

Научная статья
УДК 634.73:630*22
DOI: 10.37482/0536-1036-2022-3-91-102

Повышение эффективности многоцелевого лесопользования на выработанных торфяниках

С.С. Макаров¹ ✉, канд. с.-х. наук, ст. науч. сотр.; ResearcherID: [AAK-9829-2021](https://orcid.org/0000-0003-0564-8888),

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0564-8888>

И.Б. Кузнецова², канд. с.-х. наук, доц.; ResearcherID: [AAB-4568-2021](https://orcid.org/0000-0001-5011-3271),

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5011-3271>

А.В. Заушинцева³, д-р биол. наук, проф.; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4645-828X>

Е.И. Куликова⁴, канд. с.-х. наук, зав. каф.; ResearcherID: [AAL-8290-2021](https://orcid.org/0000-0002-5981-2690),

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5981-2690>

Г.В. Тяк¹, канд. биол. наук, рук. группы недревесной продукции леса;

ResearcherID: [AAB-4215-2021](https://orcid.org/0000-0002-1081-4054), ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1081-4054>

Т.В. Курлович⁵, канд. биол. наук, вед. науч. сотр.

¹Центрально-европейская лесная опытная станция, просп. Мира, д. 134, г. Кострома, Россия, 156013; makarov_serg44@mail.ru ✉, ce-los-np@mail.ru

²Костромская государственная сельскохозяйственная академия, Учебный городок, Караваевская с/а, д. 34, п. Караваево, Костромской р-н, Костромская обл., Россия, 156530; sonneriser@yandex.ru

³Кемеровский государственный университет, ул. Красная, д. 6, г. Кемерово, Россия, 650000; alexaz58@yandex.ru

⁴Вологодская государственная молочнохозяйственная академия им. Н.В. Верещагина, ул. Шмидта, д. 2, с. Молочное, г. Вологда, Вологодская обл., Россия, 160555, elena-kulikova@list.ru

⁵Центральный ботанический сад Национальной академии наук Беларуси, ул. Сурганова, д. 2 в, Минск, Республика Беларусь, 220012; vaccinium@mail.ru

Поступила в редакцию 15.05.20 / Одобрена после рецензирования 20.08.20 / Принята к печати 30.08.20

Аннотация. Более полное вовлечение и эффективное использование недревесных ресурсов леса является одной из актуальных проблем развития лесного комплекса Российской Федерации в рамках обеспечения многоцелевого, рационального и неистощительного лесопользования. Создание плантаций лесных ягодных растений позволит решить проблему биологической рекультивации выработанных торфяных месторождений, а также повысить продуктивность дикорастущих ягодников и увеличить биоразнообразие неиспользуемых земель лесного фонда. Цель работы – изучить перспективы использования клонального микроразмножения как наиболее эффективного способа получения высококачественного сортового посадочного материала лесных ягодных растений для закладки плантаций на рекультивируемых выработанных торфяниках. Приведены результаты исследований клонального микроразмножения лесных ягодных растений – полувысокослой голубики и клюквы болотной перспективных сортов и гибридных форм – и их адаптации к условиям выработанных торфяных месторождений. Представлены данные по формированию микропобегов и корней растений голубики и клюквы на питательной среде WPM при использовании росторегулирующих веществ. На этапе собственно микроразмножения максимальная суммарная длина микропобегов отмечена у полувысокослой голубики (23,7 см) при концентрации цитокинина 2-іР 3,0 мг/л, у клюквы болотной (22,7 см) –

при концентрации 0,5 мг/л. На этапе укоренения *in vitro* максимальная суммарная длина корней растений полувысокорослой голубики (12,1 см) и клюквы болотной (51,7 см) выявлена при концентрации ауксина ИУК 1,0 мг/л. Охарактеризована приживаемость растений в нестерильных условиях *in vivo* в зависимости от состава субстрата и в естественных условиях на выработанных торфяниках. На этапе адаптации к нестерильным условиям *in vivo* наибольшая приживаемость растений голубики наблюдалась на субстрате из торфа переходного типа и сфагнома (95–98 %), клюквы – на субстрате из торфа верхового типа и сфагнома (100 %). В условиях выработанных торфяников приживаемость растений полувысокорослой голубики и клюквы болотной достигала 100 %. Метод клонального микроразмножения является наиболее эффективным способом получения высококачественного оздоровленного посадочного материала лесных ягодных растений для быстрого размножения перспективных сортов и гибридных форм, создания плантаций с целью рекультивации выработанных торфяников в рамках организации многоцелевого лесопользования.

Ключевые слова: клюкwa болотная, полувысокорослая голубика, выработанные торфяники, рекультивация торфяников, клональное микроразмножение, *in vitro*, *in vivo*

Для цитирования: Макаров С.С., Кузнецова И.Б., Заушинцева А.В., Куликова Е.И., Тяк Г.В., Курлович Т.В. Повышение эффективности многоцелевого лесопользования на выработанных торфяниках // Изв. вузов. Лесн. журн. 2022. № 3. С. 91–102. <https://doi.org/10.37482/0536-1036-2022-3-91-102>

Original article

Improving the Efficiency of Multipurpose Forest Management of Depleted Peatlands

Sergey S. Makarov¹, Candidate of Agriculture, Senior Research Scientist;

ResearcherID: [AAK-9829-2021](https://orcid.org/0000-0003-0564-8888), ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0564-8888>

Irina B. Kuznetsova², Candidate of Agriculture, Assoc. Prof.; ResearcherID: [AAB-4568-2021](https://orcid.org/0000-0001-5011-3271),

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5011-3271>

Alexandra V. Zaushintsena³, Doctor of Biology, Prof.;

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4645-828X>

Elena I. Kulikova⁴, Candidate of Agriculture, Head of Department;

ResearcherID: [AAL-8290-2021](https://orcid.org/0000-0002-5981-2690), ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5981-2690>

Galina V. Tyak¹, Candidate of Biology, Head of Non-Timber Forest Products Group;

ResearcherID: [AAB-4215-2021](https://orcid.org/0000-0002-1081-4054), ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1081-4054>

Tatyana V. Kurlovich⁵, Candidate of Biology, Leading Research Scientist

¹Central European Forest Experimental Station, prosp. Mira, 134, Kostroma, 156013, Russian Federation; makarov_serg44@mail.ru, ce-los-np@mail.ru

²Kostroma State Agricultural Academy, Uchebnyy gorodok, Karavayevskaya s/a, 34, Karavaevo, Kostroma District, Kostroma Region, 156530, Russian Federation; sonnereiser@yandex.ru

³Kemerovo State University, ul. Krasnaya, 6, Kemerovo, 650000, Russian Federation; alexaz58@yandex.ru

⁴Vologda State Dairy Farming Academy named after N.V. Vereshchagin, ul. Shmidta, 2, s. Molochnoe, Vologda, Vologda Region, 160555, Russian Federation; elena-kulikova@list.ru

⁵Central Botanical Garden of the National Academy of Sciences of Belarus, ul. Surganova, 2v, Minsk, 220012, Republic of Belarus; vaccinium@mail.ru



Received on May 15, 2020 / Approved after reviewing on August 20, 2020 / Accepted on August 30, 2020

Abstract. A more complete involvement and effective use of non-timber forest resources is one of the most pressing problems in the development of the forest complex of the Russian Federation within the framework of ensuring multi-purpose, rational and sustainable forest management. The creation of forest berry plantations will resolve the issue of biological reclamation of depleted peatlands, as well as increase the productivity of wild berries and the biological diversity of unused forest lands. The work is aimed at studying the prospects of using clonal micropropagation as the most effective way of producing high-quality cultivar planting material of forest berry plants for laying out plantations on reclaimed depleted peatlands. The paper presents the results of research on clonal micropropagation of forest berry plants – half highbush blueberry and swamp cranberry of promising cultivars and hybrid forms, as well as their adaptation to the conditions of depleted peat deposits. The data on the formation of microshoots and roots of blueberry and cranberry plants on Woody Plant Medium (WPM) using growth-regulating substances are presented. The maximum total length of microshoots was observed in half highbush blueberry (23.7 cm) at the cytokinin 2-iP concentration of 3.0 mg/L, and in swamp cranberry (22.7 cm) at the 2-iP concentration of 0.5 mg/L at the stage of proper micropropagation. The maximum total length of roots of half highbush blueberry (12.1 cm) and swamp cranberry (51.7 cm) was observed at the IAA auxin concentration of 1.0 mg/L at the stage of rooting *in vitro*. The data on plant survival rate in non-sterile conditions *in vivo* depending on the composition of the substrate and in natural conditions on depleted peatlands are presented. The highest survival rate of blueberry plants was observed on the substrate of transitional peat and sphagnum (95–98 %), cranberry – on the substrate of high-moor peat and sphagnum (100 %) at the stage of adaptation to non-sterile conditions *in vivo*. The survival rate of plants of half highbush blueberry and swamp cranberry reached 100 % in the conditions of depleted peatlands. Clonal micropropagation is the most effective way to obtain high-quality healthy planting material of forest berry plants for the rapid propagation of promising cultivars and hybrid forms and its further use in the creation of plantations in order to reclaim depleted peatlands within the framework of the organization of multipurpose forest management.

Keywords: swamp cranberry, half highbush blueberry, depleted peatlands, reclamation of peatlands, clonal micropropagation, *in vitro*, *in vivo*

For citation: Makarov S.S., Kuznetsova I.B., Zaushintsena A.V., Kulikova E.I., Tyak G.V., Kurlovich T.V. Improving the Efficiency of Multipurpose Forest Management of Depleted Peatlands. *Lesnoy Zhurnal = Russian Forestry Journal*, 2022, no. 3, pp. 91–102. (In Russ.). <https://doi.org/10.37482/0536-1036-2022-3-91-102>

Введение

Сохранение лесных ресурсов и их комплексное использование в рамках организации многоцелевого, рационального и неистощительного лесопользования является важнейшим принципом лесного законодательства [5], приоритетным направлением развития лесного хозяйства и лесопромышленного комплекса [9], а также соответствует планам федеральных проектов «Сохранение лесов» и «Сохранение биоразнообразия и развитие экотуризма» (в рамках Национального проекта «Экология») [7]. Решение актуальных задач развития лесного хозяйства Российской Федерации предусматривает более полное вовлечение и эффективное использование всех лесных ресурсов, включая недревесные.

Кроме того, в настоящее время достаточно серьезной проблемой лесопользования, особенно в Центральном федеральном округе Российской Федерации, является рекультивация неиспользуемых земель, нарушенных в результате промышленных работ, в том числе добычи торфа [10]. На территории России более 140 млн га занято болотами, значительная часть из которых (>70 %) находится на землях лесного фонда. Многолетняя разработка торфа, осуществлявшаяся при реализации крупных проектов по осушению торфяных болот, обусловила образование выработанных торфяных месторождений (их общая площадь к концу XX в. достигала 1 млн га), преимущественно представляющих собой «бросовые земли». В связи с этим проблема рекультивации выработанных торфяников актуальна, в особенности для центрально-европейской части России, где сосредоточено более 70 % выработанных торфяников [2, 8].

Выработанные торфяники отличаются низким плодородием, высокой кислотностью и рядом других особенностей, в связи с чем возможности использования их в сельском и лесном хозяйстве весьма ограничены. При этом разработка торфа приводит, помимо разрушения экологической системы болота, к сокращению численности популяций его обитателей, вплоть до полного уничтожения, к уменьшению запасов грунтовых, подземных и поверхностных вод. Последнее значительно повышает риск возникновения торфяных пожаров, следствием которых становится загрязнение атмосферы продуктами сгорания торфа. Уменьшения негативных последствий торфоразработок можно достичь путем биологической рекультивации выработанных торфяников, а именно созданием на их территории плантаций лесных ягодных растений (брусники, клюквы, голубики, княженики и др.), традиционно произрастающих в лесных биоценозах. Это приобретает большую актуальность и в связи с неуклонным снижением ресурсов дикорастущих ягодников, уменьшением их продуктивности и ухудшением качества [10, 21, 27].

На сегодняшний день промышленные плантации клюквы и голубики есть лишь в ряде стран (США, Канада, Белоруссия, ЮАР и др.), а брусники – только в Германии. Массовое получение сортового и оздоровленного посадочного материала, по-видимому, не рассматривается как основной способ увеличения площадей плантаций. В связи с этим работа по созданию промышленных плантаций лесных ягодных растений в России имеет большое практическое значение.

При закладке высокопродуктивных плантаций лесных ягодных растений в промышленных масштабах необходимо использовать оздоровленный сортовой посадочный материал, применять специальную агротехнику возделывания. На сегодняшний день на Центрально-европейской лесной опытной станции Всероссийского научно-исследовательского института лесоводства и механизации лесного хозяйства разработаны технологии плантационного выращивания лесных ягодных растений (клюквы болотной, клюквы крупноплодной, брусники обыкновенной, голубики узколистной, княженики арктической, красники и др.).

Актуальной остается задача быстрого размножения сортовых растений лесных ягодных культур с целью получения посадочного материала для рекультивации выработанных торфяников. Для решения данной задачи

рационально применять метод клонального микроразмножения, позволяющий независимо от сезона и в короткий срок формировать из небольшого количества исходного материала огромное количество оздоровленных сортовых растений для закладки плантаций. Это особенно важно при размножении нового сорта, когда из одного удачно введенного в культуру *in vitro* экспланта можно получить 1–3 тыс. дочерних растений [11].

Цель работы – изучить перспективы использования клонального микроразмножения как наиболее эффективного способа получения высококачественного сортового посадочного материала лесных ягодных растений для закладки плантаций на рекультивируемых выработанных торфяниках.

Объекты и методы исследования

Наши исследования проводились в Лаборатории клонального микроразмножения растений на базе Центрально-европейской лесной опытной станции Всероссийского научно-исследовательского института лесоводства и механизации лесного хозяйства в 2018–2020 гг. по общепринятым методикам [3]. Объектами исследований были растения-регенеранты лесных ягодных культур с высокими продуктивностью, зимостойкостью и устойчивостью к ряду вредителей и заболеваний: полувысокорослой голубики (*Vaccinium corymbosum* L. × *V. angustifolium* Ait.) сорта Northblue и гибридной формы 23-1-11, а также клюквы болотной (*Oxycoccus palustris* Pers.) сорта Дар Костромы и гибридной формы 1-15-635. Изучали влияние различных росторегулирующих веществ на биометрические показатели клонируемых растений. Выбор регуляторов роста и их концентраций осуществляли, опираясь на исследования российских и зарубежных ученых [1, 4, 6, 12–20, 22–26].

Растения-регенеранты клюквы и голубики культивировали на питательной среде WPM (Woody Plant Medium) в условиях световой комнаты при температуре 23...25 °С, влажности 75...80 % и фотопериоде 16/8 ч. На этапе собственно микроразмножения использовали цитокинин 2-иР в концентрациях 2,0; 3,0 и 4,0 мг/л для растений полувысокорослой голубики и в концентрациях 0,5; 1,0 и 1,5 мг/л – для растений клюквы болотной. В случае необходимости повышения количества микропобегов применение цитокининов является обязательным, поскольку оно снимает апикальное доминирование и пробуждает пазушные (адвентивные) почки, следовательно, увеличивает число микропобегов – от 5 до 30 [3]. На этапе укоренения *in vitro* для обоих видов ягодных растений использовали ауксин ИУК в концентрациях 0,5; 1,0 и 2,0 мг/л. Учитывали количество и длину образовавшихся микропобегов и корней (рис. 1).

По завершении формирования корневой системы в культуре *in vitro* для адаптации к нестерильным условиям *in vivo* растения пересаживали в кассеты с различными субстратами – торфом верхового и переходного типов с добавлением сфагнома, речного песка и универсального для рассады грунта (рис. 2). После адаптации к нестерильным условиям саженцы переносили на опытные участки выработанных торфяных месторождений на землях лесного фонда в Костромском районе Костромской области (южно-таежный лесной район европейской части России). Тип почвы на участках – древесно-сфагновый торф переходного типа. Определяли приживаемость растений в зависимости от субстрата в лабораторных и полевых условиях.

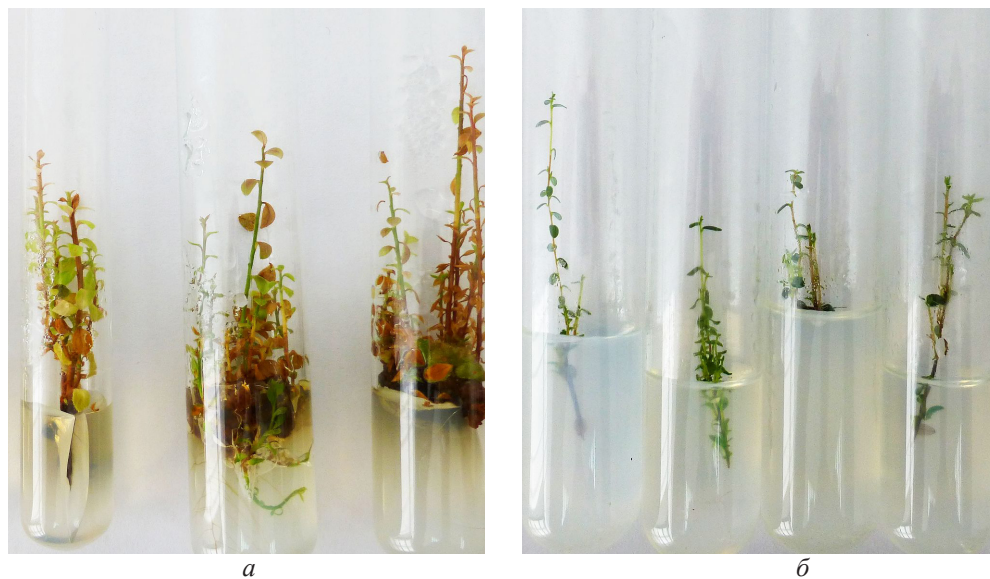


Рис. 1. Растения-регенеранты в культуре *in vitro* на питательной среде WPM: *a* – полувысокорослая голубика; *б* – клюква болотная

Fig. 1. Regenerated plants *in vitro* on WPM: *a* – half highbush blueberry; *б* – swamp cranberry

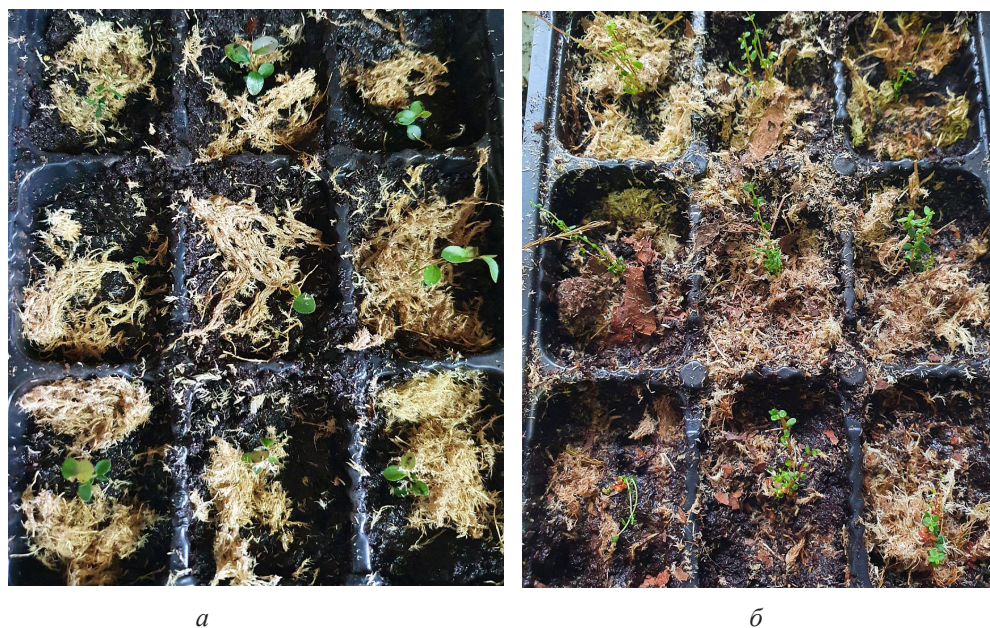


Рис. 2. Лесные ягодные растения в кассетах с торфяным субстратом: *a* – полувысокорослая голубика; *б* – клюква болотная

Fig. 2. Forest berry plants in cassettes with peat substrate: *a* – half highbush blueberry; *б* – swamp cranberry

Статистическую обработку данных выполняли при помощи пакета программ Microsoft Office 2016 и программы AGROS v.2.11. Применяли дисперсионный двухфакторный анализ, где фактор А – сорт или форма, фактор В –

концентрация регулятора роста в питательной среде. Оценку достоверности различий между средними данными вариантов опыта проводили посредством наименьшей существенной разности для 5 %-го уровня значимости ($НСР_{05}$).

Результаты исследования и их обсуждение

На этапе собственно микроразмножения суммарная длина побегов полувысокорослой голубики при концентрации цитокинина 2-іР 3,0 мг/л была наибольшей и составляла в среднем 23,7 см, при концентрации 4,0 мг/л – 22,0 см, а при 2,0 мг/л – 14,0 см (табл. 1). Чем большую суммарную длину имеют формирующиеся побеги, тем больше можно получить микрочеренков для регенерации новых растений. У экземпляров голубики гибридной формы 23-1-11 суммарная длина побегов была больше по сравнению с сортом Northblue – 21,5 и 18,3 см соответственно.

У растений-регенерантов клюквы болотной наибольшая суммарная длина побегов наблюдалась при концентрации цитокинина 2-іР 0,5 мг/л и достигала в среднем 22,7 см (табл. 1). При дальнейшем увеличении концентрации 2-іР до 1,0 и 1,5 мг/л суммарная длина побегов снижалась, составив 14,5 и 10,5 см соответственно. Значительных различий в зависимости от сорта не выявлено.

Таблица 1

Суммарная длина побегов полувысокорослой голубики / клюквы болотной на одно растение в зависимости от сорта и концентрации цитокинина 2-іР

Table 1

The total length of shoots of half highbush blueberry / swamp cranberry per plant depending on the cultivar and the concentration of the 2-іР cytokinin

| Сорт | Суммарная длина побегов, см | | | <i>Среднее</i> |
|---|-----------------------------|------|------|----------------|
| <i>Полувысокорослая голубика</i> (НСР ₀₅ : фактор А = 0,52, фактор В = 0,48, общ. = 0,83) | | | | |
| Northblue | 13,8 | 24,4 | 16,8 | 18,3 |
| Гибридная форма 23-1-11 | 14,2 | 23,0 | 27,2 | 21,5 |
| <i>Среднее</i> | 14,0 | 23,7 | 22,0 | – |
| <i>Клюква болотная</i> (НСР ₀₅ : фактор А = 0,60, фактор В = 0,48, общ. = 0,58) | | | | |
| Дар Костромы | 22,0 | 15,3 | 10,2 | 15,8 |
| Гибридная форма 1-15-635 | 23,5 | 13,8 | 10,9 | 16,1 |
| <i>Среднее</i> | 22,7 | 14,5 | 10,5 | – |

По результатам анализа влияния количества пассажей на коэффициент размножения установлено, что у растений полувысокорослой голубики сорта Northblue максимальный коэффициент размножения приходится в среднем на 5–7-й пассажи, у гибридной формы 23-1-11 – на 6–8-й. У клюквы болотной наибольший коэффициент размножения отмечен: у растений сорта Дар Костромы – на 7-м пассаже, у гибридной формы 1-15-635 – на 9-м.

На этапе укоренения *in vitro* максимальная суммарная длина корней полувысокорослой голубики на одно растение отмечена при концентрации ауксина ИУК 1,0 мг/л (12,1 см). При концентрации ИУК 0,5 мг/л данный

показатель составил 5,2 см, при концентрации 2,0 мг/л – 7,1 см (табл. 2). Существенных различий в зависимости от сорта не наблюдалось.

Наибольшую суммарную длину корней (51,7 см) растения клюквы болотной имели при концентрации ауксина ИУК 1,0 мг/л (табл. 2). При концентрации 0,5 мг/л суммарный прирост составил 35,8 см, при концентрации 2,0 мг/л – 41,8 см.

Таблица 2

Суммарная длина корней полувысокорослой голубики / клюквы болотной на одно растение в зависимости от сорта и концентрации ауксина ИУК

Table 2

The total length of roots of half highbush blueberry / swamp cranberry per plant depending on the cultivar and the concentration of the IAA auxin

| Сорт | Суммарная длина побегов, см, при концентрации ИУК, мг/л | | | Среднее |
|---|---|------|------|---------|
| | 0,5 | 1,0 | 2,0 | |
| <i>Полувысокорослая голубика</i> (НСР ₀₅ : фактор А = 0,74, фактор В = 0,68, общ. = 0,94) | | | | |
| Northblue | 5,1 | 12,0 | 6,8 | 7,9 |
| Гибридная форма 23-1-11 | 5,4 | 12,3 | 7,4 | 8,4 |
| <i>Среднее</i> | 5,2 | 12,1 | 7,1 | – |
| <i>Клюква болотная</i> (НСР ₀₅ : фактор А = 0,98, фактор В = 0,86, общ. = 0,92) | | | | |
| Дар Костромы | 34,6 | 52,0 | 43,4 | 43,3 |
| Гибридная форма 1-15-635 | 37,0 | 51,5 | 40,3 | 42,9 |
| <i>Среднее</i> | 35,8 | 51,7 | 41,8 | – |

На этапе адаптации к нестерильным условиям *in vivo* наибольшая приживаемость адаптируемых растений полувысокорослой голубики отмечена на субстрате из торфа переходного типа и сфагнома (95–98 %). Приживаемость на торфе переходного типа и верховом торфе варьировала от 85 до 95 %, на торфе с песком она составляла 70–90 %. Самая низкая приживаемость (30–40 %) отмечена на субстрате из смеси торфа с грунтом в соотношении 1:1 (табл. 3).

Приживаемость адаптируемых к нестерильным условиям растений клюквы болотной была максимальной (100 %) на субстрате из верхового торфа и сфагнома (табл. 4). На субстратах из верхового торфа и верхового торфа с песком (3:1) приживаемость составляла 95–96 %, на субстратах из переходного торфа с песком – всего 74–75 %.

Таблица 3

Приживаемость адаптируемых к нестерильным условиям растений полувысокорослой голубики по годам в зависимости от субстрата, %

Table 3

Survival rate of half highbush blueberry plants adaptable to non-sterile conditions by years depending on the substrate, %

| Субстрат | 2019 г. | | 2020 г. | |
|-----------------------------------|-----------|-------------------------|-----------|-------------------------|
| | Northblue | Гибридная форма 23-1-11 | Northblue | Гибридная форма 23-1-11 |
| Торф верхового типа | 85 | 87 | 90 | 94 |
| Торф верхового типа + песок (3:1) | 70 | 85 | 75 | 90 |
| Торф верхового типа + грунт (1:1) | 35 | 30 | 40 | 30 |
| Торф переходного типа | 90 | 95 | 85 | 93 |
| Торф переходного типа + сфагнум | 95 | 98 | 98 | 95 |

Таблица 4

Приживаемость адаптируемых к нестерильным условиям растений клюквы болотной в зависимости от субстрата, %

Table 4

Survival rate of swamp cranberry plants adaptable to non-sterile conditions by years depending on the substrate, %

| Субстрат | Дар Костромы | Гибридная форма 1-15-635 |
|-------------------------------------|--------------|--------------------------|
| Торф верховой | 96 | 95 |
| Торф верхового типа + сфагнум | 100 | 100 |
| Торф верхового типа + песок (3:1) | 95 | 96 |
| Торф переходного типа | 83 | 85 |
| Торф переходного типа + сфагнум | 85 | 88 |
| Торф переходного типа + песок (3:1) | 75 | 74 |

Адаптированные к нестерильным условиям *in vivo* растения полувысокорослой голубики и клюквы болотной высаживали на участки выработанных торфяников. У обеих исследуемых ягодных культур приживаемость составила 100 %.

Выводы

1. При клональном микроразмножении лесных ягодных растений на этапе собственно микроразмножения с использованием цитокинина 2-іР наибольшая суммарная длина побегов формировалась у полувысокорослой голубики сорта Northblue и гибридной формы 23-1-11 при концентрации цитокинина 3,0 мг/л, а у клюквы болотной сорта Дар Костромы и гибридной формы 1-15-635 – при концентрации 0,5 мг/л.

2. Наибольшая суммарная длина корней растений полувысокорослой голубики и клюквы болотной на этапе укоренения *in vitro* наблюдалась при использовании ауксина ИУК в концентрации 1,0 мг/л.

3. При адаптации к нестерильным условиям *in vivo* наибольшая приживаемость растений полувысокорослой голубики отмечена на субстрате из торфа переходного типа и сфагнома (95–98 %), у клюквы болотной – на субстрате из верхового торфа и сфагнома (100 %).

4. Приживаемость растений полувысокорослой голубики и клюквы болотной, высаженных на участках выработанных торфяников, достигала 100 %.

5. Метод клонального микроразмножения перспективен для получения посадочного материала полувысокорослой голубики и клюквы болотной, особенно для быстрого размножения новых сортов и гибридных форм, а также для создания плантаций лесных ягодных растений в целях рекультивации выработанных торфяников, что является одним из путей повышения эффективности многоцелевого, рационального и неистощительного лесопользования.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ / REFERENCES

1. Брилкина А.А., Лобов В.П., Давыдов И.В., Малышева О.В. Получение культуры *in vitro* растений клюквы крупноплодной и болотной // Вестн. Нижегород. ун-та им. Н.И. Лобачевского. Сер.: Биология. 2006. № 1. С. 88–90.

Brilkina A.A., Lobov V.P., Davydov I.V., Malysheva O.V. Obtaining *in vitro* Culture of Plants of Large Cranberry and Swamp Cranberry. *Vestnik of Lobachevsky University of Nizhni Novgorod. Series: Biology*, 2006, no. 1, pp. 88–90. (In Russ.).

2. Инишева Л.И., Аристархова В.Е., Порохина Е.В., Боровкова А.Ф. Выработанные торфяные месторождения, их характеристика и функционирование. Томск: ТГПУ, 2007. 224 с.

Inisheva L.I., Aristarkhova V.E., Porokhina E.V., Borovkova A.F. *Depleted Peat Deposits, Its Characteristics and Functioning*. Tomsk, TSPU Publ., 2007. 224 p. (In Russ.).

3. Калашникова Е.А. Клеточная инженерия растений. М.: РГАУ-МСХА, 2012. 317 с.
Kalashnikova E.A. *Plant Cell Engineering*. Moscow, RSAU - MTAA Publ., 2012. 317 p. (In Russ.).

4. Кухарчик Н.В., Кастрицкая М.С., Семенов С.Е., Колбанова Е.В., Красинская Т.А., Волосевич Н.Н., Соловей О.В., Змушко А.А., Божидай Т.Н., Рундя А.П., Малиновская А.М. Размножение плодовых и ягодных растений в культуре *in vitro*. Минск: Беларуская навука, 2016. 208 с.

Kukharchik N.V., Kastritskaya M.S., Semenas S.E., Kolbanova E.V., Krasinskaya T.A., Volosevich N.N., Solovey O.V., Zmushko A.A., Bozhiday T.N., Rundya A.P., Malinovskaya A.M. *Reproduction of Fruit and Berry Plants in Culture in vitro*. Minsk, Belaruskaya navuka Publ., 2016. 208 p. (In Russ.).

5. Лесной кодекс Российской Федерации от 04.12.2006 № 200-ФЗ. Доступ из справ.-правовой системы «Консультант Плюс».

The Forest Code of the Russian Federation Dated December 4, 2006 No. 200-ФЗ. (In Russ.).

6. Мохамед Г.Р.А., Хуснетдинова Л.З., Тимофеева О.А. Укоренение микрочеренков *Vaccinium corymbosum* L. сорта Блю Берри в культуре *in vitro* и *ex vitro* // Сам. науч. вестн. 2018. Т. 7, № 4(25). С. 80–84.

Mohamed G.A., Khusnetdinova L.Z., Timofeeva O.A. Rooting of *Vaccinium corymbosum* L. Microshoots cv. “Blue-Berry” in Culture *in vitro* and *ex vitro*. *Samara*

Journal of Science, 2018, vol. 7, no. 4(25), pp. 80–84. (In Russ.). <https://doi.org/10.17816/snv201874114>

7. Паспорт национального проекта «Экология»: утв. президиумом Совета при Президенте РФ по стратегическому развитию и национальным проектам (протокол от 24.12.2018 № 16). 48 с.

Passport of the National Project "Ecology". Approved by the Presidium of the Presidential Council for Strategic Development and National Projects (Minutes of December 24, 2018 No. 16). 48 p. (In Russ.).

8. Сирин А.А., Минаева Т.Ю., Новиков С.М., Хорошев П.И., Красильников Н.А., Калинина Н.А., Гриневиц Н.А., Грешнов С.П., Горбатовский В.В., Кураева Е.Н., Лапшина Е.Д., Межнев А.П., Мищенко А.Л., Стародубцева О.А., Федотов Ю.П., Черкасов А.Ф., Юрковская Т.К. Торфяные болота России: к анализу отраслевой информации / под ред. А.А. Сирина, Т.Ю. Минаевой. М.: Геос, 2001. 190 с.

Sirin A.A., Minayeva T.Yu., Novikov S.M., Khoroshev P.I., Krasil'nikov N.A., Kalinina N.A., Grinevich N.A., Greshnov S.P., Gorbatovskiy V.V., Kurayeva E.N., Lapshina E.D., Mezhev A.P., Mishchenko A.L., Starodubtseva O.A., Fedotov Yu.P., Cherkasov A.F., Yurkovskaya T.K. *Peat Bogs of Russia: To the Analysis of Industry Information*. Ed. by A.A. Sirin, T.Yu. Minayeva. Moscow, Geos Publ., 2001. 190 p. (In Russ.).

9. Стратегия развития лесного комплекса Российской Федерации до 2030 года: утв. распоряжением Правительства РФ от 11.02.2021 № 312-р. Доступ из справ.-правовой системы «Консультант Плюс».

The Strategy for the Development of the Forest Complex of the Russian Federation for the Period up to 2030. Approved by the Decree of the Government of the Russian Federation Dated February 11, 2021 No. 312-p. (In Russ.).

10. Тяк Г.В., Курлович Л.Е., Тяк А.В. Биологическая рекультивация выработанных торфяников путем создания посадок лесных ягодных растений // Вестн. Казан. ГАУ. 2016. Т. 11, № 2(40). С. 43–46.

Tyak G.V., Kurlovich L.E., Tyak A.V. Biological Recultivation of Degraded Peatlands by Creating Forest Berry Plants. *Vestnik of the Kazan State Agrarian University*, 2016, vol. 11, no. 2(40), pp. 43–46. (In Russ.). <https://doi.org/10.12737/20633>

11. Шевелуха В.С., Воронин Е.С., Калашикова Е.А., Ковалев В.М., Ковалев А.А., Кочиева Е.З., Новиков Н.Н., Прокофьев М.И., Пронина Н.Б., Проворов Н.А., Свентицкий И.О., Тихонов И.В., Тихонович И.А. Сельскохозяйственная биотехнология / под ред. В.С. Шевелухи. 3-е изд., перераб. и доп. М.: Высш. шк., 2008. 710 с.

Shevelukha V.S., Voronin E.S., Kalashnikova E.A., Kovalev V.M., Kovalev A.A., Kochiyeva E.Z., Novikov N.N., Prokof'yev M.I., Pronina N.B., Provorov N.A., Sventitskiy I.O., Tikhonov I.V., Tikhonovich I.A. *Agricultural Biotechnology*. Ed. by V.S. Shevelukha. Moscow, Vysshaya shkola Publ., 2008. 710 p. (In Russ.).

12. Clapa D., Bunea C., Borsai O., Pintea A., Hârța M., Ștefan R., Fira A. The Role of Sequestrene 138 in Highbush Blueberry (*Vaccinium corymbosum* L.) Micropropagation. *HortScience*, 2018, vol. 53, iss. 10, pp. 1045–1049. <https://doi.org/10.21273/HORTSCI13269-18>

13. Clapa D., Fira A., Vescan L.-A. Aspects Regarding the *in vitro* Culture and *ex vitro* Rooting in *Vaccinium macrocarpon* Cultivar 'Pilgrim'. *Bulletin of University of Agricultural Sciences and Veterinary Medicine Cluj-Napoca. Animal Science and Biotechnologies*, 2012, vol. 69, no. 1-2, pp. 226–234. <http://dx.doi.org/10.15835/buasvmcn-asb:69:1-2:8489>

14. Debnath S.C. Zeatin-Induced One-Step *in vitro* Cloning Affects the Vegetative Growth of Cranberry (*Vaccinium macrocarpon* Ait.) Micropropagules over Stem Cuttings. *Plant Cell, Tissue and Organ Culture*, 2008, vol. 93, pp. 231–240. <https://doi.org/10.1007/s11240-008-9366-0>

15. Debnath S.C., McRae K.B. A One-Step *in vitro* Cloning Procedure for Cranberry (*Vaccinium macrocarpon* Ait.). *Small Fruits Review*, 2005, vol. 4, iss. 3, pp. 57–75. https://doi.org/10.1300/J301v04n03_05
16. Filipenia V.L. et al. Peculiarities of Adventitious Organogenesis of *Vaccinium macrocarpon* Ait. *in vitro*. *Blueberry and Cranberry Growing (with Ecological Aspects): Proceedings of the International Scientific Conference*. Skierniewice, 2006, pp. 217–223.
17. Guo Y.-X., Zhao Y.-Y., Zhang M., Zhang L.-Y. Development of a Novel *in vitro* Rooting Culture System for the Micropropagation of Highbush Blueberry (*Vaccinium corymbosum*) Seedlings. *Plant Cell, Tissue and Organ Culture*, 2019, vol. 139, pp. 615–620. <https://doi.org/10.1007/s11240-019-01702-7>
18. Litwińczuk W. Micropropagation of *Vaccinium* sp. by *in vitro* Axillary Shoot Proliferation. *Protocols for Micropropagation of Selected Economically-Important Horticultural Plants*. Ed. by M. Lambardi, E. Ozudogru, S. Jain. Totowa, NJ, Humana Press, 2012, pp. 63–76. https://doi.org/10.1007/978-1-62703-074-8_5
19. Lomtadze N., Alasania N., Gorgiladze L., Meladze R. Production of Sapling Material of Blueberry in *in vitro* Culture. *Bulletin of the Georgian National Academy of Sciences*, 2018, vol. 12, no. 2, pp. 138–144.
20. Mihaljević S., Salopek-Sondi B. Alanine Conjugate of Indole-3-Butyric Acid Improves Rooting of Highbush Blueberries. *Plant, Soil and Environment*, 2012, vol. 58, iss. 5, pp. 236–241. <https://doi.org/10.17221/34/2012-PSE>
21. Noormets M., Karp K., Paal T. Recultivation of Open-cast Peat Pits with *Vaccinium* Culture in Estonia. *WIT Transactions on Ecology and the Environment*. Vol. 64: *Ecosystems and Sustainable Development IV*, 2003, vol. 2, pp. 1005–1014. <https://doi.org/10.2495/ECO030242>
22. Qiu D., Wei X., Fan S., Jian D., Chen J. Regeneration of Blueberry Cultivars through Indirect Shoot Organogenesis. *HortScience*, 2018, vol. 53, iss. 7, pp. 1045–1049. <https://doi.org/10.21273/HORTSCI13059-18>
23. Qu L., Polashock J., Vors N. A Highly Efficient *in vitro* Cranberry Regeneration System Using Leaf Explants. *HortScience*, 2000, vol. 35, iss. 5, pp. 948–952. <https://doi.org/10.21273/HORTSCI.35.5.948>
24. Reed B.M., Abdelnour-Esquivel A. The Use of Zeatin to Initiate *in vitro* Cultures of *Vaccinium* Species and Cultivars. *HortScience*, 1991, vol. 26, iss. 10, pp. 1320–1322. <https://doi.org/10.21273/HORTSCI.26.10.1320>
25. Ružić D., Vujović T., Libiakova G., Cerović R., Gajdošova A. Micropropagation *in vitro* of Highbush Blueberry (*Vaccinium corymbosum* L.). *Journal of Berry Research*, 2012, vol. 2, no. 2, pp. 97–103. <https://doi.org/10.3233/JBR-2012-030>
26. Sedlák J., Paprštejn F. Micropropagation of Cranberry (*Vaccinium macrocarpon*) through Shoot Tip Cultures: Short Communication. *Horticultural Science*, 2011, vol. 38, no. 4, pp. 159–162. <https://doi.org/10.17221/115/2010-HORTSCI>
27. Vahejõe K., Albert T., Noormets M., Karp K., Paal T., Starast M., Värnik R. Berry Cultivation in Cutover Peatlands in Estonia: Agricultural and Economical Aspects. *Baltic Forestry*, 2010, vol. 16, no. 2(31), pp. 264–272.

Конфликт интересов: Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов
Conflict of interest: The authors declare that there is no conflict of interest

Вклад авторов: Все авторы в равной доле участвовали в написании статьи
Authors' Contribution: All authors contributed equally to the writing of the article