

Вестник Бурятской государственной сельскохозяйственной академии имени В.Р. Филиппова. 2022. № 4(69). С. 117–124.

Vestnik of Buryat State Academy of Agriculture named after V. Philippov. 2022;4(69):117–124.

Научная статья

УДК 634.7

doi: 10.34655/bgsha.2022.69.4.015

## ОСОБЕННОСТИ КЛОНАЛЬНОГО МИКРОРАЗМНОЖЕНИЯ КНЯЖЕНИКИ АРКТИЧЕСКОЙ НА ЭТАПАХ УКОРЕНЕНИЯ *IN VITRO* И АДАПТАЦИИ К НЕСТЕРИЛЬНЫМ УСЛОВИЯМ

С.С. Макаров<sup>1</sup>, Е.И. Куликова<sup>2</sup>, П.А. Феклистов<sup>3</sup>, И.Б. Кузнецова<sup>4</sup>, А.И. Чудецкий<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Центрально-европейская лесная опытная станция, филиал Всероссийского научно-исследовательского института лесоводства и механизации лесного хозяйства, Кострома, Россия

<sup>2</sup>Вологодская государственная молочнохозяйственная академия имени Н.В. Верещагина, Вологда, с. Молочное, Россия

<sup>3</sup>Федеральный исследовательский центр комплексного изучения Арктики имени академика Н.П. Лаврова Уральского отделения РАН, Архангельск, Россия

<sup>4</sup>Костромская 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 концентрации ауксина ИМК и препарата Экогель на ризогенез *in vitro* растений-регенерантов княженики арктической (*Rubus arcticus* L.) сортов Анна и Галина, а также особенности их адаптации к нестерильным условиям *ex vitro*. На сегодняшний день наблюдаются проблемы интенсивного сокращения запасов естественных запасов хозяйственно ценных видов лесных ягодников и неполного вовлечения недревесных ресурсов леса в лесопользование. Княженика арктическая – один из самых высокоценных лесных ягодных видов в пищевом и лекарственном отношении. Метод клонального микроразмножения целесообразно использовать для получения посадочного материала ягодных растений в целях плантационного выращивания. На этапе укоренения микропобегов *in vitro* количество корней растений-регенерантов княженики арктической увеличивалось в 1,2 раза, а их средняя длина уменьшалась при повышении в питательной среде QL концентрации ауксина ИМК от 0,5 до 1,0 мг/л. Суммарная длина корней княженики *in vitro* не имела значимых различий в зависимости от концентрации ауксина ИМК. Добавление в питательную среду препарата Экогель в концентрации 0,5 мл/л способствовало увеличению количества (в среднем, в 1,6–1,8 раза) и суммарной длины корней (в 2,9–3,5 раза) княженики арктической *in vitro*. На этапе адаптации княженики арктической к нестерильным условиям *ex vitro* наибольшие значения приживаемости (82–86 %) и количества листьев (8–10 шт.) отмечены при использовании субстрата из торфа переходного типа в кассетах и торфяных таблеток.

**Ключевые слова:** княженика арктическая, клональное микроразмножение, корнеобразование, адаптация, торф, *in vitro*, *ex vitro*.

## PECULIARITIES OF CLONAL MICRO-PROPAGATION OF THE ARCTIC BRAMBLE AT THE STAGES OF ROOTING IN VITRO AND ADAPTATION TO NON-STERILE CONDITIONS

Sergey S. Makarov<sup>1</sup>, Elena I. Kulikova<sup>2</sup>, Pavel A. Feklistov<sup>3</sup>, Irina B. Kuznetsova<sup>4</sup>,  
Anton I. Chudetsky<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Central European Forest Experiment Station, Branch of All-Russian Research Institute of Silviculture and Mechanization of Forestry, Kostroma, Russia

<sup>2</sup>Vologda State Dairy Farming Academy named after N.V. Vereshchagin, Vologda, Molochnoe village, Russia

<sup>3</sup>Federal Research Center for the Comprehensive Study of the Arctic named after Academician N.P. Laverov, Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, Arkhangelsk, Russia

<sup>4</sup>Kostroma State Agricultural Academy, Karavaevo village, Kostroma district, Kostroma region, Russia

Corresponding author: Sergey S. Makarov, makarov\_serg44@mail.ru

**Abstract.** *The article provides the results of studies on the influence of the concentration of IBA auxin and the Ecogel preparation on the rhizogenesis in vitro of regenerated plants of Arctic Bramble (*Rubus arcticus* L.) of Anna and Galina varieties. It also deals with peculiarities of these varieties adaptation to non-sterile conditions ex vitro. At present, there are such problems as an intensive reduction of wild stocks of economically valuable species of forest berries and fragmentary involvement of non-wood forest resources in the forest management. The Arctic Bramble is one of the most valuable forest berry species both in nutritional and medicinal terms. It is advisable to use a method of clonal micro-propagation to obtain a berry planting material for plantation cultivation. The number of roots of Arctic Bramble regenerated plants increased by 1.2 times and their average length decreased with increasing of IBA auxin concentration in the QL nutrient medium from 0.5 to 1.0 mg/l at the stage of rooting of microshoots in vitro. The total length of the roots of Arctic Bramble in vitro had no significant differences depending on the concentration of IBA auxin. The addition of the Ecogel preparation at a concentration of 0.5 ml/l to the nutrient medium contributed to the increase in the number (in an average of 1.6–1.8 times) and the total length of roots (by 2.9–3.5 times) of Arctic Bramble in vitro. The highest values of survival rate (82–86%) and the number of leaves (8–10 pieces) of Arctic Bramble were noted at the stage of adaptation to non-sterile conditions ex vitro with the usage of a transitional peat substrate in cassettes and peat tablets.*

**Keywords:** Arctic Bramble, clonal micro-propagation, root formation, adaptation, peat, *in vitro*, *ex vitro*.

**Введение.** В последние годы как среди сельскохозяйственных предпринимателей и фермерских хозяйств, так и садоводов-любителей возрастает интерес к выращиванию нетрадиционных видов лесных ягодных растений. При этом в связи с сильно возрастающей антропогенной и техногенной нагрузкой, ухудшением экологической ситуации в мире происходит интенсивное сокращение естественных запасов хозяйственно ценных видов лесных ягодников, а некоторые из них находятся на грани исчезновения. При этом на сегодняшний день наблюдается пробле-

ма неполного вовлечения недревесных ресурсов леса при организации многоцелевого, рационального и неистощительного лесопользования и повышении экономической эффективности лесохозяйственной и сельскохозяйственной деятельности [1].

Среди редко распространенных лесных и болотных ягодных растений княженика арктическая (*Rubus arcticus* L.) – один из набирающих популярность и очень высокоценных в пищевом и лекарственном отношении видов [2; 3]. Поскольку княженика может произрастать и способ-

на давать урожаи на бедных кислых торфяных почвах, создание плантационных посадок данного вида на выработанных торфяных месторождениях в целях рекультивации последних как позволит восполнить потери ценных природных ягодных ресурсов, так и будет способствовать рациональному использованию земель, вышедших из-под торфодобычи [4].

Для получения посадочного материала ягодных растений в целях плантационного выращивания целесообразно использовать метод клонального микроразмножения, который позволяет круглогодично и в короткие сроки получить большое количество высококачественных и оздоровленных растений [5; 6]. Исследований по введению княженики арктической в культуру *in vitro* на сегодняшний день известно крайне мало [7-10], и технология клонального микроразмножения данной культуры находится на стадии разработки. В связи с этим требуется проведение комплекса экспериментальных работ на этапах культивирования *in vitro* и *ex vitro*, в том числе с использованием росторегулирующих веществ и препаратов и с учетом сортовых особенностей.

**Цель исследований** – изучить влияние концентрации ауксина ИМК и препарата Экогель на ризогенез растений-регенерантов княженики арктической *in vitro*, а также особенностей адаптации к нестерильным условиям *ex vitro*.

**Объекты и методы.** Исследования проводили в 2019–2021 гг. в лабораториях биотехнологии на базе Костромской ГСХА и Центрально-европейской лесной опытной станции ВНИИЛМ по общепринятым методикам [6]. В качестве объектов исследований использовали растения княженики арктической сортов Анна и Галина (шведской и российской селекции, соответственно).

*Anna* – сорт, полученный в середине 1980-х гг. путем гибридизации дикорастущей княженики из Швеции *Rubus arcticus* L. *Subsp. arcticus* с дикорастущей княженикой из Аляски *Rubus arcticus* L. *Subsp. Stellatus* (Sm.) Voiv. Листья тройчатые, морщинистые, с черешками и двумя при-

листниками. Цветет в конце июня – начале июля розовыми цветками. Цветки чаще всего обоеполые, одиночные, до 2 см в диаметре. Плоды созревают в июле–августе. Плод – сборная костянка из 25–50 плодиков, похожих на ягоды малины. Масса плода 1–2 г. Цвет плодов – от темно-вишневого до пурпурового с сизоватым налетом. Вкус очень приятный, кисло-сладкий с ароматом. Сорт достаточно морозостойкий и неприхотливый [11].

*Галина* (авторы Макаров С.С., Тяк Г.В.) – первый сорт княженики арктической российской селекции, полученный в результате отбора среди сеянцев от свободного опыления гибридных сортов Анна, Astra, Beata и Sofia. Надземные побеги высотой 15–25 см. Плоды крупные темно-красные. Средняя масса одной ягоды – 1,6 г, максимальная – 3,2–4,0 г. Урожайность средняя. Среднеспелого срока созревания. Стебель прямостоячий, трехгранный, имеет чешуйки у основания. Листья тройчатые, морщинистые, зубчики края листочков острые. Цветение обильное, начинается с конца мая. Плоды созревают в июле. Устойчива к вредителям и болезням. Вкус плодов сладкий, обладает сильным ароматом. Морозоустойчивость до –30°C.

Растения-регенеранты культивировали на питательной среде Кворина-Лепуавра (QL) [12] в условиях световой комнаты при температуре +23...+25°C, влажности 75–80% и фотопериоде 16/8 часов. На этапе укоренения микропобегов изучали влияние ауксина ИМК в концентрациях 0,5 и 1,0 мл/л и добавления препарата Экогель (д.в. – 30 г/л лактата хитозана) в концентрации 0,5 мл/л на ризогенез растений-регенерантов княженики арктической (рис. 1). *Экогель* – безопасный и экологичный активатор корнеобразования и болезнеустойчивости для всех культур защищенного грунта, обладающий фунгицидными свойствами, способствующий антистрессовой устойчивости растений к неблагоприятным внешним воздействиям, выступающий как индуктор иммунной системы растений. Проводили учет количества, средней и суммарной

длины корней 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 ( $НСР_{05}$ ), где фактор А – концентрация ауксина; фактор В – наличие препарата Экогель.

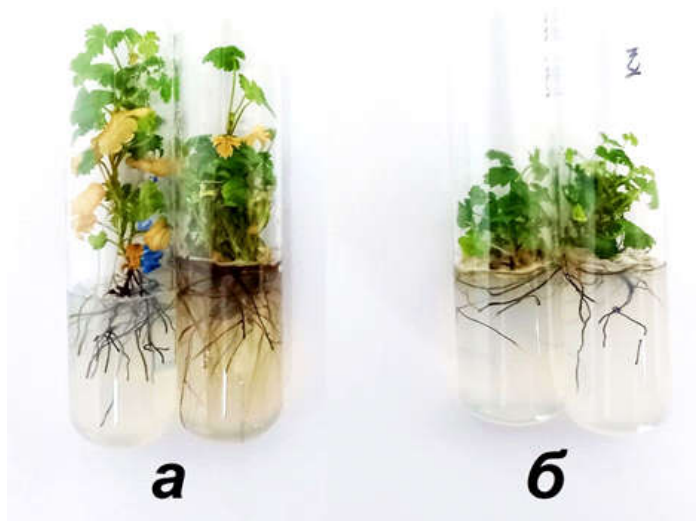


Рисунок 1. Растения-регенеранты княженики арктической *in vitro* на этапе укоренения микропобегов на питательной среде QL: а – с добавлением препарата Экогель 0,5 мл/л; б – без препарата Экогель

На этапе адаптации к нестерильным условиям *ex vitro* укорененные растения вынимали из пробирки пинцетом и промывали корни в 1%-ном растворе перманганата калия  $KMnO_4$  для предотвращения развития патогенной микрофлоры. Укорененные растения пересаживали в кассеты с объемом ячейки 81,7 и 100 см<sup>3</sup> с различными по составу субстратами и поливали водой. Затем растения опрыскивали водой из пульверизатора и надевали колпачки. Предварительно субстраты

проливали 5%-ным раствором перманганата калия и оставляли на 1 неделю в темном месте. В качестве субстратов использовали торф верхового ( $pH_{KCl} - 2,8...3,5$ ) и переходного ( $pH_{KCl} - 3,8...4,5$ ) типов, кокосовый субстрат ( $pH_{KCl} - 7,0$ ). Одновременно с этим заложили опыт с использованием таблеток (диаметр – 3 см) с раскисленным торфом верхового типа ( $pH_{KCl} - 5,5...6,0$ ) и кокосовым субстратом (рис. 2).



Рисунок 2. Адаптируемые *ex vitro* к торфяному субстрату растения княженики арктической: а – в кассетах; б – в таблетках

Кассеты и таблетки с адаптируемыми растениями ставили в условия освещения 8000 лк, температуры +25°C и влажности 80...90%. Каждый день в течение 1 недели растения опрыскивали, после чего проводили первую подкормку 1/5 минеральным составом среды WPM. Через 10 суток провели первую ревизию растений. Дальнейшее их выращивание проходило по принятой для растения агротехнике [13]. Через 14 дней учитывали приживаемость адаптированных растений и количество листьев на одно растение. Статистическую обработку полученных экспериментальных данных проводили с использованием программ AGROS v.2.11

и Microsoft Office Excel 2016.

**Результаты и обсуждение.** В результате проведенных исследований выявлено, что на этапе укоренения микророботов *in vitro* при повышении в питательной среде QL концентрации ауксина ИМК от 0,5 до 1,0 мг/л количество корней у растений-регенерантов княженики сортов Анна и Галина увеличивалось, в среднем, в 1,2 раза (табл. 1). При добавлении в питательную среду препарата Экогель в концентрации 0,5 мл/л количество корней княженики арктической сорта Анна составляло, в среднем, 10,9 шт., сорта Галина – 12,4 шт., что в 1,6–1,8 раза больше, чем в вариантах без него.

**Таблица 1** – Количество корней княженики арктической в зависимости от концентрации ауксина ИМК и препарата Экогель, шт.

Сорт	Концентрация ИМК, мг/л	Количество корней, шт.		Среднее
		без препарата Экогель	Экогель 0,5 мл/л	
Анна	0,5	5,8	10,2	8,0
	1,0	7,7	11,5	9,6
	Среднее	6,7	10,9	-
	НСР <sub>05</sub> ф. А = 2,43, ф. В = 2,29, общ. = 2,95			
Галина	0,5	6,0	11,3	8,7
	1,0	7,5	13,5	10,5
	Среднее	6,8	12,4	-
	НСР <sub>05</sub> ф. А = 2,43, ф. В = 2,36, общ. = 3,11			

С повышением концентрации в питательной среде ауксина ИМК от 0,5 до 1,0 мг/л средняя длина корней княженики арктической *in vitro* уменьшалась, в среднем, в 1,2 раза (табл. 2). При наличии

в питательной среде препарата Экогель средняя длина корней составляла 4,5–4,6 см, что в 1,8–1,9 раза больше, чем в вариантах без него.

**Таблица 2** – Средняя длина корней княженики арктической в зависимости от концентрации ауксина ИМК и препарата Экогель, см

Сорт	Концентрация ИМК, мг/л	Средняя длина корней, см		Среднее
		без препарата Экогель	Экогель 0,5 мл/л	
Анна	0,5	3,0	4,8	3,9
	1,0	2,1	4,3	3,2
	Среднее	2,6	4,6	-
	НСР <sub>05</sub> ф. А = 1,81, фактор В = 1,73 общ. = 2,01			
Галина	0,5	2,5	4,8	3,7
	1,0	2,2	4,1	3,1
	Среднее	2,4	4,5	-
	НСР <sub>05</sub> фактор А = 1,78, фактор В = 1,65 общ. = 1,98			

Суммарная длина корней княженики арктической *in vitro* в расчете на одно растение не имела значимых различий в зависимости от концентрации ауксина ИМК и со-

ставляла при концентрации ИМК 0,5 мг/л: у сорта Анна – 33,2 см, у сорта Галина – 34,6 см, тогда как при концентрации 1,0 мг/л – 32,9 и 35,9 см соответственно (табл. 3).

**Таблица 3** – Суммарная длина корней княженики арктической в зависимости от концентрации ауксина ИМК и препарата Экогель, см

Сорт	Концентрация ИМК, мг/л	Суммарная длина корней, см		Среднее
		без препарата Экогель	Экогель 0,5 мл/л	
Анна	0,5	17,4	49,0	33,2
	1,0	16,2	49,5	32,9
	Среднее	16,8	49,2	-
	НСР <sub>05</sub> ф. А = 7,87, фактор В = 7,65 общ. = 8,29			
Галина	0,5	15,0	54,2	34,6
	1,0	16,5	55,4	35,9
	Среднее	15,8	54,8	-
	НСР <sub>05</sub> фактор А = 7,91, фактор В = 7,83 общ. = 8,34			

При добавлении в питательную среду препарата Экогель в концентрации 0,5 мл/л существенно увеличивалась суммарная длина корней и составляла, в среднем, у сорта Анна 49,2 см, у сорта Галина – 54,8 см, что, соответственно, в 2,9 и 3,5 раза больше, чем без использования препарата.

Приживаемость княженики арктической на этапе адаптации к нестерильным

условиям *ex vitro* была максимальной при использовании субстрата из переходного торфа (84–86%) и торфяных таблеток (82–84%). Наибольшее количество листьев, учтенное через 14 дней после пересадки, отмечено у растений княженики арктической также на субстрате из переходного торфа (8–9 шт.) и на торфяных таблетках (9–10 шт.) (табл. 4).

**Таблица 4** – Приживаемость и количество листьев княженики арктической в зависимости типа субстрата на этапе адаптации к нестерильным условиям

Показатели	Сорт	Субстрат				
		верховой торф	переходный торф	кокосовый субстрат	торфяные таблетки	кокосовые таблетки
Приживаемость, %	Анна	36	84	72	82	62
	Галина	32	86	70	84	58
Количество листьев, шт.	Анна	4	9	6	10	7
	Галина	6	8	5	9	6

Статистически значимых различий по биометрическим показателям микрорастений княженики арктической на исследуемых этапах выращивания в зависимости от сорта не выявлено.

По результатам проведенных исследований можно сделать следующие **выводы**.

1. При клональном микроразмножении княженики арктической повышение в питательной среде QL концентрации ауксина ИМК от 0,5 до 1,0 мг/л способствовало незначительному увеличению количества корней растений-регенерантов, уменьшению их средней длины, тогда как суммарная длина не имела значимых различий в зависимости от концентрации ауксина ИМК.

2. Наличие в питательной среде препарата Экогель в концентрации 0,5 мл/л способствовало увеличению суммарной длины корней княженики арктической *in vitro*, в среднем, в 2,9–3,5 раза.

3. Приживаемость княженики арктической на этапе адаптации к нестерильным условиям *ex vitro* была наибольшей при использовании субстрата из торфа переходного типа и торфяных таблеток.

#### Список источников

1. Проблемы использования и воспроизводства фитогенных пищевых и лекарственных ресурсов леса на землях лесного фонда Костромской области / С.С. Макаров, Е.С. Багаев, С.Ю. Цареградская, И.Б. Кузнецова // ИВУЗ. Лесной журнал. 2019. № 6. С. 118–131. doi: 10.17238/issn0536-

1036.2019.6.118. EDN: DSJOXN.

2. Иванова Т.Н., Путинцева Л.Ф. Лесная кладовая. Тула : Приок. кн. изд-во, 1993. 351 с.

3. Холопцева Н.П., Юдина В.Ф. Полезные растения в природе и на приусадебном участке. Петрозаводск, 1997. 262 с.

4. 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. EDN: WHQVNF.

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

6. Калашникова Е.А. Клеточная инженерия растений : учеб. и практикум для вузов. Москва : Юрайт, 2020. 333 с. EDN: LOUOLP.

7. Константинов А.В., Химченко Е.Н., Кулагин Д.В. Омоложение асептической культуры и получение посадочного материала поленики арктической (*Rubus arcticus* L.) // *Modern Phytomorphology*. 2012. № 1. С. 189–192.

8. Макаров С.С., Кузнецова И.Б., Смирнов В.С. Влияние регуляторов роста на органогенез растений при клональном микроразмножении княженики арктической (*Rubus arcticus* L.) // Лесохозяйственная информация. 2017. № 2. С. 103–108.

URL: <http://lhi.vniilm.ru/>

9. Макаров С.С., Кузнецова И.Б., Смирнов В.С. Совершенствование технологии клонального микроразмножения княженики арктической // Лесохозяйственная информация. 2018. № 4. С. 91–97.

URL: <http://lhi.vniilm.ru/>

10. Получение гаплоидных растений *Rubus arcticus* L. методом культуры микроспор *in vitro* / Д.Н. Зонтиков, С.А. Зонтикова, К.В. Малахова [и др.] // Сельскохозяйственная биология. 2020. Т. 55. № 1. С. 128–136. doi: 10.15389/agrobiology.2020.1.128rus. EDN: XJIWLG

11. Ragnar M. Åkerbär, Rytkonen P., Hedh J. Black Island Books, 2017. 169 p.

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

13. Макаров С.С., Родин С.А., Чудецкий А.И. Методические рекомендации по выращиванию посадочного материала лесных ягодных культур *in vitro* и *in vivo*. Пушкино : ВНИИЛМ, 2019. 24 с.

## References

1. Makarov S.S., Bagaev E.S., Tsaregradskaya S.Yu., Kuznetsova I.B. Problems of Use and Reproduction of Phytogenic Food and Medicinal Resources of the Forest on the Lands of the Forest Fund of the Kostroma Region. *Russian Forest Journal*. 2019;6:118–131 (In Russ.)

2. Ivanova T.N., Putintseva L.F. Lesnaya kladovaya [Forest Storeroom]. Tula. Priokskoe Publ., 1993. 351 p. (In Russ.)

3. Kholoptseva N.P., Yudin V.F. Poleznye rasteniya v prirode i na priusadebnom uchastke [Useful Plants in Nature and on a Personal Plot]. Petrozavodsk, 1997. 262 p. (In Russ.)

4. Tyak G.V., Kurlovich L.E., Tyak A.V. Biological recultivation of degraded peatlands by creating forest berry plants. *Vestnik of the Kazan State Agricultural University*. 2016;11(2):43–46 (In Russ.)

5. Sheveluha V.S. [et al.]. Sel'sko-hozyajstvennaya biotekhnologiya [Agricultural Biotechnology]. Moscow. Vysshaya shkola, 2008. 416 p. (In Russ.)

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

7. Konstantinov A.V., Khimchenko E.N., Kulagin D.V. Omolozhenie aseptichestkoj kul'tury i poluchenie posadochnogo materiala poleniki arkticheskoy (*Rubus arcticus* L.) [Rejuvenation of Aseptic Culture and Obtaining Planting Material of the Arctic Bramble (*Rubus arcticus* L.)]. *Modern Phytomorphology*, 2012;1:189–192 (In Russ.)

8. Makarov S.S., Kuznetsova I.B., Smirnov V.S. Vliyanie regulyatorov rosta na organogenez rastenij pri klonal'nom mikrorazmnozhenii knyazheniki arkticheskoy (*Rubus arcticus* L.) [Influence of Growth Regulators on Plant Organogenesis During Clonal Micropropagation of Arctic Bramble (*Rubus arcticus* L.)]. Lesohozyajstvennaya informaciya [Forestry Information]. 2017;2:103-108.

URL: <http://lhi.vniilm.ru/> (In Russ.)

9. Makarov S.S., Kuznetsova I.B., Smirnov V.S. Sovershenstvovanie tekhnologii klonal'nogo mikrorazmnozheniya knyazheniki arkticheskoy [Improving the Technology of Clonal Micropropagation of Arctic Bramble]. Lesohozyajstvennaya informaciya [Forestry Information]. 2018;4:91–97.

URL: <http://lhi.vniilm.ru/> (In Russ.)

10. Zontikov D.N., Zontikova S.A., Malakhova

K.V. [et al.]. Generation of rubus arcticus l. haploids through in vitro microspore culture technique. *Agricultural biology*. 2020;55(1):128–136 (In Russ.)

11. Ragnar M., Rytönen P., Hedh J. Åkerbär . Black Island Books, 2017. 169 p.

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

13. Makarov S.S., Rodin S.A., Chudetsky A.I. Metodicheskie rekomendacii po vyrashchivaniyu posadochnogo materiala lesnyh yagodnyh kul'tur in vitro i in vivo [Guidelines for the Cultivation of Planting Material of Forest Berry Crops In Vitro and In Vivo]. Pushkino: ARRISMF Publ., 2019. 24 p. (In Russ.)

#### Информация об авторах

**Макаров Сергей Сергеевич** – кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник группы недревесной продукции леса;

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

**Феклистов Павел Александрович** – доктор сельскохозяйственных наук, главный научный сотрудник; профессор;

**Кузнецова Ирина Борисовна** – кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры агрохимии, почвоведения и защиты растений; доцент;

**Чудецкий Антон Игоревич** – ведущий инженер группы лесоводства.

#### Information about the authors

**Sergey S. Makarov** – Candidate of Science (Agriculture), Senior Researcher of Non-timber Forest Products Group;

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

**Pavel A. Feklistov** – Doctor of Science (Agriculture), Chief Researcher; Professor;

**Irina B. Kuznetsova** – Candidate of Science (Agriculture), Associate Professor of Agrochemistry, Soil Science and Plant Protection Chair; Associate Professor;

**Anton I. Chudetsky** – Leading Engineer of Forestry Group.

Статья поступила в редакцию 28.01. 2022; одобрена после рецензирования 18.02.2022; принята к публикации 07.10.2022.

The article was submitted 28.01. .2022; approved after reviewing 18.02.2022; accepted for publication 07.10.2022.