

Научная статья

УДК 634.73

doi: 10.34655/bgsha.2022.67.2.022

ОСОБЕННОСТИ КЛОНАЛЬНОГО МИКРОРАЗМНОЖЕНИЯ ГОЛУБИКИ УЗКОЛИСТНОЙ НА ЭТАПАХ «ВВЕДЕНИЕ В КУЛЬТУРУ *IN VITRO*» И «СОБСТВЕННО МИКРОРАЗМНОЖЕНИЕ»

С.С. Макаров¹, И.Б. Кузнецова², Е.И. Куликова³, А.И. Чудецкий⁴

^{1,4}Центрально-европейская лесная опытная станция – филиал ФБУ «Всероссийский научно-исследовательский институт лесоводства и механизации лесного хозяйства», Кострома, Россия

²Костромская государственная сельскохозяйственная академия, п. Караваево, Костромская обл., Россия

³Вологодская государственная молочнохозяйственная академия имени Н.В. Верещагина, Вологда, Россия

¹makarov_serg44@mail.ru

²sonnereiser@yandex.ru

³elena-kulikova@list.ru

⁴a.chudetsky@mail.ru

Аннотация. В статье приведены результаты исследований по изучению влияния стерилизующих веществ и времени стерилизации на жизнеспособность эксплантов и влияние питательных сред и концентраций росторегулирующих веществ на побегообразование голубики узколистной гибридных форм 23-3-11 и 27-11 и полувысокорослой голубики сортов Northblue и Putte при клональном микроразмножении. В России возрастает интерес к плантационному выращиванию лесных ягодных растений. Для увеличения производства высококачественного селекционного посадочного материала целесообразно использовать метод клонального микроразмножения. Технологии размножения *in vitro* низкорослых видов голубик недостаточно изучены. На этапе «введение в культуру *in vitro*» наиболее высокая жизнеспособность (82–94%) эксплантов голубики отмечена при стерилизации нитрата серебра 0,2% и препарата «Лизоформин 3000» 5% при времени стерилизации 15 мин. На этапе «собственно микроразмножение» при использовании цитокинина 2-*iP* в концентрациях 1,0 и 2,0 мг/количество и суммарная длина побегов голубики узколистной были больше (в 1,1–1,6 и 1,2–1,9 раза соответственно), чем при использовании 6-БАП в тех же концентрациях. Суммарная длина побегов голубики узколистной в вариантах с питательной средой WPM и ее модификациями (с разбавлением минеральных солей в 2 и 4 раза) была в 1,1–1,8 раза больше, чем в аналогичных вариантах с AN. Максимальная суммарная длина микропобегов (11,3–12,9 см) голубики узколистной отмечена на питательной среде WPM 1/4 с цитокинином 2-*iP* в концентрации 2,0 мг/л.

Ключевые слова: голубика узколистная, клональное микроразмножение, *in vitro*, регуляторы роста, стерилизующие агенты, питательная среда, цитокинины.

**PECULIARITIES OF THE CLONAL MICROPROPAGATION
OF LOWBUSH BLUEBERRY (*ANGUSTIFOLIA BLUEBERRY*)
AT THE STAGES OF “INTRODUCTION INTO THE *IN VITRO* CULTURE”
AND “MICROPROPAGATION PROPER”**

Sergey S. Makarov¹, Irina B. Kuznetsova², Elena I. Kulikova³, Anton I. Chudetsky⁴

^{1,4} Central European Forest Experiment Station – Branch of All-Russian Research Institute of Silviculture and Mechanization of Forestry, Kostroma, Russia

² Kostroma State Agricultural Academy, Karavaevo village, Kostroma region, Russia

³ Vologda State Dairy Academy named after N.V. Vereshchagin, Vologda, Russia

¹ makarov_serg44@mail.ru

² sonnerreiser@yandex.ru

³ elena-kulikova@list.ru

⁴ a.chudetsky@mail.ru

Abstract. *The article deals with the results of research on the study of the effect of sterilizing substances and sterilization time on the viability of explants and the effect of nutrient media and concentrations of growth-regulating substances on the shoot formation of lowbush blueberry (*Angustifolia blueberry*) of hybrid forms 23-3-11 and 27-11 and half-highbush blueberry of Northblue and Putte varieties during clonal micropropagation. Interest in plantation cultivation of forest berry plants is growing in Russia. To increase the production of high-quality breeding planting material it is advisable to use the method of clonal micropropagation. In vitro breeding technologies for lowbush blueberries are poorly studied. The highest viability (82–94%) of blueberry explants is observed upon sterilization of silver nitrate 0.2% and Lizoformin 3000 5% at a sterilization time of 15 minutes at the stage of “introduction into in vitro culture”. Quantity and the total length of microshoots of lowbush blueberry (*Angustifolia blueberry*) when using cytokinin 2-iP at concentrations of 1.0 and 2.0 mg/l are greater (1.1–1.6 times and 1.2–1.9 times, respectively) than when using 6-BAP at the same concentrations at the stage of “proper micropropagation”. The total length of lowbush blueberry (*Angustifolia blueberry*) shoots in the variants with the WPM nutrient medium and its modifications (with the dilution of mineral salts by 2 and 4 times) is 1.1–1.8 times longer than in the analogous variants with AN nutrient medium. The maximum total length of microshoots (11.3–12.9 cm) of lowbush blueberry (*Angustifolia blueberry*) is observed on the WPM 1/4 nutrient medium with 2-iP cytokinin at a concentration of 2.0 mg/l.*

Keywords: *Angustifolia blueberry, clonal micropropagation, in vitro, growth regulators, sterilizing agents, nutrient medium, cytokinins.*

Введение. В связи с ухудшением экологической ситуации за последние годы как на территории России, так и за ее пределами увеличивается спрос на продукцию из лесных ягод как источника полезных для человека биологически активных веществ, часто обладающих лекарственными свойствами. Потребность в ягодной продукции не обеспечивается имеющимися в стране лесными ягодниками, что связано со многими причинами, главными из которых являются: уменьшение запасов естественных лесных ягодных угодий, снижение и сильное колебание по годам

их продуктивности, удаленность от дорог и населенных пунктов наиболее высокопродуктивных естественных ягодников, уменьшение численности потенциального для заготовки дикорастущих ягод населения и др. [1–3].

Поэтому в России возрастает интерес к плантационному выращиванию лесных ягодных растений. В некоторых регионах Российской Федерации успешно функционируют достаточно крупные промышленные ягодные плантации, в частности на выработанных торфяниках (например, Костромской район Костромской облас-

ти), где выращивают клюкву, голубику и другие лесные ягодные растения. Обширным зарубежным опытом и отечественными научными разработками доказано, что плантационное выращивание лесных ягодных растений становится высококоротабельным только на базе высокопродуктивных, поддающихся механизации, хорошо адаптированных сортов и селекционных форм [1; 4; 5]. Потребность в селекционном посадочном материале голубики очень велика и в настоящее время не удовлетворена. Для решения данной проблемы необходимо увеличивать производство селекционного посадочного материала с использованием оптимальных технологий, что создает актуальность проведения исследований по подбору и разработке наиболее экономичных и эффективных методов и способов ускоренного размножения сортов и перспективных гибридных форм голубики, клюквы и других ягодных растений и получения качественного посадочного материала.

Наиболее целесообразно использовать метод клонального микроразмножения, который позволяет круглогодично и ускоренно получать большое количество высококачественного посадочного материала голубики [6]. Несмотря на довольно большой период (более 40 лет) изучения клонального микроразмножения данной культуры, большинство работ посвящено культивированию высокорослой и полувысокорослой голубик, тогда как технологии размножения *in vitro* низкорослых видов голубик, в частности голубики узколистной, до сих пор находится на стадии разработки [7–9]. В связи с этим требуется дополнительное изучение влияния питательных сред, росторегулирующих веществ и других препаратов на рост и развитие растений голубики узколистной в условиях *in vitro*.

Цель исследований – изучить влияние стерилизующих веществ и времени стерилизации на жизнеспособность эксплантов и влияние питательных сред и концентраций цитокининов на процесс побегообразования голубики узколистной при клональном микроразмножении.

Объекты и методы. Исследования проводили в 2019–2021 гг. в лабораториях биотехнологии на базе Центрально-европейской лесной опытной станции ВНИИЛМ и Костромской ГСХА по общепринятым методикам [10]. В качестве объектов исследований использовали растения-регенеранты голубики узколистной *Vaccinium angustifolium* Ait. (гибридные формы 23-1-11 и 27-10) и полувысокорослой голубики *V. corymbosum* L. х *V. angustifolium* Ait. (сорта Northblue и Putte).

На этапе введение в культуру *in vitro* для стерилизации растительного материала (стеблей, почек и других фрагментов растений), предназначенного для вычлечения экспланта, применяли различные стерилизующие растворы сулемы (0,1%), моющего средства «Доместос» (в разведении 1:3), экостерилизатора бесхлорного (5%), перекиси водорода (30%), хлорной извести (в соотношении 1:1), азотно-кислого серебра AgNO₃ (0,2%), препарата «Лизоформин 3000» (5%). Время стерилизации – 5, 10, 15 и 20 минут.

После стерилизации эксплантов голубики, полученных из апикальных меристем, растения культивировали на питательных средах Woody Plant Medium (WPM) и Андерсона (AN), в том числе с разбавлением минеральных солей в 2 и 4 раза, в условиях световой комнаты при фотопериоде 16/8 часов, поддержании температуры +23...+25°C и влажности воздуха 75–80%. На этапе «собственно микроразмножение» в питательную среду добавляли цитокинины 6-бензиламинопурил (6-БАП) и 2-изопенталаденин (2-иП) в концентрациях 1,0 и 2,0 мл/л. Учитывали количество, среднюю и суммарную длину побегов в расчете на 1 растение. Повторность опыта – 10-кратная, в каждом варианте по 15 растений. Статистическую обработку данных проводили с использованием программного обеспечения AGROS v.2.11 и стандартного пакета Microsoft Office 2016. Достоверность опытов оценивали при помощи наименьшей существенной разности на 5% уровне значимости (HCP_{05}), где: фактор А – состав питательной среды; фактор В – концент-

рация цитокинина.

Результаты и обсуждение. В ходе исследований на этапе введения в культуру *in vitro* эксплантов голубики узколистной выявлено, что наиболее эффективными оказались основные стерилизаторы AgNO_3 0,2% и лизоформин 3000 5% при времени стерилизации 15 мин, где жизнеспособность эксплантов достигала у сорта Northblue 92–94%; сорта Putte – 90%; гибридной формы 23-1-11 – 82-84%; гибридной формы 27-10 – 90-92% (табл. 1). Достаточно высокая жизнеспособность эксплантов отмечена при обработке препаратом «Экостерилизатор бесхлорный» 5% при времени стерилизации 15 мин (74–90%) и хлорной известью 1:1 – при времени стерилизации 20 мин (70–92%). При экспозиции 5 мин процент жизнеспособных эксплантов при обработке исследуемыми стерилизующими агентами был низким и не превышал 34%, остальные экспланты погибали от инфекции.

На этапе «собственно микроразмножение» отмечено, что количество побегов голубики узколистной статистически значимо не различалось в зависимости от состава питательной среды и варьировало, в среднем, от 2,6 до 4,2 шт. (табл. 2). Повышение концентрации в питательных средах цитокининов от 1,0 до 2,0 мг/л способствовало увеличению количества побегов у растений-регенерантов голубики узколистной при использовании 6-БАП, в среднем, в 1,9–2,2 раза (от 1,7–1,9 до 3,2–4,2 шт.), а при 2-иР – в 1,5–1,6 раза (от 2,8–3,2 до 4,5–4,7 шт.).

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

Стерилизующий агент	Время стерилизации, мин			
	5	10	15	20
Сорт Northblue				
Сулема 0,1%	24	20	90	28
Доместос 1:3	10	24	36	24
Экостерилизатор бесхлорный 5%	8	50	90	94
Перекись водорода 30%	8	26	44	28
Хлорная известь 1:1	6	16	74	92
AgNO_3 0,2%	30	80	92	20
Лизоформин 3000 5%	26	70	94	40
Сорт Putte				
Сулема 0,1%	20	24	80	40
Доместос 1:3	6	20	32	18
Экостерилизатор бесхлорный 5%	6	52	82	80
Перекись водорода 30%	8	22	30	26
Хлорная известь 1:1	10	14	62	82
AgNO_3 0,2%	34	60	90	32
Лизоформин 3000 5%	24	80	90	50
Гибридная форма 23-1-11				
Сулема 0,1%	10	24	82	30
Доместос 1:3	4	18	30	20
Экостерилизатор бесхлорный 5%	2	40	74	62
Перекись водорода 30%	8	16	24	18
Хлорная известь 1:1	10	18	60	74
AgNO_3 0,2%	26	40	82	44
Лизоформин 3000 5%	14	74	84	54

Гибридная форма 27-10				
Сулема 0,1%	8	30	70	40
Доместос 1:3	6	24	32	26
Экостерилизатор бесхлорный 5%	0	60	82	50
Перекись водорода 30%	2	20	26	18
Хлорная известь 1:1	2	6	72	76
AgNO ₃ 0,2%	12	40	90	32
Лизоформин 3000 5%	4	8	92	70

Средняя длина побегов голубики узколистной *in vitro* не имела существенных различий в зависимости от питательной среды и варьировала, в среднем, от 1,4 до 2,2 см (табл. 3). С повышением в питательных средах концентрации цитокини-

нов от 1,0 до 2,0 мг/л средняя длина побегов голубики узколистной немного увеличивалась: при 6-БАП, в среднем, в 1,2–1,3 раза (от 1,2–1,4 до 1,6–1,7 см), при 2-иР – в 1,2–1,6 раза (от 1,4–1,8 до 1,7–2,9 см).

Таблица 2 – Количество побегов (шт.) голубики узколистной *in vitro* в зависимости от питательной среды и концентрации цитокининов

Питательная среда	Концентрация цитокинина, мг/л				Среднее
	6-БАП		2-иР		
	1,0	2,0	1,0	2,0	
1	2	3	4	5	6
Сорт Northblue					
WPM	2,3	5,6	3,3	5,5	4,2
WPM 1/2	2,2	4,5	3,3	5,2	3,8
WPM 1/4	2,5	5,0	3,5	5,6	4,1
AN	1,9	3,8	2,8	4,4	3,2
AN 1/2	1,8	3,0	3,1	3,9	2,9
AN 1/4	1,7	3,4	3,0	3,5	2,9
Среднее	2,1	4,2	3,2	4,7	-
НСР ₀₅ фактор А = 2,44, фактор В = 2,10, общ. = 2,92					
Сорт Putte					
WPM	1,9	4,5	3,0	6,6	4,0
WPM 1/2	1,8	4,9	3,2	5,1	3,7
WPM 1/4	2,0	5,2	3,4	4,9	3,9
AN	1,9	5,5	2,9	3,8	3,5
AN 1/2	2,1	3,3	3,1	3,5	3,0
AN 1/4	2,0	2,1	2,9	3,3	2,6
Среднее	1,9	4,2	3,1	4,5	-
НСР ₀₅ фактор А = 2,35, фактор В = 2,01, общ. = 2,96					
Гибридная форма 23-1-11					
WPM	1,5	3,5	2,9	5,4	3,3
WPM 1/2	1,7	4,0	2,8	4,9	3,3
WPM 1/4	1,9	3,9	3,0	5,0	3,4
AN	1,8	4,2	3,1	4,8	3,5
AN 1/2	1,9	3,3	2,8	4,0	3,0
AN 1/4	2,0	2,2	2,9	4,0	2,8
Среднее	1,8	3,5	2,9	4,7	-
НСР ₀₅ фактор А = 2,02, фактор В = 1,87, общ. = 2,90					

Гибридная форма 27-10					
WPM	1,9	3,0	2,8	4,8	3,1
WPM 1/2	1,7	3,3	3,0	5,2	3,3
WPM 1/4	1,6	3,7	3,2	5,6	3,5
AN	1,8	4,0	2,9	4,5	3,3
AN 1/2	1,5	3,4	2,7	4,4	3,0
AN 1/4	1,6	2,3	2,5	4,0	2,6
Среднее	1,7	3,3	2,8	4,7	-
НСР ₀₅ фактор А = 1,98, фактор В = 1,77, общ. = 2,88					

Таблица 3 – Средняя длина побегов (см) голубики узколистной *in vitro* в зависимости от питательной среды и концентрации цитокинина

Питательная среда	Концентрация цитокинина, мг/л				Среднее
	6-БАП		2-iP		
	1,0	2,0	1,0	2,0	
Сорт Northblue					
WPM	1,6	1,5	1,0	1,5	1,4
WPM 1/2	1,0	1,7	2,0	1,6	1,6
WPM 1/4	1,2	1,9	2,4	2,2	1,9
AN	1,4	1,5	1,5	1,8	1,5
AN 1/2	1,6	1,8	1,8	1,6	1,7
AN 1/4	1,5	1,6	1,6	1,7	1,6
Среднее	1,4	1,7	1,7	1,7	-
НСР ₀₅ фактор А = 0,98, фактор В = 0,87, общ. = 1,90					
Сорт Putte					
WPM	1,0	1,7	1,1	2,1	1,5
WPM 1/2	1,3	1,8	1,3	1,8	1,6
WPM 1/4	1,5	1,6	1,5	2,3	1,7
AN	1,0	1,5	1,6	1,8	1,5
AN 1/2	1,3	1,5	1,4	1,7	1,5
AN 1/4	1,2	1,3	1,6	1,8	1,5
Среднее	1,2	1,6	1,4	1,9	-
НСР ₀₅ фактор А = 0,89, фактор В = 0,62, общ. = 1,91					
Гибридная форма 23-1-11					
WPM	0,9	1,8	1,2	2,4	1,6
WPM 1/2	1,2	1,7	1,4	2,3	1,7
WPM 1/4	1,4	1,6	1,1	2,5	1,7
AN	1,6	1,9	1,5	1,8	1,7
AN 1/2	1,3	1,5	1,6	1,7	1,5
AN 1/4	1,1	1,4	1,5	1,6	1,4
Среднее	1,3	1,6	1,4	2,1	-
НСР ₀₅ фактор А = 0,97, фактор В = 0,81, общ. = 1,89					
Гибридная форма 27-10					
WPM	1,1	1,8	1,5	2,5	1,7
WPM 1/2	1,2	1,7	1,4	2,4	1,7
WPM 1/4	1,3	1,5	1,3	2,3	1,6
AN	1,5	1,9	1,2	2,0	1,6
AN 1/2	1,3	1,5	1,6	2,1	1,6
AN 1/4	1,2	1,6	1,2	2,0	1,5
Среднее	1,3	1,7	1,4	2,2	-
НСР ₀₅ фактор А = 0,96, фактор В = 0,80, общ. = 1,91					

Суммарная длина побегов голубики узколистной была больше в вариантах с питательной средой WPM и ее модификациями, чем в аналогичных вариантах с

AN: при полном содержании минеральных солей – в 1,1–1,2 раза; при разбавлении 1/2 – в 1,4 раза; при разбавлении 1/4 – в 1,6–1,8 раза (рис. 1).

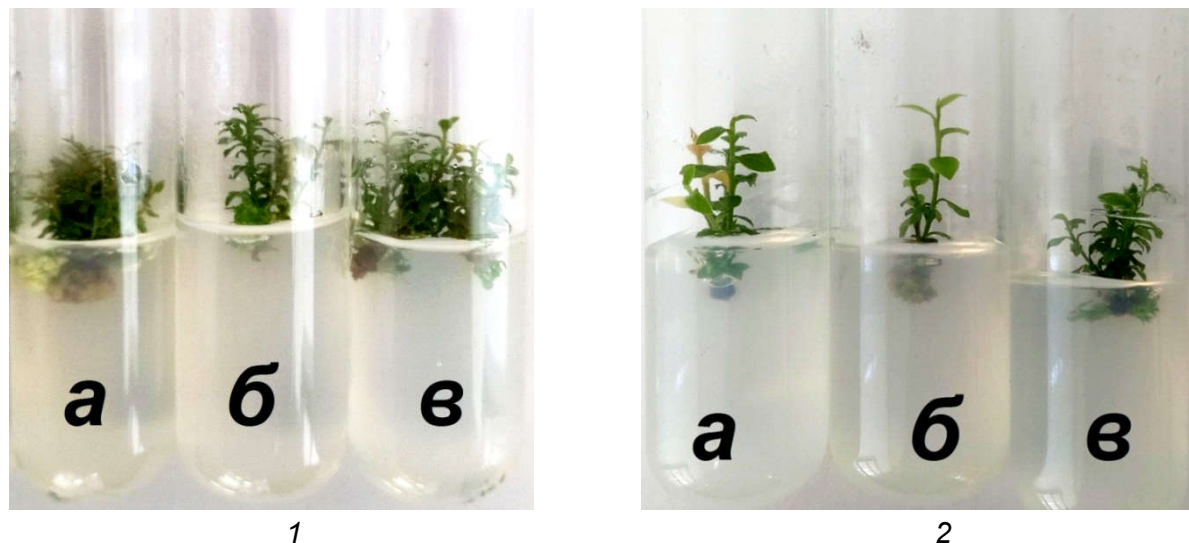


Рисунок 1. Растения голубики узколистной на питательных средах WPM (1) и AN (2): а – с полным содержанием минеральных солей; б – с разбавлением в 2 раза; в – с разбавлением в 4 раза

С повышением в питательной среде концентрации цитокининов от 1,0 до 2,0 мг/л суммарная длина побегов голубики узколистной значительно увеличивалась: в варианте с 6-БАП, в среднем, в 2,4–2,5 раза, с 2-іР – в 2,1–2,5 раза. Максимального значения суммарная длина побегов голубики узколистной достигала на пита-

тельной среде WPM 1/4 с цитокинином 2-іР в концентрации 2,0 мг/л и варьировала от 11,3 см у сорта Putte до 12,9 см у гибридной формы 27-10 (табл. 4).

Существенных различий по биометрическим показателям в зависимости от сорта или формы голубики не выявлено.

Таблица 4 – Суммарная длина побегов (см) голубики узколистной *in vitro* в зависимости от питательной среды и концентрации цитокинина

Питательная среда	Концентрация цитокинина, мг/л				Среднее
	6-БАП		2-іР		
	1,0	2,0	1,0	2,0	
1	2	3	4	5	6
Сорт Northblue					
WPM	3,7	8,4	3,3	8,3	5,9
WPM 1/2	2,2	7,7	6,6	8,3	6,2
WPM 1/4	3,0	9,5	8,4	12,3	8,3
AN	2,7	5,7	4,2	7,9	5,1
AN 1/2	2,9	5,4	5,6	6,2	5,0
AN 1/4	2,6	5,4	4,8	6,0	4,7
Среднее	2,9	7,0	5,5	8,2	-
НСР ₀₅ фактор А = 2,86, фактор В = 2,10, общ. = 3,80					
Сорт Putte					
WPM	1,9	7,7	3,3	13,9	6,7
WPM 1/2	2,3	8,8	4,2	9,2	6,1
WPM 1/4	3,0	8,3	5,1	11,3	6,9

Продолжение таблицы 4

AN	1,9	8,3	4,6	6,8	5,4
AN 1/2	2,7	5,0	4,3	6,0	4,5
AN 1/4	2,4	2,7	4,6	5,9	3,9
Среднее	2,4	6,8	4,4	8,9	-
НСР ₀₅ фактор А = 2,55 фактор В = 2,29, общ. = 3,40					
Гибридная форма 23-1-11					
WPM	1,4	6,3	3,5	13,0	6,1
WPM 1/2	2,0	6,8	3,9	11,3	6,0
WPM 1/4	2,7	6,2	3,3	12,5	6,2
AN	2,9	8,0	4,7	8,6	6,1
AN 1/2	2,5	5,0	4,5	6,8	4,7
AN 1/4	2,2	3,1	4,4	6,4	4,0
Среднее	2,3	5,9	4,1	9,8	-
НСР ₀₅ фактор А = 2,99, фактор В = 2,72, общ. = 3,51					
Гибридная форма 27-10					
WPM	2,1	5,4	4,2	12,0	5,9
WPM 1/2	2,0	5,6	4,2	12,5	6,1
WPM 1/4	2,1	5,6	4,2	12,9	6,2
AN	2,7	7,6	3,5	9,0	5,7
AN 1/2	2,0	5,1	4,3	8,8	5,1
AN 1/4	1,9	3,7	3,0	8,0	4,2
Среднее	2,1	5,5	3,9	10,5	-
НСР ₀₅ фактор А = 2,68 фактор В = 2,32, общ. = 3,42					

Заключение. Таким образом, по результатам проведенных исследований установлено, что на этапе «введение в культуру *in vitro*» голубики узколистной гибридных форм 23-3-11 и 27-11 и полувысокорослой голубики сортов Northblue и Putte наиболее эффективными стерилизующими агентами оказались нитрат серебра 0,2% и лизоформин 3000 5% при времени стерилизации 15 мин. Цитокининовая активность 2-іР при клональном микроразмножении голубики узколистной оказалась выше, чем у 6-БАП. При использовании на этапе «собственно микроразмножение» цитокинина 2-іР в концентрациях 1,0 и 2,0 мг/л суммарная длина побегов голубики узколистной была больше, чем при использовании 6-БАП в тех же концентрациях. Максимальное значение суммарной длины побегов голубики узколистной отмечено на питательной среде WPM 1/4 с цитокинином 2-іР в концентрации 2,0 мг/л.

Список источников

1. 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.
2. 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.
3. Чудецкий А.И., Сидоренкова Е.М., Макаров С.С. Анализ транспортной доступности лесного фонда в Костромской области // Лесохозяйственная информация. 2020. № 3. С. 58–66. URL: <http://lhi.vniilm.ru/>
4. Noormets M., Karp K., Paal T. Recultivation of Opencast Peat Pits with Vaccinium Culture in Estonia // Ecosystems and Sustainable Development. 2003. Vol. 2. Pp. 1005–1014.
5. Vahejxe K. [et al.] Berry Cultivation in Cutover Peatlands in Estonia: Agricultural and Economical Aspects // Baltic Forestry. 2010. Vol. 16. No 2. Pp. 264–272.
6. Сельскохозяйственная биотехнология :

учебник / В.С. Шевелуха [и др.]. Москва : Высшая школа, 2008. 416 с.

7. Frett J.J., Smagula J.M. In Vitro Shoot Production of Lowbush Blueberry // *Canadian Journal of Plant Science*. 1983. Vol. 63. No 2. Pp. 467–472.

8. Debnath S.C. A Scale-up System for Lowbush Blueberry Micropropagation Using a Bioreactor // *HortScience*. 2009. Vol. 44. No 7. Pp. 1962–1966.

9. Zhao X., Zhan L., Zou X. In Vitro High-frequency Regeneration of Half-highbush 'Northland' Blueberry // *New Zealand Journal of Crop and Horticultural Science*. 2011. Vol. 39. No 1. Pp. 51–59.

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

References

1. Tyak G.V., Kurlovich L.E., Tyak A.V. Biologicheskaya rekul'tivaciya vyrabotannyh torfyanikov putem sozdaniya posadok lesnyh yagodnyh rastenij [Biological Reclamation of Developed Peatlands by Creating Plantings of Forest Berry Plants]. *Vestnik Kazanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta [Bulletin of the Kazan State Agricultural University]*. 2016;11(2):43–46 (In Russ.)

2. Makarov S.S., Bagaev E.S., Tsaregradskaya S.Yu., Kuznetsova I.B. Problems of Use and Reproduction of Phytogenic Food and Medicinal Forest Resources on the Forest Fund Lands of the

Kostroma Region. *Lesnoy Zhurnal (Russian Forestry Journal)*. 2019;6:118–131 (in Russ.)

3. Chudetsky A.I., Sidorenkova E.M., Makarov S.S. Analiz transportnoj dostupnosti lesnogo fonda v Kostromskoj oblasti [Analysis of Transport Accessibility of the Forest Fund in the Kostroma Region]. *Leshozyajstvennaya informaciya [Forestry Information]*. 2020;3:58–66. URL: <http://hi.vniilm.ru/> (In Russ.)

4. Noormets M., Karp K., Paal T. Recultivation of Opencast Peat Pits with Vaccinium Culture in Estonia. *Ecosystems and Sustainable Development*. 2003;2:1005–1014.

5. Vahejxe K. [et al.]. Berry Cultivation in Cutover Peatlands in Estonia: Agricultural and Economical Aspects. *Baltic Forestry*. 2010;16(2):264–272.

6. Sheveluha V.S. [et al.]. Selskohozyajstvennaya biotekhnologiya [Agricultural Biotechnology]. Moscow. Vysshaya shkola, 2008. 416 p. (in Russ.)

7. Frett J.J., Smagula J.M. In Vitro Shoot Production of Lowbush Blueberry. *Canadian Journal of Plant Science*. 1983;63(2):467–472.

8. Debnath S.C. A Scale-up System for Lowbush Blueberry Micropropagation Using a Bioreactor. *HortScience*. 2009;44(7):1962–1966.

9. Zhao X., Zhan L., Zou X. In Vitro High-frequency Regeneration of Half-highbush 'Northland' Blueberry. *New Zealand Journal of Crop and Horticultural Science*. 2011;39(1):51–59.

10. 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;

Елена Ивановна Куликова – заведующая кафедрой растениеводства, земледелия и агрохимии;

Антон Игоревич Чудецкий – ведущий инженер.

Information about the authors

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

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

Elena I. Kulikova – Head of Plant Growing, Agriculture and Agrochemistry Chair;

Anton I. Chudetsky – Leading Engineer.

Статья поступила в редакцию 02.11.2021; одобрена после рецензирования 02.12.2021; принята к публикации 12.05.2022

The article was submitted on 02.11.2021; approved after reviewing on 02.12.2021; accepted for publication on 12.05.2022.