

Вестник Бурятской государственной сельскохозяйственной академии имени В.Р. Филиппова. 2022. № 3 (68). С. 105–111.

Vestnik of Buryat State Academy of Agriculture named after V. Philippov. 2022;3(68):105–111.

Научная статья

УДК 634.7

doi: 10.34655/bgsha.2022.68.3.015

## ОСОБЕННОСТИ МИКРОКЛОНАЛЬНОГО РАЗМНОЖЕНИЯ КНЯЖЕНИКИ АРКТИЧЕСКОЙ (*RUBUS ARCTICUS* L.) НА ЭТАПАХ «ВВЕДЕНИЕ В КУЛЬТУРУ *IN VITRO*» И «СОБСТВЕННО МИКРОРАЗМНОЖЕНИЕ»

Сергей Сергеевич Макаров<sup>1</sup>, Ирина Борисовна Кузнецова<sup>2</sup>, Галина Вячеславовна Тяк<sup>3</sup>

<sup>1,3</sup>Филиал ФБУ «Всероссийский научно-исследовательский институт лесоводства и механизации лесного хозяйства» «Центрально-европейская лесная опытная станция», Кострома, Россия

<sup>2</sup>Костромская государственная сельскохозяйственная академия, п. Караваево, Костромская обл., Россия

<sup>1</sup>makarov\_serg44@mail.ru

<sup>2</sup>sonnereiser@yandex.ru

<sup>3</sup>se-los-np@mail.ru

**Аннотация.** В статье приведены результаты исследований по изучению влияния стерилизующих агентов и времени стерилизации на жизнеспособность эксплантов и влияния концентраций росторегулирующих веществ на биометрические параметры микропобегов *in vitro* княженики арктической сорта Анна и гибридной формы К-1. Княженика арктическая (*Rubus arcticus* L.) – один из самых высокоценных и набирающих популярность видов лесных ягодных растений. Княженика способна произрастать и давать урожаи на бедных кислых торфяных почвах, ее посадки на выработанных торфяниках будут способствовать рациональному использованию земель, вышедших из-под торфодобычи. Для выращивания ягодных растений в промышленных масштабах целесообразно использовать метод клонального микроразмножения. При клональном микроразмножении княженики арктической на этапе «введение в культуру *in vitro*» наибольшая жизнеспособность эксплантов (86–91%) наблюдалась при использовании нитрата серебра 0,2% и препарата Лизоформин-3000 5% при времени стерилизации 15 мин. На этапе «собственно микроразмножение» при повышении в питательной среде QL концентрации цитокинина ТДЗ от 0,1 до 0,2 мг/л количество и суммарная длина микропобегов княженики арктической увеличивались в 1,5–1,7 и 1,2 раза соответственно. Добавление в питательную среду препарата Эпин-Экстра в концентрации 0,5 мл/л способствовало увеличению суммарной длины микропобегов княженики, в среднем, в 1,6–1,7 раза. Наибольшая суммарная длина (20,4–22,7 см) микропобегов княженики арктической отмечена при концентрации цитокинина ТДЗ 0,2 мг/л и наличии препарата Эпин-Экстра 0,5 мл/л в питательной среде.

**Ключевые слова:** княженика арктическая, клональное микроразмножение, *in vitro*, стерилизующие агенты, регуляторы роста, цитокинины.

## PECULIARITIES OF CLONAL MICROPROPAGATION OF THE ARCTIC RASPBERRY (*RUBUS ARCTICUS* L.) AT THE STAGES OF “INTRODUCTION IN VITRO CULTURE” AND “PROPER MICROPROPAGATION”

Sergey S. Makarov<sup>1</sup>, Irina B. Kuznetsova<sup>2</sup>, Galina V. Tyak<sup>3</sup>

<sup>1,3</sup>Central European Forest Experiment Station – Branch of All-Russian Research Institute of Silviculture and Mechanization of Forestry, Kostroma, Russia

<sup>2</sup>Kostroma State Agricultural Academy, Karavaevo village, Kostroma region, Russia

<sup>1</sup>makarov\_serg44@mail.ru

<sup>2</sup>sonnereiser@yandex.ru

<sup>3</sup>ce-los-np@mail.ru

**Abstract.** *The article deals with the results of the research on the study of the influence of sterilizing agents and sterilization time on the viability of explants and the effect of the concentrations of growth-regulating agents on the biometric parameters of in vitro micro-shoots of the arctic raspberry of Anna variety and the K-1 hybrid form. The arctic raspberry (*Rubus arcticus* L.) is one of the most highly valued and most popular species of forest berry plants. The arctic raspberry is able to grow and yield on poor acidic peat soils; starting its plantings on worked-out peatlands will contribute to the rational use of lands that stay after peat extraction. The method of clonal micropropagation is advisable for growing berry plants on an industrial scale. The greatest viability of explants (86–91%) of the arctic raspberry is observed when using silver nitrate 0.2% and Lizoformin 3000 5% at a sterilization time of 15 min in clonal micropropagation at the stage of “introduction into in vitro culture”. The amount and total length of microshoots of the arctic raspberry increased by 1.5–1.7 and 1.2 times, respectively, with an increase in the concentration of TDZ cytokinin from 0.1 to 0.2 mg/l in the QL nutrient medium at the stage of “proper micropropagation”. The addition of Epin-Extra preparation at a concentration of 0.5 ml/l to the nutrient medium contributed to an increase in the total length of the arctic raspberry micro-shoots by an average at 1.6–1.7 times. The greatest total length (20.4–22.7 cm) of microshoots of the arctic raspberry is noted at a concentration of TDZ 0.2 mg/l and the presence of Epin-Extra 0.5 ml/l in the nutrient medium.*

**Keywords:** Arctic raspberry, clonal micropropagation, *in vitro*, sterilizing agents, growth regulators, cytokinins.

**Введение.** Из дикорастущих ягодников княженика арктическая (*Rubus arcticus* L.) – один из самых высокоценных и набирающих популярность видов лесных ягодных растений наряду с такими видами, как голубика узколистная, морошка приземистая и ряд других. Благодаря своим лечебно-профилактическим и пищевым достоинствам она издавна используется в быту и находит широкое применение в народной медицине и пищевой промышленности [1, 2]. Однако в последнее время интенсивный антропогенный пресс, связанный с гидролесомелиорацией, лесными пожарами, нерегулируемой эксплуатацией высокопродуктивных естественных ягодных угодий и техногенным загрязнением, приводит к истощению при-

родных запасов дикорастущих ягодников и обеднению их генофонда. Восполнить потери ценных природных ягодных ресурсов возможно путем их плантационного выращивания на выработанных торфяных месторождениях [3].

В России изучение княженики проводилось, в основном, в ресурсном и эколого-биологическом плане, а упоминания о необходимости введения ее в культуру относятся к 40-м годам XIX века. Немногочисленные опыты по выращиванию княженики в культуре свидетельствовали о возможности выращивания ее в искусственных условиях [4-7]. Интенсивные исследования по культивированию княженики начали проводиться с 1960-х гг. в Финляндии и Швеции, проводилась селекци-

онная работа по созданию высокоурожайных сортов и гибридных форм данного вида [8-11]. На постсоветском пространстве опыты по культивированию княженики начали проводиться с середины 1990-х гг. в Эстонском сельскохозяйственном университете (г. Тарту), где ученые работали с посадочным материалом финского и шведского происхождения, а также с местными клонами, в результате этого был создан сорт Kaansoo [12-14].

Княженика способна произрастать и давать урожаи на бедных кислых торфяных почвах, а создание ее посадок на выработанных торфяниках в рамках их биологической рекультивации будет способствовать рациональному использованию земель лесного фонда, вышедших из-под торфодобычи [3]. Однако для выращивания ягодных растений в промышленных масштабах целесообразно использовать метод клонального микроразмножения, который позволяет в краткие сроки получать большое количество высококачественного и оздоровленного посадочного материала. При этом немаловажная роль при выращивании в культуре *in vitro* отводится правильному подбору стерилизующих агентов и времени стерилизации эксплантов, оптимальных составов питательных сред, вида и концентрации росторегулирующих веществ для процессов органогенеза и ризогенеза, что в итоге оказывает влияние на коэффициент размножения и выход получаемых растений [15, 16].

**Цель исследований** – изучить влияние стерилизующих агентов и времени стерилизации на жизнеспособность эксплантов и влияние концентраций регуляторов роста на биометрические показатели микроразмножения княженики арктической *in vitro*.

**Объекты и методы.** Исследования проводили в 2016–2021 гг. в лабораториях биотехнологии на базе Центрально-европейской лесной опытной станции ВНИИЛМ и Костромской ГСХА по общепринятым методикам [16]. В качестве объектов исследований использовали растения княженики арктической сорта

Анна и гибридной формы К-1. На этапе «введение в культуру *in vitro*» экспланты растений стерилизовали с использованием различных стерилизующих растворов: сулемы (0,1%), моющего средства «Доместос» (в разведении с водой 1:3), экостерилизатора бесхлорного (5%), перекиси водорода (30%), хлорной извести (в разведении с водой 1:1), нитрата серебра (0,2%) и препарата Лизоформин-3000 (5%). Время стерилизации – 5, 10, 15 и 20 мин. После стерилизации растения культивировали на питательной среде Кворина-Лепуавра (QL) в условиях световой комнаты при температуре +23...+25°C, влажности 75–80% и фотопериоде 16/8 часов.

На этапе «собственно микроразмножение» в качестве регуляторов роста цитокининовой группы использовали тидиазурон (ТДЗ) в концентрациях 0,1 и 0,2 мг/л, а также препарат Эпин-Экстра в концентрации 0,5 мл/л. Проводили учет количества, средней и суммарной длины микроразмножений в расчете на 1 растение. Повторность опыта 10-кратная, в каждом варианте – по 15 растений. Статистическую обработку экспериментальных данных проводили с использованием программ AGROS v.2.11 и Microsoft Office 2016. Оценку достоверности опытов проводили с помощью наименьшей существенной разности на 5% уровне значимости ( $HC_{05}$ ), где фактор А – концентрация цитокинина; фактор В – наличие адаптогена Эпин-Экстра.

**Результаты исследований.** На этапе введения в культуру *in vitro* эксплантов княженики арктической выявлено, что наиболее эффективными среди стерилизующих агентов оказались  $AgNO_3$  (0,2%) и лизоформин-3000 (5%) при времени стерилизации 15 мин: в этих вариантах жизнеспособность эксплантов достигала у сорта Анна – 91% и 90%, а у гибридной формы К-1 – 88% и 86% соответственно (табл. 1). Довольно высокая жизнеспособность эксплантов княженики арктической наблюдалась при обработке препаратом Экостерилизатор бесхлорный (5%) при времени стерилизации 15 мин, где

жизнеспособность составляла у сорта Анна – 82%, у гибрида К-1 – 79%. В вариантах с сулемой в течение 10 мин жизнеспособность эксплантов была также высокой (80%), но при увеличении экспозиции до 15–20 мин она резко снижалась до 23–35%, что связано, по-видимому, с фи-

тотоксичностью хлорида ртути. При экспозиции 5 мин процент жизнеспособных эксплантов при обработке исследуемыми стерилизующими агентами был низким и не превышал 4–27%, остальные экспланты погибали от инфекции.

**Таблица 1** – Жизнеспособность (%) эксплантов княженики арктической в зависимости от стерилизующих агентов и времени стерилизации

Стерилизующий агент	Время стерилизации, мин			
	5	10	15	20
<b>Сорт Анна</b>				
Сулема 0,1%	18	80	35	26
Доместос 1:3	8	19	35	15
Экостерилизатор бесхлорный 5%	11	49	82	74
Перекись водорода 30%	6	12	28	26
Хлорная известь 1:1	12	14	59	77
AgNO <sub>3</sub> 0,2%	27	56	91	41
Лизоформин-3000 5%	17	65	90	54
<b>Гибридная форма К-1</b>				
Сулема 0,1%	15	80	31	23
Доместос 1:3	6	16	30	21
Экостерилизатор бесхлорный 5%	5	41	79	66
Перекись водорода 30%	4	14	24	19
Хлорная известь 1:1	10	18	60	73
AgNO <sub>3</sub> 0,2%	22	43	88	45
Лизоформин 3000 5%	16	70	86	51

На этапе «собственно микроразмножение» выявлено значительное влияние концентрации цитокинина ТДЗ в питательной среде QL на биометрические показатели клонируемых растений княженики арктической. При повышении концентрации цитокинина ТДЗ от 0,1 мг/л до 0,2 мг/л количество побегов у растений-регенерантов увеличивалось в 1,5–1,7 раза

(табл. 2). В вариантах с наличием в питательной среде адаптогена Эпин-Экстра 0,5 мл/л количество побегов княженики арктической составляло в среднем у сорта Анна – 8,3 шт., а у гибрида К-1 – 8,8 шт., что незначительно больше (в 1,1 раза), чем в вариантах без добавления препарата.

**Таблица 2** – Количество микропобегов княженики арктической в зависимости от концентрации цитокинина ТДЗ и адаптогена Эпин-Экстра

Концентрация ТДЗ, мг/л	Количество побегов, шт.		Среднее
	без препарата Эпин-Экстра	Эпин-Экстра 0,5 мл/л	
<b>Сорт Анна</b>			
0,1	5,4	6,4	5,9
0,2	9,8	10,2	10,0
Среднее	7,6	8,3	-
НСР <sub>05</sub> фактор А = 2,34, фактор В = 2,27, общ. = 2,92			
<b>Гибридная форма К-1</b>			
0,1	6,2	7,3	6,7
0,2	9,9	10,3	10,1
Среднее	8,1	8,8	-
НСР <sub>05</sub> фактор А = 2,53, фактор В = 2,38, общ. = 3,13			

Средняя длина побегов княженики арктической *in vitro* с повышением в питательной среде QL концентрации цитокинина ТДЗ от 0,1 мг/л до 0,2 мг/л незначительно уменьшалась у сорта Анна, в среднем, в 1,4 раза, у гибрида К-1 – в 1,2

раза (табл. 3). При наличии в питательной среде адаптогена Эпин-Экстра средняя длина побегов достигала 2,3–2,4 см, что в 1,4–1,5 раза больше, чем в вариантах без препарата.

**Таблица 3** – Средняя длина микропобегов княженики арктической в зависимости от концентрации цитокинина ТДЗ и адаптогена Эпин-Экстра

Концентрация ТДЗ, мг/л	Средняя длина побегов, см		Среднее
	без препарата Эпин-Экстра	Эпин-Экстра 0,5 мл/л	
<b>Сорт Анна</b>			
0,1	1,8	2,6	2,2
0,2	1,2	2,0	1,6
Среднее	1,5	2,3	-
НСР <sub>05</sub> фактор А = 2,28, фактор В = 2,10, общ. = 2,86			
<b>Гибридная форма К-1</b>			
0,1	1,9	2,5	2,2
0,2	1,4	2,2	1,8
Среднее	1,7	2,4	-
НСР <sub>05</sub> фактор А = 2,23, фактор В = 2,08, общ. = 2,73			

Суммарная длина побегов княженики арктической была значительно больше (в среднем, в 1,2 раза) при концентрации в питательной среде цитокинина ТДЗ 0,2 мг/л, чем при концентрации 0,1 мг/л, и составляла у сорта Анна, в среднем, 16,1 см, у гибридной формы К-1 – 18,3 см (табл. 4). При добавлении в питательную среду адаптогена Эпин-Экстра 0,5 мл/л существенно (в 1,6–1,7 раза) увеличивалась

суммарная длина микропобегов, которая составляла у сорта Анна, в среднем, 18,5 см, у гибридной формы К-1 – 20,5 см. Максимального значения суммарная длина побегов княженики арктической достигала при концентрации цитокинина ТДЗ 0,2 мг/л и наличии адаптогена Эпин-Экстра 0,5 мл/л в питательной среде QL: у сорта Анна – 20,4 см, у гибрида К-1 – 22,7 см.

**Таблица 4** – Суммарная длина микропобегов княженики арктической в зависимости от концентрации цитокинина ТДЗ и адаптогена Эпин-Экстра, см

Концентрация ТДЗ, мг/л	Суммарная длина побегов, см		Среднее
	без препарата Эпин-Экстра	Эпин-Экстра 0,5 мл/л	
<b>Сорт Анна</b>			
0,1	9,7	16,6	13,1
0,2	11,8	20,4	16,1
Среднее	10,8	18,5	-
НСР <sub>05</sub> фактор А = 2,64, фактор В = 2,07, общ. = 2,98			
<b>Гибридная форма К-1</b>			
0,1	11,8	18,3	15,1
0,2	13,9	22,7	18,3
Среднее	12,8	20,5	-
НСР <sub>05</sub> фактор А = 2,53, фактор В = 2,03, общ. = 2,95			

**Выводы.** Таким образом, по результатам проведенных исследований можно сделать следующие выводы.

1. При клональном микроразмножении княженики арктической на этапе введения в культуру *in vitro* наиболее эффек-

тивными оказались нитрат серебра 0,2% и препарат Лизоформин 3000 5% при времени стерилизации 15 мин.

2. При повышении в питательной среде QL концентрации тидиазурона от 0,1 до 0,2 мг/л увеличивалось количество и сум-

марная длина микропобегов княженики арктической, но снижалась их средняя длина.

3. Добавление в питательную среду адаптогена Эпин-Экстра в концентрации 0,5 мл/л способствовало увеличению суммарной длины побегов княженики арктической, в среднем, в 1,6–1,7 раза.

4. Наибольшей суммарная длина побегов княженики арктической была при концентрации в питательной среде тидиазурина 0,2 мг/л и наличии адаптогена Эпин-Экстра 0,5 мл/л.

#### Список источников

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

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

3. 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: 10.12737/20633. EDN: WHQVNF

4. Чернова Е.П. Поленика и ее введение в культуру. Москва – Ленинград : Изд-во АН СССР, 1959. 35 с.

5. Фрейдлинг М.В. Поленика // Известия Карело-финского филиала АН СССР. 1949. № 3. С. 49–57.

6. Чуйко Н.М., Ершова Т.М., Фридрих В.А. Костяника арктическая (княженика) в условиях Урала // Проблемы продовольственного и кормового использования недревесных и второстепенных лесных ресурсов: тез. докл. Всесоюз. совещ. (Красноярск, 24–26 мая 1983 г.). Красноярск, 1983. С. 103.

7. Гладкова Л.И. О введении в культуру лесных ягодных растений // Дикорастущие ягодные растения СССР. Петрозаводск, 1980. С. 55–56.

8. Kokko H., Härmäläinen J., Kärenlampi S. Cultivation of Arctic Bramble in Finland is Seriously Disturbed by Downy Mildew/ H. Kokko // Proc. of XXX Int. Conf. “Wild Berry Culture: An Exchange of Western and Eastern Experiences”, 10–13 August, 1998. Tartu, 1998. Pp. 82–86.

9. Hiirsalmi H., Junnila S., Säkö J. “Aura” and “Astra”, Finnish Arctic Bramble Hybrid Varieties// Ann. Agric. Fenn. Jokioinen. 1987. Vol. 26. Pp. 261–269.

10. Hiirsalmi H. Small Fruit Breeding in Finland // Journal of Agricultural Science in Finland. 1988. Vol. 60. Pp. 223–234.

11. Description of Three New Arctic Bramble Cultivars and Proposal for Cultivar Identification / H. Pirinen, P. Dalman, S. Karenlampi, J. Tammissola, H. Kokko // Agricultural And Food Science in Finland. 1998. Vol. 7. No. 4. P. 455–468.

12. Karp K., Starast M. Domestication of Estonian Natural Arctic Bramble // Proc. of XXX Int. Conf. “Wild Berry Culture: An Exchange of Western and Eastern Experiences”, 10–13 August, 1998. Tartu, 1998. Pp.70–75.

13. Starast M., Karp K. Quality of Arctic Bramble’s Yield Depending on Genotype // Proc. of XXX Int. Conf. “Wild Berry Culture: An Exchange of Western and Eastern Experiences”, 10–13 August, 1998. Tartu, 1998. Pp.187–191.

14. Nectar Production of *Rubus arcticus* / K. Karp, M. Mänd, M. Starast, T. Paal // Agronomy Research. 2004. Vol.2. No. 1. Pp. 57–61.

15. Сельскохозяйственная биотехнология : учебник / В.С. Шевелуха [и др.]. Москва : Высшая школа, 2008. 416 с. EDN: WHQVNF

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

#### References

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

2. 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.)

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

4. Chernova E.P. Polenika i ee vvedenie v kul'turu [Arctic Bramble and Its Introduction to Culture]. Moscow – Leningrad: Academy of Sciences of the USSR Publ., 1959. 35 p. (In Russ.)

5. Freidling M.V. Polenika [Arctic Bramble]. *Izvestiya Karelo-finskogo filiala AN SSSR*. [Bulletin of the Karelian-Finnish Branch of the USSR Academy of Sciences], 1949;3:49–57 (In Russ.)

6. Chuiko N.M., Ershova T.M., Friedrich V.A. Kostyanika arkticheskaya (knyazhenika) v usloviyah Urala [Arctic Bramble in the Conditions of Ural]. *Proc. of All-Union Meeting "Problemy prodovol'stvennogo i kormovogo ispol'zovaniya nedrevesnyh i vtorostepennyh lesnyh resursov". May 24–26, 1983. Krasnoyarsk, Russia. P. 103 (In Russ.)*
7. Gladkova L.I. O vvedenii v kul'turu lesnyh yagodnyh rastenij [On the Introduction of Forest Berry Plants into the Culture]. *Dikorastushchie yagodnye rasteniya SSSR [Wild Berry Plants of the USSR].* Petrozavodsk, 1980. Pp. 55–56 (In Russ.)
8. Kokko H., Härmäläinen J., Kärenlampi S. Cultivation of Arctic Bramble in Finland is Seriously Disturbed by Downy Mildew. *Proc. of Int. I Conf. "Wild Berry Culture: An Exchange of Western and Eastern Experiences".* August 10–13, 1998, Tartu, Estonia. Pp. 82–86.
9. Hiirsalmi H., Junnila S., Säkö J. "Aura" and "Astra", Finnish Arctic Bramble Hybrid Varieties. *Ann. Agric. Fenn.* Jokioinen, 1987;26:261–269.
10. Hiirsalmi H. Small Fruit Breeding in Finland. *Journal of Agricultural Science in Finland.* 1988;60:223–234.
11. Pirinen H., Dalman P., Karenlampi S., Tammissola J., Kokko H. Description of Three New Arctic Bramble Cultivars and Proposal for Cultivar Identification. *Agricultural And Food Science in Finland.* 1998;7(4):455–468.
12. Karp K., Starast M. Domestication of Estonian Natural Arctic Bramble. *Proc. of Int. Conf. "Wild Berry Culture: An Exchange of Western and Eastern Experiences".* August 10–13, 1998, Tartu, Estonia. Pp.70–75.
13. Starast M., Karp K. Quality of Arctic Bramble's Yield Depending on Genotype. *Proc. of Int. Conf. "Wild Berry Culture: An Exchange of Western and Eastern Experiences".* August 10–13, 1998, Tartu, Estonia. Pp.187–191.
14. Karp K., Mänd M., Starast M., Paal T. Nectar Production of *Rubus arcticus*. *Agronomy Research.* 2004;2(1):57–61.
15. Sheveluha V.S. [et al.]. Sel'skohozyajstvennaya biotekhnologiya [Agricultural Biotechnology]. Moscow. Vysshaya shkola, 2008. 416 p. (in Russ.)
16. Kalashnikova E.A. Kletochnaya inzheneriya rastenij [Cellular Plant Engineering]. Moscow. Urait. 2020. 333 p. (in Russ.)

#### Информация об авторах

**Сергей Сергеевич Макаров** – старший научный сотрудник группы недревесной продукции леса;

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

**Галина Вячеславовна Тяк** – руководитель группы недревесной продукции леса.

#### Information about the authors

**Sergey S. Makarov** – Senior Researcher of Non-timber Forest Products Group;

**Irina B. Kuznetsova** – Associate Professor, Agrochemistry, Soil Science and Plant Protection Chair;

**Galina V. Tyak** – Head of Non-timber Forest Products Group.

Статья поступила в редакцию 06.10.2021; одобрена после рецензирования 16.11.2021; принята к публикации 17.07.2022.

The article was submitted 06.10.2021; approved after reviewing 16.11.2021; accepted for publication 17.07.2022.