

Ю.В. Александрова, О.П. Лебедева, Н.А. Бабич

**ОПЫТ КЛОНАЛЬНОГО МИКРОРАЗМНОЖЕНИЯ
ОТБОРНОЙ ФОРМЫ ГОЛУБИКИ УЗКОЛИСТНОЙ
VACCINIUM ANGUSTIFOLIUM AITON**

Введение. Истощение природных запасов лесных ягодных ресурсов вследствие интенсивной антропогенной нагрузки – один из актуальных вопросов, стоящих перед исследователями¹. Использование недревесных ресурсов леса регламентируется Лесным кодексом Российской Федерации² и Правилами заготовки и сбора недревесных лесных ресурсов³.

Восполнение потерь ягодных ресурсов леса возможно с помощью создания специализированных ягодных плантаций. Высокий спрос на ягодную продукцию леса обусловлен ценными качествами в области нутрициологии и фармакологии.

Одним из высокоценных пищевых и лекарственных видов ягодных растений является голубика узколистная (*Vaccinium angustifolium* Aiton). Зимостойкость и способность произрастать на бедных кислых почвах делает вид перспективным для выращивания в условиях Европейского Севера.

Получение посадочного материала голубики узколистной методом клонального микроразмножения позволяет получить генетически идентичные растения, что гарантирует сохранение акклиматизационных способностей, сортовых характеристик, в том числе вкусовых качеств, урожайности и устойчивости к заболеваниям. Несмотря на необходимость наличия специализированного оборудования, стерильных условий и квалифицированного персонала, метод клонального микроразмножения растений позволяет значительно ускорить процесс размножения относительно традиционных методов, таких как черенкование или деление куста, что особенно важно для быстрого масштабирования производства и удовлетворения спроса на посадочный материал.

¹ Распоряжение Правительства Российской Федерации «Об утверждении стратегии развития лесного комплекса Российской Федерации до 2030 года» от 11.02.2021 № 312-р.

² Лесной кодекс Российской Федерации от 04.12.2006 № 200-ФЗ (ред. от 03.08.2018) (с изм. и доп., вступ. в силу с 01.09.2018).

³ Правила заготовки и сбора недревесных лесных ресурсов. Утверждены приказом Минприроды России от 28.07.2020 N 496.

Культурой сортов голубики занимаются российские и зарубежные исследователи [Морозов, Гордей, 2010; Тяк, Тяк, 2013; Грибок и др., 2014; Морозов и др., 2016; Божидай, Кухарчик, 2017; Макеев и др., 2017; Макаров и др., 2021; Cheon et al., 2021; Figiel-Kroczyńska et al., 2022]. Для каждой культуры необходим подбор индивидуальных протоколов клонального микроразмножения, что связано с биологическими особенностями видов и сортов [Cüce, Sökmen, 2017; Nakhoda, Jain, 2017; Schuchovskia et al., 2020; Cheon et al., 2021].

Цель наших исследований – подбор протокола клонального микроразмножения отборной формы голубики узколистной (*Vaccinium angustifolium* Aiton) для плантационного выращивания.

Материалы и методика исследования. В Верхнетоемском районе Архангельской области ООО «Леском» на сортоиспытательном участке плантации был произведен отбор маточного растения для разработки протоколов полного цикла культивирования в условиях *in vitro* гибридной формы голубики узколистной и дальнейшего тиражирования. Высота экземпляра не превышает уровень снежного покрова, растение формирует вертикально растущие побеги с крупными плодами, что позволяет проводить сбор урожая комбайнами [Инновационная..., 2021; Чернов, 2023].

Лабораторные исследования проведены на базе лаборатории клонального микроразмножения растений и экспериментальной гидропоники Северного (Арктического) федерального университета имени М.В. Ломоносова. Методика исследований основывалась на работах [Бутенко, 1964; Деменко, 2007; Технология..., 2013] с подбором малоопасных препаратов для протокола стерилизации.

Для первоначальной обработки растительного материала в условиях *in vivo* были отсечены первые 10 см ежегодного прироста маточного растения. Черенки промывались с мылом под проточной водой в течение 15-20 минут для первичного удаления вирулентных организмов с поверхности растений. Индукцию почек до появления побегов производили в условиях вегетационной установки при повышенной влажности воздуха. Индуцированные побеги размером 1 см с 1-2 почками отделяли от основного черенка, далее стерилизовали в 2 этапа.

На первом этапе экспланты помещали на 30 минут в раствор 2% «Белизна» (содержание гипохлорита натрия 5-15%), а затем переносили в условия ламинар-бокса. После двукратного промывания стерильной водой производили вторичную обработку в 5% растворах «Лизоформин 3000» и «Бриллиант» при разном времени экспозиции – 5, 10 и 15 минут. Смыв агента проводили трехкратно дистиллированной водой. Двухэтапная стерилизация растений направлена на удаление патогенных микроорганизмов с поверхности культивируемых объектов.

После стерилизации первичные экспланты растений помещали на питательную среду Murashige and Skoog (MS), pH 5,2-5,4, содержащую макро- и микроэлементы [Figiel-Kroczynska et al., 2022], витамины Тиамин – 0,5 мг/л, Пиродоксин – 0,5 мг/л, никотиновую кислоту – 0,2 мг/л, аскорбиновую кислоту – 1,0 мг/л, стимулирующие процессы органогенеза.

Состояние эксплантов и наличие контаминации питательной среды оценивали посредством визуального осмотра. В каждом варианте опыта учитывалось по 30 пробирочных растений, повторность опыта трехкратная. В процессе культивирования с интервалом 5 суток визуально фиксировали результаты введения в асептическую культуру путем расчета доли жизнеспособных, стерильных и здоровых эксплантов [Александрова и др., 2023]. Жизнеспособными отмечали экспланты, не утратившие способности к пролиферации, вне зависимости от наличия или отсутствия видимых признаков контаминации, выявление которых дает представление о влиянии стерилизующего агента на эксплант. К категории «стерильные» относили все пробирки без видимых признаков контаминации. При этом в данной категории были учтены как сохранившие способность к регенерации, так и некротирующие экспланты. Дальнейшие этапы эксперимента проводили с эксплантами, отнесенными к категории «здоровые» – являющиеся стерильными и способные к регенерации. Выделенные экспланты культивировали в течение 5 недель в условиях культуральной комнаты [Макаров, 2022].

На этапе тиражирования необходимо стимулировать образование и рост побегов с использованием росторегулирующих веществ различной направленности. Для этого к стандартной среде MS, pH 5,2-5,4, добавляли мезоинозит 100 мг/л, индолилуксусную кислоту (ИУК), 6-бензиламинопуридин (6-БАП), N6-(дельта 2-изопентенил)-аденин (2-ip), кинетин. В табл. 1 представлены варианты опыта по комбинации и содержанию росторегулирующих веществ. Тиражирование производили путем деления побега на сегменты с 1 почкой.

Ввиду образования корней у регенерантов на этапе тиражирования, отдельно этап укоренения не проводили. Верхнюю часть регенеранта отсекали для дальнейшего тиражирования, а укоренённый сегмент перемещали в вегетационную установку для адаптации.

Укоренённые растения *in vitro* размером вегетативной и корневой частей около 2 см отмывали от агаризированной питательной среды в растворе калия перманганата ($KMnO_4$), пересаживали в кассету РКЛ-81 (486 шт/м²), наполненную субстратом торф 4/5, перлит 1/5, и адаптировали в условиях изолированной камеры вегетационной установки [Гущин и др., 2024].

Адаптацию микрорастений проводили в течение 16 суток. Первые 2 суток в камере поддерживали 100% влажность, которую снижали каждые двое суток на 20% для активации работы устьичного аппарата растений.

Через 12 суток камеру открывали и проводили закаливание растений при комнатной температуре 21-23°C и относительной влажности воздушной среды 60-65%. Полив производили методом подтопления с интервалом 1 раз в неделю питательным составом Tripart Flora Series (Flora Grow). Освещение растений осуществляли светодиодными модулями полного спектра с диапазоном длин волн 440-660 нм., 5-8 тыс. лк при фотопериоде 16 ч [Макаров и др., 2023; Лебедева и др., 2024].

После адаптации в условиях вегетационной установки растения были перенесены в теплицу на доращивание при дневной температуре 20-24°C, ночной температуре 18°C, влажности воздуха 65%, без дополнительного освещения.

Статистическую обработку полученных данных проводили с помощью программного пакета Microsoft Office 2016.

Результаты и обсуждение исследований. После 10 суток наблюдений не было зафиксировано пробирок с наличием контаминации. Учёт жизнеспособных, стерильных и здоровых эксплантов представлен в табл. 2.

Таблица 1

Схема опыта для этапа тиражирования
The scheme of experiment for multiplication stage

Вариант опыта	Гормоны, добавленные в питательную среду, мл/л			
	ИУК	6-БАП	2-ip	Кинетин
I	1,0	–	2,0	–
II	0,4	0,75	1,0	1,0
III	0,2	–	1,0	–
IV	0,1	–	1,5	1,25

Таблица 2

Результаты опыта по стерилизации эксплантов
***Vaccinium angustifolium* Aiton, %**
The results of the sterilization experiment of explants
***Vaccinium angustifolium* Aiton, %**

Стерилизующий раствор	Категория	Время экспозиции, мин		
		5	10	15
Белизна 2% + «Лизоформин 3000»	Жизнеспособные	100,0	90,0	86,6
	Стерильные	66,7	73,3	83,3
	Здоровые	66,7	73,3	76,6
Белизна 2% + «Бриллиант»	Жизнеспособные	83,3	80,0	63,3
	Стерильные	56,6	56,6	70,0
	Здоровые	56,6	56,6	66,7

Представленные в табл. 2 данные показывают, что при использовании раствора 5% «Лизоформин 3000» в течение 5 минут сохраняется 100% жизнеспособных эксплантов, а при использовании раствора «Бриллиант» – 83,3%. При увеличении времени экспозиции до 10 и 15 минут доля жизнеспособных эксплантов снижается, при этом доля здоровых и стерильных экземпляров увеличивается. Количество эксплантов, простерилизованных с помощью раствора «Лизоформин 3000», относительно количества эксплантов, простерилизованных с помощью раствора «Бриллиант», значительно выше, что говорит о щадящем воздействии агента «Лизоформин 3000» на ткани растений. Таким образом, наиболее приемлемым считаем использование раствора «Лизоформин 3000» на этапе стерилизации при получении асептической культуры голубики узколистной.

На этапе тиражирования для пролиферации необходимо регулировать гормональную составляющую питательной среды. Тиражирование проводили путем деления побега на черенки с 1 почкой. По результатам выращивания регенерантов на средах с содержанием фитогормонов отмечали количество сформировавшихся почек на побегах голубики узколистной (рис. 1), среднюю длину побегов (рис. 2) и сроки пассирования микрорасптий.

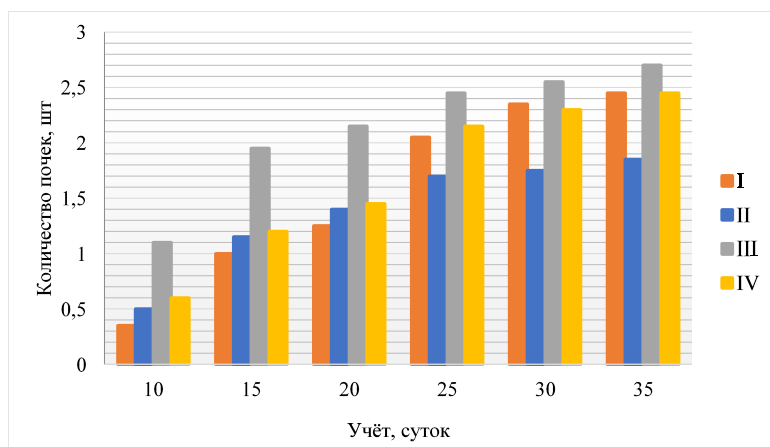


Рис. 1. Динамика увеличения количества почек на побегах *Vaccinium angustifolium* Aiton согласно вариантам опыта (I-IV)

Fig. 1. Dynamics of the increase in the number of bud on the shoots of *Vaccinium angustifolium* Aiton according to experiment options (I-IV)

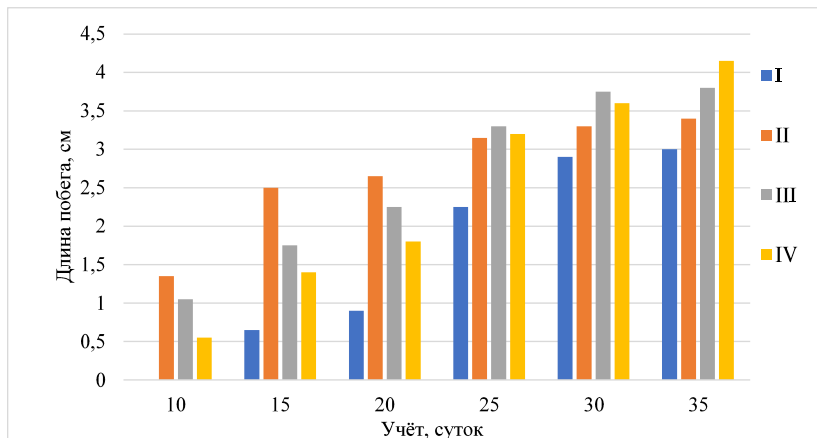


Рис. 2. Динамика увеличения средней длины побегов *Vaccinium angustifolium* Aiton согласно вариантам опыта (I-IV)

Fig. 2. Dynamics of the increase in the mean length of shoots of *Vaccinium angustifolium* Aiton according to experiment options (I-IV)

Динамика развития микропобегов гибридной формы голубики в пробирке происходила равномерно, но отмечен медленный рост регенерантов по сравнению с литературными данными [Макаров, 2022]. Наибольшее среднее количество почек, образовавшихся на побегах голубики, отмечено в III варианте опыта с добавлением ИУК и 2-ir, что согласуется с результатами авторов, которые отмечают отзывчивость голубики на гормон 2-ir [Куликова и др., 2023]. Однако применение гормонов ИУК и 2-ir в соотношении 1:2 соответственно приводит к более медленному органогенезу. Влияние кинетина на количество междоузлий незначительно, но применение его в сочетании с 2-ir в IV варианте опыта показывает лучшие результаты по влиянию на скорость роста побегов. Добавление 6-БАП с увеличением дозы ауксина – II вариант опыта – приводит к сильному разрастанию каллуса и снижению скорости роста микропобегов.

Активный рост регенерантов начинается после 20 суток. При делении регенерантов на черенки с одной почкой на 35 сутки коэффициент размножения равен 3, что соответствует литературным данным [Макаров, 2022]. Согласно исследованиям С.С. Макарова коэффициент размножения можно увеличить за счет увеличения интервала между пассажами, что важно учитывать при массовом тиражировании регенерантов.

Оптимальными составами питательной среды для тиражирования побегов голубики узколистной являются варианты III, IV.

По коэффициенту Стьюдента результаты не достоверны, стандартные отклонения находятся в диапазонах: по приросту побега – от 4,25 до 4,49 см; по количеству междоузлий – от 1,63 до 3,03.

Во всех вариантах опыта отмечен ризогенез и все полученные растения с этапа тиражирования переходили на этап адаптации, в связи с чем разработка технологии этапа укоренения является неактуальной.

Адаптацию микрорастений проводили по отработанной методике в вегетационной установке [Гушин и др., 2024]. Помещенные в условия водно-дисперсионной среды вегетационной установки регенеранты сохраняют тургор (рис. 3). В процессе снижения подачи тумана происходит процесс активации работы устьичного аппарата микрорастений, что позволяет сохранить максимальное количество регенерантов. За период адаптации 16 суток у 80% растений отмечено начало роста зачаточных листьев; доля адаптировавшихся растений – 98,3%.



Рис. 3. Адаптация растений *Vaccinium angustifolium* Aiton в камере вегетационной установки

Fig. 3. Adaptation of *Vaccinium angustifolium* Aiton plants in the controlled growth chamber environment

Выводы. В результате проведенных исследований произведен полный цикл клонального микроразмножения отобранной в северных широтах формы голубики узколистной.

- Лучшие результаты по сохранности и доле выхода жизнеспособных и стерильных эксплантов отмечены при использовании 5% раствора «Лизоформин 3000» при экспозиции 15 минут. При стерилизации сегментов раствором «Бриллиант» у большого количества эксплантов отмечены ожоги и некрозы, регенерация отсутствует;
- Наибольшее среднее количество почек, образовавшихся на побегах голубики, культивируемых в условиях *in vitro*, отмечено при добавлении в питательную среду гормонов 2-ип (1,0-1,5 мл/л) и ИУК (0,1-0,2 мл/л);
- На этапе мультипликации средний коэффициент размножения – не более 3 на учётный период 35 суток;
- В течение периода адаптации растений к условиям *ex vitro* в специализированной вегетационной установке доля адаптировавшихся растений составила 98,3 %.

Сведения о финансировании исследования. Исследование выполнено за счет средств Программы развития САФУ на 2021-2035 гг., договор Д-384.2024.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Библиографический список

Александрова Ю.В., Лебедева О.П., Бабич Н.А. Исследование различных дезинфицирующих средств при введении в культуру *in vitro* эксплантов древесных растений // Охрана, инновационное восстановление и устойчивое управление лесами. Forestry – 2023: мат. межд. лес. форума. Воронеж, 2023. С. 392-400. DOI: 10.58168/Forestry2023_392-400.

Божидай Т.Н., Кухарчик Н.В. Влияние гормонального состава питательной среды и субстрата для адаптации на размножение сортов голубики узколистной // Опыт и перспективы возделывания ягодных растений семейства Брусничные на территории Беларуси и сопредельных стран: мат. межд. науч. семинара. Минск, 2017. С. 3-7.

Бутенко Р.Г. Культура изолированных растительных тканей и физиология морфогенеза растений. М.: Наука, 1964. 270 с.

Грибок Н.А., Букляревич А.Г., Веевник А.А., Яковлев А.П. Перспективы тиражирования посадочного материала голубики узколистной // Опыт и перспективы возделывания голубики на территории Беларуси и сопредельных стран: мат. межд. науч.-практ. конф. Минск, 2014. С. 35-39.

Гуцин А.В., Лебедева О.П., Александрова Ю.В., Мелехов В.И., Бабич Н.А., Демин И.Ю. Патент на изобретение № 2826463 Вегетационная установка для

адаптации и выращивания растений *in vitro*: № 2024105922; заявл. 07.03.2024, опубл. 11.09.2024.

Деменко В.И. Микрклональное размножение садовых растений: учеб. пособие / ФГОУ ВПО РГАУ – МСХА им. К. А. Тимирязева. М., 2007. 55 с.

Инновационная система уборки голубики в 4 раза снижает стоимость сбора урожая // Агробизнес. 2021. URL: <https://agbz.ru/news/innovatsionnaya-sistema-uborki-golubiki-v-4-raza-snizhaet-stoimost-sbora-urozhaya/> (дата обращения: 14.07.2025)

Куликова Е.И., Макаров С.С., Кузнецова И.Б., Чудецкий А.И., Сунгурова Н.Р., Кульчицкий А.Н. Влияние 2-изопентиладенина на органогенез севернороссийских форм голубики топяной (*Vaccinium uliginosum* L.) в культуре *in vitro* // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2023. № 4(102). С. 120-125. DOI: 10.37670/2073-0853-2023-102-4-120-125.

Лебедева О.П., Александрова Ю.В., Мелехов В.И., Бабич Н.А. Патент на изобретение № 2828836 Способ адаптации растений-регенерантов к условиям *ex vitro*; заявл. 01.12.2023, опубл. 21.10.2024.

Макаров С.С. Научно-методическое обоснование технологии размножения и плантационного выращивания лесных ягодных растений: дис. ... д-ра с.-х. наук. Пушкино, 2022. 467 с.

Макаров С.С., Кузнецова И.Б., Куликова Е.И., Чудецкий А.И. Влияние состава питательной среды и росторегулирующих веществ на ризогенез голубики узколистной *in vitro* // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2021. № 6 (92). С. 103-109. DOI: 10.37670/2073-0853-2021-92-6-103-109.

Макаров С.С., Антонов А.М., Александрова Ю.В., Лебедева О.П., Кузнецова И.Б. Адаптация триплоидной осины к условиям *ex vitro* с применением гидропонной установки // Сибирский лесной журнал. 2023. № 3. С. 27-33. DOI: 10.15372/SJFS20230304.

Макеев В.А., Тяк Г.В., Макеева Г.Ю. Опыт культивирования голубики узколистной на выработанных торфяниках Костромской области // Лесохозяйственная информация. 2017. № 2. С. 91-102. DOI: 10.24419/LHI.2304-3083.2017.2.09.

Морозов О.В., Гордей Д.В. Способность голубики узколистной (*Vaccinium angustifolium* Ait.) к вегетативному и генеративному размножению при выращивании посадочного материала // Устойчивое управление лесами и рациональное лесопользование: мат. межд. науч.-практ. конф. Минск, 2010. Кн. 2. С. 440-443.

Морозов О.В., Гордей Д.В., Сауткин Ф.В., Буга С.В., Ярмолович В.А. Культивирование голубики узколистной (*Vaccinium angustifolium* Ait.) в Белорусском Поозерье. Минск: БГТУ, 2016. 195 с.

Технология получения оздоровленного от вирусов посадочного материала плодовых и ягодных культур. М.: Российский научно-исследовательский институт информации и технико-экономических исследований по инженерно-техническому обеспечению агропромышленного комплекса, 2013. 91 с.

Тяк Г.В., Тяк А.В. Выращивание сеянцев голубики узколистной на выработном торфянике // Новые и нетрадиционные растения и перспективы их использования: мат. X межд. симпозиума. Пушино, 2013. Т. 1. С. 37-40.

Чернов Г. Руководство по машинному сбору голубики для свежего рынка // Питомник Черновых. 2023. URL: <https://www.blueberry.by/post/руководство-по-машинному-сбору-голубики-для-свежего-рынка> (дата обращения: 14.07.2025)

Cheon M.G., Lee S.H., Park K.M., Choi S.-T., Hwang Y.H., Chang Y.H., Kim J.G. Growth and Yield Response of Highbush Blueberry 'Duke' to Hydroponic Cultivation // Journal of Bio-Environment Control. 2021. Vol. 30, iss. 3. P. 244-249.

Cüce M., Sökmen A. In vitro production protocol of *Vaccinium uliginosum* L. (bog bilberry) growing in the Turkish flora // Turkish Journal of Agriculture and Forestry. 2017. Vol. 41, iss. 4. P. 294-304.

Figiel-Kroczyńska M., Krupa-Malkiewicz M., Ochmian I. Efficient micropropagation protocol of three cultivars of highbush blueberry (*Vaccinium corymbosum* L.) // Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca. 2022. Vol. 50. P. 1-13.

Lloyd G., McCown B.H. Commercially-feasible micropropagation of mountain laurel, *Kalmia latifolia*, by use of shoot-tip culture // Int. Plant Prop. Soc. Proc. 1980. Vol. 30. P. 421-427.

Nakhooda M., Jain S.M. Clonal and Micropropagation // Encyclopedia of Applied Plant Sciences. 2017. P. 428-432.

Schuchovskia C., Sant'Anna-Santos B.F., Marrac R.C., Biasi L.A. Morphological and anatomical insights into de novo shoot organogenesis of *in vitro* 'Delite' rabbiteye blueberries // Heliyon. 2020. Vol. 6, iss. 1. Art. no. e05468. DOI: 10.1016/j.heliyon.2020.e05468.

References

Aleksandrov Iu.V., Lebedeva O.P., Babich N.A. Research of various disinfectants when introducing *in vitro* extracts of woody plants into culture. *Protection, innovative restoration and sustainable forest management. Forestry-2023*: mat. of int. forestry forum. Voronezh, 2023, pp. 392-400. DOI: 10.58168/Forestry2023_392-400. (In Russ.)

Bozhidai T.N., Kukharchik N.V. The influence of the hormonal composition of the nutrient medium and substrate for adaptation on the reproduction of varieties of narrow-leaved blueberry. *Experience and prospects of cultivation of berry plants of the Lingonberry family on the territory of Belarus and neighboring countries*: mat. of int. sci. workshop. Minsk, 2017, pp. 3-7. (In Russ.)

Butenko R.G. Culture of isolated plant tissues and the physiology of plant morphogenesis. Moscow: Nauka, 1964. 270 p. (In Russ.)

Cheon M.G., Lee S.H., Park K.M., Choi S.-T., Hwang Y.H., Chang Y.H., Kim J.G. Growth and Yield Response of Highbush Blueberry 'Duke' to Hydroponic Cultivation. *Journal of Bio-Environment Control*, 2021, vol. 30, iss. 3, pp. 244-249.

Chernov G. Guide to machine harvesting of blueberries for the fresh market. *The Chernov nursery*, 2023. URL: <https://www.blueberry.by/post/руководство-по-машинному-сбору-голубики-для-свежего-рынка> (accessed: 14.07.2025) (In Russ.)

Cüce M., Sökmen A. In vitro production protocol of *Vaccinium uligi-nosum* L. (bog bilberry) growing in the Turkish flora. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 2017, vol. 41, iss. 4, pp. 294-304.

Demenko V.I. Microclonal reproduction of garden plants: a textbook / FGOU VPO RGAU – MSHA named after K. A. Timiryazev. Moscow, 2007. 55 p. (In Russ.)

Figiel-Kroczyńska M., Krupa-Malkiewicz M., Ochmian I. Efficient micropropagation protocol of three cultivars of highbush blueberry (*Vaccinium corymbosum* L.). *Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca*, 2022, vol. 50, pp. 1-13.

Gribok N.A., Buklyarevich A.G., Veevnik A.A., Yakovlev A.P. Prospects for replicating the planting material of narrow-leaved blueberries. *Experience and prospects of blueberry cultivation in Belarus and neighboring countries: mat. of int. sci.-pract. conf. Minsk*, 2014, pp. 35-39. (In Russ.)

Gushchin A.V., Lebedeva O.P., Aleksandrova Iu.V., Melekhov V.I., Ba-beach N.A., Demin I.Yu. Patent for invention No. 2826463 Vegetation plant for adaptation and cultivation of plants in vitro: No. 2024105922; appl. 07.03.2024, publ. 11.09.2024. (In Russ.)

An innovative blueberry harvesting system reduces the cost of harvesting by 4 times. *Agribusiness*, 2021. URL: <https://agbz.ru/news/innovatsionnaya-sistema-uborki-golubiki-v-4-raza-snizhaet-stoimost-sbora-urozhaya/> (accessed 14.07.2025) (In Russ.)

Kulikova E.I. Makarov S.S., Kuznetsova I.B., Chudetskiy A.I., Sungurova N.R., Kulchitskiy A.N. The effect of 2-isopentyladenine on the organogenesis of Northern Russian forms of poplar blueberry (*Vaccinium uliginosum* L.) in in vitro culture. *Izvestiya Orenburg State Agrarian University*, 2023, no. 4(102), pp. 120-125. DOI: 10.37670/2073-0853-2023-102-4-120-125. (In Russ.)

Lebedeva O.P., Alexandrova Yu.V., Melekhov V.I., Babich N.A. Patent for invention No. 2828836 Method of adaptation of regenerated plants to ex vitro conditions; appl. 12/01/2023, publ. 10/21/2024. (In Russ.)

Lloyd G., McCown B.H. Commercially-feasible micropropagation of mountain laurel, *Kalmia latifolia*, by use of shoot-tip culture. *Int. Plant Prop. Soc. Proc.*, 1980, vol. 30, pp. 421-427.

Makarov S.S., Scientific and methodological substantiation of the technology of cultivation and plantation cultivation of forest berry plants. Diss. ... Dr. Agr. Sci. Pushkino, 2022. 467 p. (In Russ.)

Makarov S.S., Kuznetsova I.B., Kulikova E.I., Chudetskiy A.I. Influence of the composition of the nutrient medium and growth-regulating substances on the rhizogenesis of narrow-leaved blueberries in vitro. *Izvestiya Orenburg State Agrarian University*, 2021, no. 6 (92), pp. 103-109. DOI: 10.37670/2073-0853-2021-92-6-103-109. (In Russ.)

Makarov S.S., Antonov A.M., Aleksandrova Iu.V., Lebedeva O.P., Kuznetsova I.B. Adaptation of triploid aspen to ex vitro conditions using a hydroponic installation. *Siberian Forest Journal*, 2023, no. 3, pp. 27-33. DOI: 10.15372/SJFS20230304. (In Russ.)

Makeev V.A., Tyak G.V., Makeeva G.Yu. Experience of cultivation of narrow-leaved blueberries on the developed peat bogs of the Kostroma region. *Forestry information*, 2017, no. 2, pp. 91-102. DOI: 10.24419/LHI.2304-3083.2017.2.09. (In Russ.)

Morozov O.V., Gordey D.V. The ability of narrow-leaved blueberries (*Vaccinium angustifolium* Ait.) to vegetative and generative reproduction when growing planting material. *Sustainable forest management and rational forest management: mat. of int. sci.-pract. conf. Minsk*, 2010, vol. 2, pp. 440-443. (In Russ.)

Morozov O.V., Gordey D.V., Sautkin F.V., Buga S.V., Yarmolovich V.A. Cultivation of narrow-leaved blueberries (*Vaccinium angustifolium* Ait.) in the Belarusian Lake district. Minsk: BSTU, 2016. 195 p. (In Russ.)

Nakhooda M., Jain S.M. Clonal and Micropropagation. *Encyclopedia of Applied Plant Sciences*. 2017, pp. 428-432.

Schuchovskia C., Sant'Anna-Santos B.F., Marrac R.C., Biasi L.A. Morphological and anatomical insights into de novo shoot organogenesis of *in vitro* 'Delite' rabbiteye blueberries. *Heliyon*, 2020, vol. 6, iss. 1, art. no. e05468. DOI: 10.1016/j.heliyon.2020.e05468.

Technology for obtaining virus-free planting material of fruit and berry crops. Moscow: Russian Scientific Research Institute of Information and Technical and Economic Research on engineering and technical support of the agro-industrial complex, 2013. 91 p. (In Russ.)

Tyak G.V., Tyak A.V. Growing seedlings of narrow-leaved blueberry on a developed peat bog. *New and non-traditional plants and prospects for their use: mat. of X int. symposium. Pushchino*, 2013, vol. 1, pp. 37-40. (In Russ.)

Материал поступил в редакцию 29.10.2025

Александрова Ю.В., Лебедева О.П., Бабич Н.А. Опыт клонального микроразмножения отборной формы голубики узколистной *Vaccinium angustifolium* Aiton // Известия Санкт-Петербургской лесотехнической академии. 2025. Вып. 256. С. 383–396. DOI: 10.21266/2079-4304.2025.256.383-396

В статье приведены результаты исследований по клональному микроразмножению формы голубики узколистной (*Vaccinium angustifolium* Aiton), отобранной на сортоиспытательном участке плантации в Архангельской области. Для клонального микроразмножения видов, форм и сортов необходимо подбирать индивидуальный протокол, соответствующий биологическим особенностям тиражируемых объектов. Для первоначальной обработки растительного материала в условиях *in vivo* были отсечены первые 10 см ежегодного прироста

маточного растения. На этапе стерилизации при введении в культуру *in vitro* для стерилизации эксплантов голубики узколистной применяли 5% раствор «Лизоформин 3000» и 5% раствор «Бриллиант» при времени экспозиции 5, 10 и 15 минут. Наибольшая доля здоровых эксплантов зафиксирована при использовании раствора «Лизоформин 3000» в течение 15 минут – 76,6%. На этапе тиражирования при добавлении в питательную среду гормонов 2-ип (1,0-1,5 мл/л) и ИУК (0,1-0,2 мл/л) отмечено наибольшее среднее количество сформировавшихся почек и наибольшие значения средней длины микропобегов голубики узколистной. Период между пассажами составляет 35 суток. При тиражировании регенерантов сегментами, содержащими по 1 почке, коэффициент размножения равен 3. С целью увеличения количества выхода посадочного материала верхняя часть регенеранта была отсечена для дальнейшего тиражирования, а укоренённый сегмент с двумя почками перемещали в вегетационную установку для адаптации. Адаптацию микрорастений проводили по отработанной методике в вегетационной установке в течение 16 суток, что позволяет сохранять максимальное количество адаптируемых растений.

Ключевые слова: микроклональное размножение, побегообразование, корнеобразование, питательная среда, регуляторы роста, *in vitro*.

Aleksandrova I.V., Lebedeva O.P., Babich N.A. Experience in clonal micropropagation of the selected form of *Vaccinium angustifolium* Aiton. *Izvestia Sankt-Peterburgskoj Lesotekhniceskoj Akademii*, 2025, iss. 256, pp. 383–396 (in Russian with English summary). DOI: 10.21266/2079-4304.2025.256.383-396

The article presents the results of research on the clonal micropropagation of the form of narrow-leaved blueberry (*Vaccinium angustifolium* Aiton) collected at the variety testing site of a plantation in the Arkhangelsk region. For clonal micropropagation of species, forms and varieties, it is necessary to select an individual protocol corresponding to the biological characteristics of the replicated species. For the initial treatment of plant material *in vivo*, the first 10 cm of annual growth of the donor plant were cut off. At the sterilization stage, when introducing into the *in vitro* culture, a 5% solution of “Lysoformin 3000” and a 5% solution of “Brilliant” were used to sterilize the explants of narrow-leaved blueberry at an exposure time of 5, 10 and 15 minutes. The largest proportion of healthy explants was recorded when using “Lysoformin 3000” solution for 15 minutes – 76.6%. At the stage of micro-reproduction proper, when hormones 2-ip (1.0-1.5 ml/l) and indolylacetic acid (0.1-0.2 ml/l) were added to the nutrient medium, the largest average number of formed buds and the highest values of the average length of micro-shoots of narrow-leaved blueberries were marked. The period between passages lasts 35 days. When replicating regenerants with segments containing 1 bud each, the reproduction coefficient is 3. In order to increase the amount of planting material yield, the upper part of the plant was cut off for further replication, and the rooted segment with two buds was moved to the

vegetation plant for adaptation. The adaptation of micro-plants was carried out according to a proven technique in a vegetation installation for 16 days, which allows you to save the maximum number of adaptable plants.

Key words: micropropagation, shoot formation, root formation, nutrient medium, growth regulators, *in vitro*.

АЛЕКСАНДРОВА Юлия Васильевна – доцент Северного (Арктического) федерального университета имени М.В. Ломоносова, кандидат сельскохозяйственных наук. SPIN-код: 8560-4497. ORCID: 0000-0002-2802-1124.
163002, наб. Северной Двины, д. 17, г. Архангельск, Россия. E-mail: yu.aleksandrova@narfu.ru

ALEKSANDROVA Iuliia V. – PhD (Agriculture), Associate Professor, Northern (Arctic) Federal University named after M.V. Lomonosov. SPIN-code: 8560-4497. ORCID: 0000-0002-2802-1124.
163002. Northern Dvina emb. 17. Arkhangelsk. Russia. E-mail: yu.aleksandrova@narfu.ru

ЛЕБЕДЕВА Ольга Петровна – ассистент Северного (Арктического) федерального университета имени М.В. Ломоносова. SPIN-код: 6744-8015. ORCID: 0000-0002-5282-4904.
163002, наб. Северной Двины, д. 17, г. Архангельск, Россия. E-mail: o.lebedeva@narfu.ru

LEBEDEVA Olga P. – Assistant, Northern (Arctic) Federal University named after M.V. Lomonosov. SPIN-code: 6744-8015. ORCID: 0000-0002-5282-4904.
163002. Northern Dvina emb. 17. Arkhangelsk. Russia. E-mail: o.lebedeva@narfu.ru

БАБИЧ Николай Алексеевич – профессор Северного (Арктического) федерального университета имени М.В. Ломоносова, доктор сельскохозяйственных наук. SPIN-код: 3176-1811. ORCID: 0000-0001-7463-2519.
163002, наб. Северной Двины, д. 17, г. Архангельск, Россия. E-mail: n.babich@narfu.ru

BABICH Nikolay A. – DSc (Agriculture), Professor, Northern (Arctic) Federal University named after M.V. Lomonosov. SPIN-code: 3176-1811. ORCID: 0000-0001-7463-2519.
163002. Northern Dvina emb. 17. Arkhangelsk. Russia. E-mail: n.babich@narfu.ru