGROS v.2.11.

Результаты и обсуждение. В ходе исследований выявлено, что на этапе введения в культуру *in vitro* эксплантов морошки приземистой наиболее эффективными основными стерилизаторами оказались нитрат серебра $AgNO_3$ 0,2% и препарат Лизоформин 3000 5% при времени стерилизации 15 мин, жизнеспособность эксплантов в этих вариантах достигала 80–82%. Достаточно высокая жизнеспособность эксплантов морошки приземистой (72%) была отмечена при использовании препарата Экостерилизатор

бесхлорный 5% при времени стерилизации 15 мин. При времени стерилизации 5 и 10 мин процент жизнеспособных эксплантов при обработке исследуемыми сте-

рилизующими агентами был невысоким и не превышал 8–22% и 10–62% соответственно (табл. 1). Остальные экспланты погибли от инфекции.

Таблица 1 – Жизнеспособность (%) эксплантов морошки приземистой в зависимости от стерилизующих агентов и времени стерилизации

Стерилизующий агент	Время стерилизации, мин			
	5	10	15	20
Сулема 0,2%	18	44	62	22
AgNO ₃ 0,2%	10	62	82	52
Перекись водорода 30%	16	26	46	28
Хлорная известь 1:1	8	10	52	60
Экостерилизатор бесхлорный 5%	22	34	72	54
Лизоформин 3000 5%	12	54	80	48

На этапе «собственно микроразмножение» статистически значимых различий по количеству микропобегов (3,8–4,2 шт.) у растений-регенерантов морошки приземистой в зависимости от состава питательной среды не выявлено. При повы-

шении концентрации цитокинина 6-БАП от 0,5 до 1,0 мг/л количество побегов у растений-регенерантов морошки приземистой *in vitro* увеличивалось, в среднем, в 1,9 раза, а при использовании 2-iP – в 1,2 раза (табл. 2).

Таблица 2 – Количество микропобегов (шт.) морошки приземистой в зависимости от состава питательной среды и концентрации цитокининов

Питательная среда	Концентрация цитокинина, мг/л				Среднее
	6-БАП		2-iP		
	0,5	1,0	0,5	1,0	
MS	3,4	7,3	2,7	3,0	4,1
MS 1/2	3,6	6,2	2,5	3,2	3,9
QL	3,7	7,6	2,6	3,1	4,2
QL 1/2	3,6	6,3	2,1	3,1	3,8
Среднее	3,6	6,9	2,5	3,1	-
НСР ₀₅ фактор А = 2,94, фактор В = 2,87, общ = 3,12					

Средняя длина побегов морошки приземистой *in vitro* статистически значимо не различалась как в зависимости от состава

питательной среды (в среднем, 1,6–1,7 см), так и от концентрации цитокининов 6-БАП и 2-iP (в среднем, 1,2–2,4 см) (табл. 3).

Таблица 3 – Средняя длина микропобегов (см) морошки приземистой в зависимости от состава питательной среды и концентрации цитокининов

Питательная среда	Концентрация цитокинина, мг/л				Среднее
	6-БАП		2-iP		
	0,5	1,0	0,5	1,0	
MS	2,3	1,3	1,9	1,2	1,7
MS 1/2	2,4	1,2	1,8	1,1	1,6
QL	2,6	1,2	1,7	1,3	1,7
QL 1/2	2,1	1,4	1,7	1,3	1,6
Среднее	2,4	1,3	1,8	1,2	-
НСР ₀₅ фактор А = 1,82, фактор В = 1,66, общ = 1,71					

Суммарная длина побегов морошки приземистой *in vitro* не имела статистичес-

ки значимых различий в зависимости от состава питательной среды и варьирова-

ла, в среднем, от 5,6 до 6,5 см. При концентрациях в питательной среде цитокинина 6-БАП 0,5 и 1,0 мг/л суммарная длина побегов морошки приземистой дости-

гала, в среднем, 8,4 и 8,5 см, что, соответственно, в 1,9 и 2,3 раза больше, чем при аналогичных концентрациях цитокинина 2-іР (табл. 4).

Таблица 4 – Суммарная длина микропобегов (см) морошки приземистой в зависимости от состава питательной среды и концентрации цитокининов

Питательная среда	Концентрация цитокинина, мг/л				Среднее
	6-БАП		2-іР		
	0,5	1,0	0,5	1,0	
MS	7,8	9,5	5,1	3,6	6,5
MS 1/2	8,6	7,4	4,5	3,5	6,0
QL	9,6	9,1	4,4	4,0	6,7
QL 1/2	7,6	8,2	3,6	4,0	5,6
Среднее	8,4	8,5	4,4	3,7	-
НСР ₀₅ фактор А = 3,32, фактор В = 3,92, общ = 4,19					

Заключение. По результатам проведенных исследований по клональному микроразмножению морошки приземистой можно сделать следующие выводы:

1. На этапе введения в культуру *in vitro* наиболее эффективными стерилизующими агентами для эксплантов морошки приземистой оказались нитрат серебра 0,2% и препарат Лизоформин 3000 5% при времени стерилизации 15 мин.

2. Статистически значимых различий в зависимости от состава исследуемых питательных сред по количеству, средней и суммарной длине побегов морошки приземистой не выявлено.

3. При концентрациях в питательной среде цитокинина 6-БАП 0,5 и 1,0 мг/л суммарная длина побегов морошки приземистой была значительно больше, чем при аналогичных концентрациях цитокинина 2-іР.

Список источников

1. Косицын В.Н. Морошка: биология, ресурсный потенциал, введение в культуру: монография. Москва: ВНИИЛМ, 2001. 140 с.
2. Non-timber Forest Products from the Canadian Boreal Forest: an Exploration of Aboriginal Opportunities / P.C. Boxall, G. Murray, J.R. Unterschultz, P.C. Boxall // J. For. Econ. 2003. V. 9. P. 75–96.
3. Ручкина Н. Морошка // Химия и жизнь. 2015. № 10. С. 56–57.
4. Кайгородцева М.С. Использование порошка из выжимок морошки в технологии

хлебобулочных изделий // Новая наука: теоретический и практический взгляд. 2016. № 11-1. С. 17–19. EDN: WXTAVJ

5. Шароглазова Л.П. Комплексная переработка ягод морошки приземистой (*Rubus chamaemorus*), произрастающей на территории Красноярского края: автореф. ... дис. канд. с.-х. наук. Красноярс, 2018. 24 с.

6. Thiem B. *Rubus chamaemorus* L. – a Boreal Plant Rich in Biologically Active Metabolites: A Review // Biol. Lett. 2003. V. 40. Pp. 3–13.

7. Савельева И.Б. Лесные целители. Клюква, брусника, морошка, черника. СПб.: Невский проспект, 2005. 160 с.

8. Егорова А.С., Семкина О.А., Вандышев В.В. Изучение липидного комплекса морошки приземистой плодов и получение мягкой лекарственной формы на его основе // Разработка, исследование и маркетинг новой фармацевтической продукции: сб. науч. тр. Пятигорск: Пятигорская ГФА, 2011. Вып. 66. С. 260–263.

9. Барнаулов О.Д., Поспелова М.Л. Лекарственные свойства фруктов и ягод. СПб.: Информ-Навигатор, 2013. 256 с.

10. Тяк Г. В. «Золото Севера» – на садовые участки // Питомник и частный сад. 2016. № 5 (41). С. 40–42.

11. Kortesharju, J. Cloudberry Yields and Factors Affecting the Yield in Northern Finland // Acta Bot. Fenn. 1988. V. 136. Pp. 77–80.

12. 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. Jyväskylä: Int. Peat Society, 2004. Pp. 379–382.

13. Theroux-Rancourt G., Rochefort L., Lapointe L. Cloudberry Cultivation in Cutover Peatlands: Hydrological and Soil Physical Impacts on the Growth of Different Clones and Cultivars // *Mires Peat*. 2009. V. 5. Pp. 1–16.

14. Bussieres J., Rochefort L., Lapointe L. Cloudberry Cultivation in Cutover Peatland: Improved Growth on Less Decomposed Peat // *Can. J. Plant Sci.* 2015. V. 95. Pp. 479–489. doi:10.4141/CJPS-2014-299

15. Boulanger-Pelletier J., Lapointe L. Fertilization Stimulates Root Production in Cloudberry Rhizomes Transplanted in a Cutover Peatland // *Can. J. Plant Sci.* 2017. V. 97. Pp. 1046–1056.

16. Salonen V. Relationship between the Seed Rain and the Establishment of Vegetation in Two Areas Abandoned after Peat Harvesting // *Holarctic Ecol.* 1987. V. 10. Pp. 171–174.

17. Основные направления действий по сохранению и рациональному использованию торфяных болот России. Москва, 2003. 24 с.

18. Сельскохозяйственная биотехнология: учеб. / В.С. Шевелуха [и др.]. Москва: Высшая школа, 2008. 416 с. EDN: QKQWQJ

19. Использование культуры тканей для размножения редкого ягодного растения Беларуси – морошки приземистой / И.И. Концева, М.П. Шалупаев, А.А. Яцына // *Лес, наука, молодежь: мат-лы междунар. науч. конф. Гомель, 1999. Т. 2. С. 227–228.*

20. Thiem B. Micropropagation of Cloudberry (*Rubus chamaemorus* L.) by Initiation of Axillary Shoots // *Acta Soc. Bot. Pol.* 2001. V. 70. P. 11–16.

21. Vitro Propagation of Cloudberry (*Rubus chamaemorus*) / I. Martinussen, G. Nilsen, L. Svenson [et al.] // *Plant Cell Tissue Organ Cult.* 2004. V. 78. P. 43–49.

22. 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. V. 88, no. 2. Pp. 185–191. doi: 10.1007/s11240-006-9188-x

23. In Vitro Propagation of *Rubus chamaemorus* L. and *Rubus arcticus* / D. Zontikov, S. Zontikova, R. Sergeev, A. Shurgin // *Proc. 14th Int. Multidisciplinary Sc. Geocconf. and EXPO, Albena, 2014. Pp. 397–403.*

24. Калашникова Е.А. Клеточная инженерия растений: учеб. и практикум для ву-

зов. Москва: Юрайт, 2020. 333 с. EDN: LOUOLP

25. Murashige T. A F. Skoog Revised Medium for Rapid Growth and Bioassays with Tobacco Tissue Cultures // *Physiol. Plantarum*. 1962. V. 3, no. 15. Pp. 473–497.

26. Quoirin M., Lepoivre P. Improved Media for In Vitro Culture of *Prunus* sp. // *Acta Horticulturae*. 1977. Vol. 78. Pp. 437–442.

References

1. Kositsyn V.N. Moroshka: biologiya, resursnyj potencial, vvedenie v kul'turu [Cloudberry: Biology, Resource Potential, Introduction to Culture]. Moscow: VNIILM Publ., 2001. 140 p. (In Russ.)

2. 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. *J. For. Econ.* 2003;9:75–96.

3. Ruchkina N. Moroshka [Cloudberry]. *Himiya i zhizn'* [Chemistry and Life], 2015;10:56–57 (In Russ.)

4. Kaygorodtseva M.S. Ispol'zovanie poroshka iz vyzhimok moroshki v tekhnologii hlebobulochnyh izdelij [The Use of Powder from Cloudberry Pomace in the Technology of Bakery Products]. *Novaya nauka: teoreticheskij i prakticheskij vzglyad* [New Science: Theoretical and Practical View]. 2016;11-1:17–19 (In Russ.)

5. Sharoglazova L.P. Kompleksnaya pererabotka yagod moroshki prizemistoj (*Rubus chamaemorus*), proizrastayushchej na territorii Krasnoyarskogo kraja [Complex Processing of Fruits of Cloudberry (*Rubus chamaemorus*) Growing in the Territory of Krasnoyarsk Krai]. Krasnoyarsk, 2018. 24 p. (In Russ.)

6. Thiem B. *Rubus chamaemorus* L. – A Boreal Plant Rich in Biologically Active Metabolites: A Review. *Biol. Lett.*, 2003;40:3–13.

7. Savelyeva I.B. Lesnye celiteli. Klyukva, brusnika, moroshka, chernika [Forest Healers. Cranberry, Lingonberry, Cloudberry, Bilberry]. Saint-Petersburg: Nevsky Prospekt, 2005. 160 p. (In Russ.)

8. Egorova A.S., Semkina O.A., Vandysh V.V. Izuchenie lipidnogo kompleksa moroshki prizemistoj plodov i poluchenie myagkoj lekarstvennoj formy na ego osnove [The Study of the Lipid Complex of Squat Cloudberry Fruits and Obtaining a Soft Dosage Form Based on It]. *Razrabotka, issledovanie i marketing novoj farmacevticheskoy produkcii*

[Development, Research and Marketing of New Pharmaceutical Products]. 2011;66:260–263 (In Russ.)

9. Barnaulov O.D., Pospelova M.L. Lekarstvennye svoystva fruktov i yagod [Medicinal Properties of Fruits and Berries]. Saint-Petersburg: Inform-Navigator, 2013. 256 p. (In Russ.)

10. Tyak G.V. "Zoloto Severa" – na sadovye uchastki ["Gold of the North" into Garden Plots]. *Pitomnik i chastnyj sad [Nursery and Private Garden]*. 2016;5(41): 40–42 (In Russ.)

11. Kortesharju J. Cloudberry Yields and Factors Affecting the Yield in Northern Finland. *Acta Bot. Fenn.* 1988;136:77–80.

12. 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. Jyväskylä: Int. Peat Society, 2004. Pp. 379–382.

13. Theroux-Rancourt G., Rochefort L., Lapointe L. Cloudberry Cultivation in Cutover Peatlands: Hydrological and Soil Physical Impacts on the Growth of Different Clones and Cultivars. *Mires Peat.* 2009;5:1–16.

14. Bussieres J., Rochefort L., Lapointe L. Cloudberry Cultivation in Cutover Peatland: Improved Growth on Less Decomposed Peat. *Can. J. Plant Sci.* 2015;95:479–489.

15. Boulanger-Pelletier J., Lapointe L. Fertilization Stimulates Root Production in Cloudberry Rhizomes Transplanted in a Cutover Peatland. *Can. J. Plant Sci.* 2017; 97:1046–1056.

16. Salonen V. Relationship between the Seed Rain and the Establishment of Vegetation in Two Areas Abandoned after Peat Harvesting. *Holarctic Ecol.* 1987;10: 171–174.

17. Osnovnye napravleniya dejstvij po sohranenyu i racional'nomu ispol'zovaniyu torfyanyh bolot Rossii [The Main Directions of

Action for the Conservation and Rational Use of Peat Bogs in Russia]. Moscow, 2003. 24 p. (In Russ.)

18. Sheveluha V.S. [et al.]. Sel'skohozyajstvennaya biotekhnologiya [Agricultural Biotechnology]. Moscow: Vysshaya shkola, 2008. 416 p. (In Russ.)

19. Kontsevaya I.I., Shalupaev M.P., Yatsyna A.A. Ispol'zovanie kul'tury tkanej dlya razmnozheniya redkogo yagodnogo rasteniya Belarusi – moroshki prizemistoj [The Use of Tissue Culture for Propagation of Squat Cloudberry as a Rare Berry Plant in Belarus]. *Proc. Int. Conf. "Les, nauka, molodezh"*, Gomel, Belarus, 1999. Vol. 2. Pp. 227–228 (In Russ.)

20. Thiem B. Micropropagation of Cloudberry (*Rubus chamaemorus* L.) by Initiation of Axillary Shoots. *Acta Soc. Bot. Pol.* 2001;70:11–16.

21. Martinussen I., Nilsen G., Svenson L. [et al.]. In Vitro Propagation of Cloudberry (*Rubus chamaemorus*). *Plant Cell Tissue Organ Cult.* 2004;78:43–49.

22. 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;88(2):185–191.

23. Zontikov D., Zontikova S., Sergeev R., Shurgin A. In Vitro Propagation of *Rubus chamaemorus* L. and *Rubus arcticus*. *Proc. 14th Int. Multidisciplinary Sc. Geoconf. and EXPO*, Albena, 2014. Pp. 397–403.

24. Kalashnikova E.A. Kletochnaya inzheneriya rastenij [Cellular Plant Engineering]. Moscow: Urait, 2020. 333 p. (In Russ.)

25. Murashige T., Skoog F. A Revised Medium for Rapid Growth and Bioassays with Tobacco Tissue Cultures. *Physiol. Plantarum.* 1962;3(15):473–497.

26. Quoirin M., Lepoivre P. Improved Media for In Vitro Culture of *Prunus* sp. *Acta Horticulturae.* 1977;78:437–442.

Информация об авторах

Сергей Сергеевич Макаров – доктор сельскохозяйственных наук, заведующий кафедрой декоративного садоводства и газоноведения;

Елена Ивановна Куликова – кандидат сельскохозяйственных наук, заведующий кафедрой растениеводства, земледелия и агрохимии; доцент;

Александр Михайлович Антонов – кандидат сельскохозяйственных наук, заведующий кафедрой ландшафтной архитектуры и искусственных лесов; доцент;

Ирина Борисовна Кузнецова – кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры агрохимии, биологии и защиты растений; доцент, sonneraiser@yandex.ru;

Елена Анатольевна Сурина – кандидат сельскохозяйственных наук.

Information about the authors

Sergey S. Makarov – Doctor of Science (Agriculture), Head of Decorative Gardening and Lawn Science Chair;

Elena I. Kulikova – Candidate of Science (Agriculture), Head of Plant Growing, Agriculture and Agrochemistry Chair; Associate Professor;

Alexander M. Antonov – Candidate of Agricultural Sciences, Head of Architecture and Artificial Forests Chair; Associate Professor;

Irina B. Kuznetsova – Candidate of Science (Agriculture), Associate Professor, Agrochemistry, Biology and Plant Protection Chair; Associate Professor, sonneraiser@yandex.ru;

Elena A. Surina – Candidate of Science (Agriculture)

Статья поступила в редакцию 05.05. 2022; одобрена после рецензирования 10.06.2022; принята к публикации 04.04.2023.

The article was submitted 05.05.2022; approved after reviewing 10.06.2022; accepted for publication 04.04.2023.