

Научная статья

УДК 634.739

DOI 10.24419/LHI.2304-3083.2022.2.05

## Использование современных ростостимулирующих экопрепаратов при микроклональном размножении брусники обыкновенной (*Vaccinium vitis-idaea* L.)

**Антон Игоревич Чудецкий<sup>1</sup>****Александра Васильевна Заушинцена<sup>2</sup>**

доктор биологических наук

**Сергей Анатольевич Родин<sup>3</sup>**

доктор сельскохозяйственных наук, академик РАН

**Ирина Борисовна Кузнецова<sup>4</sup>**

кандидат сельскохозяйственных наук

**Денис Николаевич Клевцов<sup>5</sup>**

кандидат сельскохозяйственных наук

**Аннотация.** Приведены результаты исследований по культивированию *in vitro* брусники обыкновенной (*Vaccinium vitis-idaea* L.) сортов Костромская розовая, Костромичка и Koralle с использованием питательной среды Андерсона (AN), в том числе в вариантах с разбавленным в 2 и 4 раза минеральным составом. В качестве росторегулирующих веществ использовали цитокинин 2-*iP* в концентрациях 1,0 и 2,0 мг/л, ауксины ИМК и ИУК в концентрациях 1,0 и 2,0 мг/л; в качестве стимуляторов роста – растворы препаратов Циркон в концентрации 0,5 мл/л и НВ-101 в концентрации 0,1 мл/л.

В результате исследований получены следующие данные. На этапе «собственно микроразмножение» максимальная суммарная длина побегов брусники обыкновенной (8,1–8,4 см) отмечена на питательной среде AN при концентрации цитокинина 2-*iP* 0,2 мг/л и добавлении стимулятора роста НВ-101 0,1 мл/л.

На этапе «укоренение микропобегов» максимальная суммарная длина корней брусники обыкновенной *in vitro* (9,6–10,8 см) зафиксирована при концентрации в питательной среде ауксина ИУК 2,0 мг/л и добавки препарата НВ-101 в концентрации 0,1 мл/л. Добавление в питательную среду стимулятора роста НВ-101 в концентрации 0,1 мл/л способствовало увеличению (в 1,4–1,6 раза) суммарной длины микропобегов и корней брусники.

**Ключевые слова:** брусника обыкновенная, лесные ягодные растения, микроклональное размножение, *in vitro*, органогенез, ризогенез, ростостимулирующие вещества.

**Для цитирования:** Чудецкий А.И., Заушинцена А.В., Родин С.А., Кузнецова И.Б., Клевцов Д.Н. Использование современных ростостимулирующих экопрепаратов при микроклональном размножении брусники обыкновенной (*Vaccinium vitis-idaea* L.) // Лесохозяйственная информация. 2022. № 2. С. 56–66. DOI 10.24419/LHI.2304-3083.2022.2.05

<sup>1</sup> Центральная-европейская лесная опытная станция, филиал Всероссийского научно-исследовательского института лесоводства и механизации лесного хозяйства, ведущий инженер (Кострома, Российская Федерация), a.chudetsky@mail.ru

<sup>2</sup> Кемеровский государственный университет, профессор (Кемерово, Российская Федерация), alexaz58@yandex.ru

<sup>3</sup> Всероссийский научно-исследовательский институт лесоводства и механизации лесного хозяйства, заместитель директора по научной работе (Пушкино, Московская обл., Российская Федерация), info@vniilm.ru

<sup>4</sup> Костромская государственная сельскохозяйственная академия, доцент (Кострома, Российская Федерация), sonneriser@yandex.ru

<sup>5</sup> Северный (Арктический) федеральный университет имени М.В. Ломоносова, доцент (Архангельск, Российская Федерация), d.klevtsov@narfu.ru

Original article

DOI 10.24419/LHI.2304-3083.2022.2.05

## The Use of Modern Growth-Promoting Eco-Preparations for Microclonal Propagation of Lingonberry (*Vaccinium vitis-idaea* L.)

**Anton I. Chudetsky**<sup>1</sup>

**Alexandra V. Zaushintsena**<sup>2</sup>

*Doctor of Biological Sciences*

**Sergey A. Rodin**<sup>3</sup>

*Doctor of Agricultural Sciences, Academician of the Russian Academy of Sciences*

**Irina B. Kuznetsova**<sup>4</sup>

*Candidate of Agricultural Sciences*

**Denis N. Klevtsov**<sup>5</sup>

*Candidate of Agricultural Sciences*

**Abstract.** The results of studies on the cultivation of lingonberry (*Vaccinium vitis-idaea* L.) of Kostromskaya rozovaya, Kostromichka and Koralle cultivars in vitro using Anderson's nutrient medium with various dilutions of the mineral composition. Growth-regulating substances are 2-iP cytokinin at concentrations of 1.0–2.0 mg/l, IBA and IAA auxins at concentrations of 1.0–2.0 mg/l; growth stimulants are solutions of preparations Zircon at a concentration of 0.5 ml/l and HB-101 at a concentration of 0.1 ml/l. The maximum total length of lingonberry shoots (8.1–8.4 cm) at the “actual micropropagation” stage is noted on AN nutrient medium at a cytokinin 2-iP concentration of 0.2 mg/l and the addition of growth stimulator HB-101 0.1 ml/l. The maximum total length of lingonberry roots in vitro (9.6–10.8 cm) at the “rooting of microshoots” stage is noted at a concentration of auxin IAA in the nutrient medium of 2.0 mg/l and the addition of HB-101 at a concentration of 0.1 ml/l. The addition of the growth stimulator HB-101 at a concentration of 0.1 ml/l to the nutrient medium contributed to an increase (by 1.4–1.6 times) in the total length of lingonberry microshoots and roots compared to the control.

**Keywords:** lingonberry, forest berry plants, clonal micropropagation, in vitro, organogenesis, rhizogenesis, growth stimulating substances.

**For citation:** Chudetsky A., Zaushintsena A., Rodin S., Kuznetsova I., Klevtsov D. The Use of Modern Growth-Promoting Eco-Preparations for Microclonal Propagation of Lingonberry (*Vaccinium vitis-idaea* L.) // Forestry information. 2022. № 2. P. 56–66. DOI 10.24419/LHI.2304-3083.2022.2.05

<sup>1</sup> Central European Forestry Experimental Station, Branch of the Russian Research Institute of Silviculture and Mechanization of Forestry, Leading Engineer (Kostroma, Russian Federation), a.chudetsky@mail.ru

<sup>2</sup> Kemerovo State University, Professor (Kemerovo, Russian Federation), alexaz58@yandex.ru

<sup>3</sup> Russian Research Institute of Silviculture and Mechanization of Forestry, Deputy Director for Research (Pushkino, Moscow Oblast, Russian Federation), info@vniilm.ru

<sup>4</sup> Kostroma State Agricultural Academy, Associate Professor (Kostroma, Russian Federation), sonnereiser@yandex.ru

<sup>5</sup> Northern (Arctic) Federal University named after M.V. Lomonosov, Associate Professor, (Arkhangelsk, Russian Federation), d.klevtsov@narfu.ru

**В**о всем мире возрастает спрос на продукцию лесных ягодных растений, обладающих высокой пищевой и лекарственной ценностью. Однако в связи с повышением антропогенной нагрузки на экосистемы и ухудшением экологической обстановки в мире в настоящее время наблюдается тенденция интенсивного сокращения естественных запасов ягодников. Выращивание и переработка хозяйственно ценных лесных ягодных растений приобретают еще большую актуальность при организации многоцелевого, рационального и неистощительного использования лесов [1].

На торфяных залежах верхового и переходного типов до их разработки нередко произрастают дикорастущие ягодники, ценные в пищевом и лекарственном отношении (брусника, клюква, голубика и др.) [2–4]. Для центральной зоны европейской части России (преимущественно в Нечерноземье) решение проблемы рекультивации земель, вышедших из-под торфодобычи, и дальнейшего их использования имеет важное природоохранное и народнохозяйственное значение. В России, а также в странах ближнего и дальнего зарубежья имеется опыт создания плантаций хозяйственно ценных лесных ягодных растений на выработанных торфяниках, который, помимо целей рекультивации, в значительной мере будет способствовать восстановлению запасов ягодников [5, 6].

С 1980-х гг. сотрудники Костромской лесной опытной станции ВНИИЛМ проводили исследования по культивированию брусники на выработанных торфяных месторождениях, доказавшие перспективность работ в данном направлении. Однако большинство сортов брусники зарубежной селекции по ряду важнейших признаков не подходит для выращивания в условиях таежной зоны европейской части России. В связи с этим возникла необходимость создания высокопродуктивных гибридов и сортов брусники, соответствующих природно-климатическим условиям региона, в которых их выращивают. По итогам многолетней работы в 1990-е гг. были выведены три первых российских сорта брусники обыкновенной (*Vaccinium vitis-idaea* L.) – Костромская розовая, Костромичка и Рубин [6, 7].

Для получения большого количества высококачественного и оздоровленного сортового посадочного материала лесных ягодных растений при создании плантаций в короткие сроки целесообразно использовать метод микроклонального размножения [8–10]. Выращиванием брусники в культуре *in vitro* в течение нескольких десятилетий занимались многие ученые в мире, в том числе на территории России и стран СНГ. Однако в настоящее время технологии микроклонирования зимостойких и крупноплодных российских сортов, адаптированных к условиям выращивания, нуждаются в совершенствовании. При этом для экономии затрат на компоненты минеральной основы питательной среды, регуляторы роста, адаптогены и т.д., ввиду их высокой себестоимости, и с целью повышения эффективности размножения целесообразно применять ростостимулирующие препараты универсального назначения. Сейчас разработан ряд современных экопрепаратов, эффективно выполняющих свои функции на разных этапах микроклонального размножения.

Цель исследований – изучить влияние состава питательной среды Андерсона и современных экопрепаратов на процессы образования микропобегов и корней брусники обыкновенной *in vitro*.

## Объекты и методика исследований

Исследования по микроклональному размножению растений проводили в 2019–2021 гг. на базе Центрально-европейской лесной опытной станции ВНИИЛМ по общепринятым методикам [10]. В качестве объектов исследования использовали растения-регенеранты брусники обыкновенной сортов российской (Костромская розовая, Костромичка) и зарубежной (Koralle) селекции. Растения-регенеранты брусники культивировали на питательной среде Андерсона (AN) [11], в том числе в вариантах с уменьшенным в 2 (AN 1/2) и 4 (AN 1/4) раза содержанием микро- и макросолей, в условиях световой комнаты при фотопериоде 16 ч света и 8 ч темноты, температуре 23...25 °С, влажности 75–80 %.

В качестве росторегулирующих веществ на этапе «собственно микроразмножение» использовали 2-изопенталаденин (2-иР) в концентрациях 1,0 и 2,0 мг/л, на этапе укоренения микропобегов – индолилмасляную (ИМК) и индолилуксусную (ИУК) кислоты в концентрациях 1,0 и 2,0 мг/л. На обоих этапах микроклонального размножения добавляли ростостимулирующие экопрепараты – Циркон в концентрации 0,5 мг/л и НВ-101 в концентрации 0,1 мг/л.

Циркон (действующее вещество – смесь гидрокоричных кислот) – многофункциональный экологически безопасный биостимулятор негормонального происхождения (из экстракта эхинацеи пурпурной), регулирующий и ускоряющий процессы цветения, роста, корнеобразования и плодоношения растений. Использование препарата способствует более быстрому созреванию плодов, повышению их сохранности, количества, урожайности (примерно на 50 %) [12].

НВ-101 – разработанный в Японии экологически чистый, нетоксичный стимулятор роста и активатор иммунной системы для культивирования всех видов растений на основе экстракта из хвои гималайского кедра, кипариса, сосны, коры платана и листьев подорожника. Препарат также является многокомпонентным микроудобрением и регулятором физиологических процессов в тканях растений, не нуждается в специальных условиях хранения и имеет неограниченный срок годности. Препарат способствует улучшению цвета и формы листьев и плодов, повышению их питательной ценности, вкусовых качеств и содержания сахаров и витамина С, а также значительному увеличению урожайности и сохранности урожая [13].

В качестве контрольного использовали вариант без добавления ростостимулирующих препаратов. Повторность опыта – 10-кратная, по 30 растений в каждой.

Для статистической обработки экспериментальных данных использовали программы Microsoft Office Excel 2016 и AGROS v.2.11. Оценку достоверности результатов проводили с помощью наименьшей существенной разности на 5 %-м уровне значимости ( $HCP_{05}$ ) [14].

Применяли трехфакторный дисперсионный анализ, где: фактор А – состав питательной среды; фактор В – концентрация росторегулирующего вещества (цитокинина или ауксина); С – добавление экопрепарата.

## Результаты и обсуждение

В ходе проведенных исследований выявлено, что на этапе «собственно микроразмножение» количество микропобегов у растений-регенерантов брусники обыкновенной на питательной среде AN было незначительно больше, чем на средах AN 1/2 и AN 1/4, и варьировало у исследуемых сортов при концентрации 2-иР 2,0 мг/л от 3,3 до 3,9 шт., при концентрации 1,0 мг/л – от 2,2 до 2,6 шт. (табл. 1). Повышение концентрации цитокинина 2-иР от 1,0 до 2,0 мг/л на питательной среде AN способствовало существенному увеличению количества микропобегов только у сортов Костромичка (в среднем от 2,6 до 3,8 шт.) и Koralle (от 2,2 до 3,9 шт.). У растений-регенерантов сорта Костромская розовая на всех питательных средах различия по этому показателю были статистически незначимы.

Количество микропобегов у исследуемых сортов брусники обыкновенной в вариантах с добавлением в питательные среды препаратов НВ-101 в концентрации 0,1 мг/л и Циркон в концентрации 0,5 мг/л было незначительно больше, чем в контроле, и составляло в среднем 3,0–3,3 шт. и 2,7–2,9 шт. соответственно.

Средняя длина микропобегов брусники обыкновенной *in vitro* не имела статистически значимых различий в зависимости от состава питательной среды и концентрации цитокинина 2-иР (в среднем – от 1,2 до 2,7 см), а также от добавления в питательную среду стимуляторов роста: в контрольном варианте показатель составлял в среднем 1,4–1,7 см; при добавлении Циркона 0,5 мг/л – 1,6–2,0 см; при добавлении НВ-101 0,1 мг/л – 1,7–2,1 см.

Суммарная длина микропобегов брусники обыкновенной *in vitro* была значительно больше в вариантах с питательной средой AN и варьировала у исследуемых сортов в среднем

**Таблица 1.** Количество микропобегов брусники обыкновенной *in vitro* в зависимости от питательной среды, концентрации цитокинина 2-IP и добавления стимуляторов роста

Питательная среда	Концентрация 2-IP, мг/л	Количество побегов, шт.			
		Контроль	Циркон 0,5 мл/л	НВ-101 0,1 мл/л	Среднее
<b>Костромская розовая</b>					
AN	1,0	2,3	2,5	2,8	2,5
	2,0	3,0	3,3	3,5	3,3
AN 1/2	1,0	2,0	2,6	3,2	2,6
	2,0	2,9	3,0	3,6	3,2
AN 1/4	1,0	1,7	2,2	3,0	2,3
	2,0	2,1	2,5	2,9	2,5
Среднее		2,3	2,7	3,2	-
НСР <sub>05</sub> фактор А = 1,67, фактор В = 1,08, фактор С = 1,02, общ. = 1,98					
<b>Костромичка</b>					
AN	1,0	2,5	2,6	2,6	2,6
	2,0	3,4	3,8	4,1	3,8
AN 1/2	1,0	2,1	2,5	3,0	2,5
	2,0	3,1	3,4	3,8	3,4
AN 1/4	1,0	1,8	2,3	2,9	2,3
	2,0	2,3	2,9	3,2	2,8
Среднее		2,5	2,9	3,3	-
НСР <sub>05</sub> фактор А = 1,86, фактор В = 1,15, фактор С = 1,79, общ. = 1,90					
<b>Koralle</b>					
AN	1,0	2,2	2,3	2,0	2,2
	2,0	3,4	3,9	4,5	3,9
AN 1/2	1,0	1,8	2,0	2,2	2,0
	2,0	2,8	3,3	3,6	3,2
AN 1/4	1,0	1,5	2,2	2,7	2,1
	2,0	1,9	2,4	2,8	2,4
Среднее		2,3	2,7	3,0	-
НСР <sub>05</sub> фактор А = 1,74, фактор В = 1,28, фактор С = 1,52, общ. = 1,82					

при концентрации 2-IP 2,0 мг/л от 6,8 до 7,4 см, при концентрации 1,0 мг/л – от 5,1 до 6,8 см (табл. 2).

При одинаковых концентрациях цитокинина 2-IP в питательных средах существенных различий по суммарной длине микропобегов брусники не выявлено (рисунок).

Добавление в питательные среды стимулятора роста НВ-101 в концентрации 0,1 мл/л способствовало существенному увеличению (в 1,4–1,6 раза) суммарной длины микропобегов брусники по сравнению с контрольным

вариантом. Наибольших значений (8,1–8,4 см) этот показатель достигал на питательной среде AN при концентрации цитокинина 2-IP 2,0 мг/л и добавлении стимулятора роста НВ-101 0,1 мл/л.

На этапе «укоренение микропобегов» исследования продолжали на среде AN. При этом максимальное количество корней брусники обыкновенной *in vitro* отмечалось в вариантах с ауксином ИУК в концентрации 2,0 мг/л и варьировало у исследуемых сортов от 1,9 до 2,7 шт., в то время как при концентрации 1,0 мг/л – от 1,1 до 1,6 шт. (табл. 3).

**ТАБЛИЦА 2. СУММАРНАЯ ДЛИНА МИКРОПОБЕГОВ БРУСНИКИ ОБЫКНОВЕННОЙ *IN VITRO* В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ПИТАТЕЛЬНОЙ СРЕДЫ, КОНЦЕНТРАЦИИ ЦИТОКИНИНА 2-IP И ДОБАВЛЕНИЯ СТИМУЛЯТОРОВ РОСТА**

ПИТАТЕЛЬНАЯ СРЕДА	КОНЦЕНТРАЦИЯ 2-IP, мг/л	СУММАРНАЯ ДЛИНА ПОБЕГОВ, см			
		КОНТРОЛЬ	ЦИРКОН 0,5 мл/л	НВ-101 0,1 мл/л	СРЕДНЕЕ
<b>Костромская розовая</b>					
AN	1,0	5,1	7,0	8,4	6,8
	2,0	6,0	7,3	8,4	7,2
AN 1/2	1,0	4,2	6,0	8,0	6,1
	2,0	4,7	4,8	6,1	5,2
AN 1/4	1,0	3,1	3,5	4,5	3,7
	2,0	2,5	3,5	4,9	3,6
Среднее		4,3	5,3	6,7	-
НСР <sub>05</sub> фактор А = 1,47, фактор В = 2,10, фактор С = 1,89, общ. = 3,22					
<b>Костромичка</b>					
AN	1,0	5,8	6,5	7,3	6,5
	2,0	6,8	7,2	8,2	7,4
AN 1/2	1,0	4,2	5,5	7,8	5,8
	2,0	4,7	5,8	6,8	5,8
AN 1/4	1,0	2,7	3,2	4,3	3,4
	2,0	3,0	4,1	4,5	3,9
Среднее		4,5	5,4	6,5	-
НСР <sub>05</sub> фактор А = 1,32, фактор В = 1,96, фактор С = 1,74, общ. = 3,12					
<b>Koralle</b>					
AN	1,0	4,4	5,5	5,4	5,1
	2,0	5,4	7,0	8,1	6,8
AN 1/2	1,0	2,7	3,2	3,1	3,0
	2,0	3,6	4,6	5,8	4,6
AN 1/4	1,0	1,8	3,3	4,1	3,1
	2,0	1,9	2,9	3,6	2,8
Среднее		3,3	4,4	5,0	-
НСР <sub>05</sub> фактор А = 1,10, фактор В = 1,87, фактор С = 1,69, общ. = 2,96					

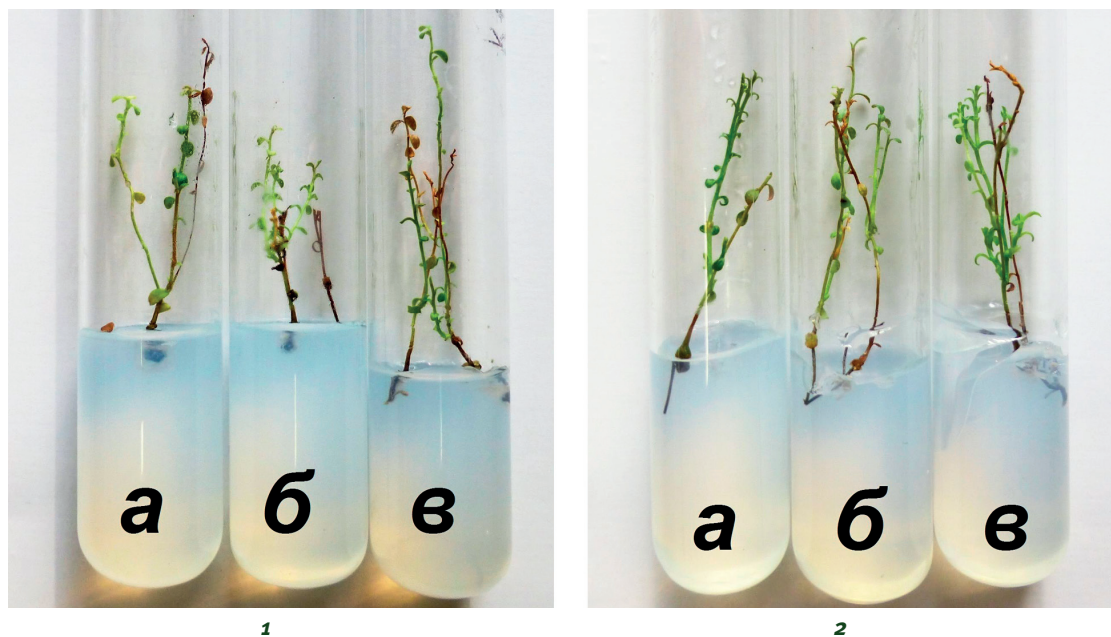
При добавлении в питательную среду AN стимуляторов роста количество корней брусники обыкновенной незначительно увеличилось по сравнению с контролем и составило у исследуемых сортов в среднем: в вариантах с препаратом Циркон 0,5 мл/л – 1,6–1,7 шт., с препаратом НВ-101 0,1 мл/л – 1,8–1,9 шт.

Средняя длина корней брусники обыкновенной *in vitro* была существенно больше при использовании ауксина ИУК в концентрации 2,0 мг/л и составляла в среднем у сортов: Костромская розовая – 3,4 см, Костромичка – 3,2 см, Koralle – 2,8 см.

В вариантах с добавлением в питательную среду AN стимуляторов роста средняя длина корней незначительно превышала контроль (табл. 4).

Суммарная длина корней брусники обыкновенной *in vitro* была существенно больше в вариантах с ауксином ИУК в концентрации 2,0 мг/л и достигала в среднем у сортов: Костромская розовая – 8,3 см, Костромичка – 8,2 см, Koralle – 7,6 см (табл. 5).

Наличие в питательной среде AN препарата НВ-101 в концентрации 0,1 мл/л способствовало существенному увеличению суммарной длины



РАСТЕНИЯ-РЕГЕНЕРАНТЫ БРУСНИКИ ОБЫКНОВЕННОЙ *IN VITRO* С ДОБАВЛЕНИЕМ 2-IP В КОНЦЕНТРАЦИЯХ 1,0 мг/л (1) и 2,0 мг/л (2) НА ПИТАТЕЛЬНЫХ СРЕДАХ:  
а – AN; б – AN 1/2; в – AN 1/4

**Таблица 3.** Количество корней брусники обыкновенной *IN VITRO* на питательной среде AN в зависимости концентрации ауксинов и добавления стимуляторов роста

Ауксин	Концентрация ауксина, мг/л	Количество корней, шт.			
		Контроль	Циркон 0,5 мл/л	НВ-101 0,1 мл/л	Среднее
<i>Костромская розовая</i>					
ИМК	1,0	1,3	1,6	1,8	1,6
	2,0	1,1	1,4	1,4	1,3
ИУК	1,0	1,0	1,2	1,3	1,2
	2,0	2,0	2,4	2,7	2,4
Среднее		1,3	1,6	1,8	-
НСР <sub>05</sub> фактор А = 1,32, фактор В = 1,18, фактор С = 1,24, общ. = 1,85					
<i>Костромичка</i>					
ИМК	1,0	1,2	1,4	1,3	1,3
	2,0	1,3	1,5	1,4	1,4
ИУК	1,0	1,2	1,5	1,7	1,1
	2,0	2,3	2,5	2,8	1,9
Среднее		1,5	1,7	1,8	-
НСР <sub>05</sub> фактор А = 1,40, фактор В = 1,21, фактор С = 1,17, общ. = 1,39					
<i>Koralle</i>					
ИМК	1,0	1,3	1,4	1,5	1,4
	2,0	1,5	1,3	1,2	1,3
ИУК	1,0	1,4	1,6	1,7	1,6
	2,0	2,4	2,6	3,0	2,7
Среднее		1,6	1,7	1,9	-
НСР <sub>05</sub> фактор А = 1,62, фактор В = 1,34, фактор С = 1,27, общ. = 1,72					

**ТАБЛИЦА 4.** Средняя длина корней брусники обыкновенной *IN VITRO* НА ПИТАТЕЛЬНОЙ СРЕДЕ AN  
В ЗАВИСИМОСТИ КОНЦЕНТРАЦИИ АУКСИНОВ И ДОБАВЛЕНИЯ СТИМУЛЯТОРОВ РОСТА

АУКСИН	КОНЦЕНТРАЦИЯ АУКСИНА, МГ/Л	СРЕДНЯЯ ДЛИНА КОРНЕЙ, СМ			
		КОНТРОЛЬ	ЦИРКОН 0,5 МЛ/Л	НВ-101 0,1 МЛ/Л	СРЕДНЕЕ
<i>Костромская розовая</i>					
ИМК	1,0	1,0	1,1	0,8	1,0
	2,0	1,5	1,4	1,5	1,5
ИУК	1,0	1,4	1,6	1,5	1,5
	2,0	2,8	3,5	4,0	3,4
Среднее		1,7	1,9	2,0	-
НСР <sub>05</sub> фактор А = 1,72, фактор В = 1,54, фактор С = 1,60, общ. = 1,80					
<i>Костромичка</i>					
ИМК	1,0	1,1	1,3	1,2	1,2
	2,0	1,7	1,8	1,6	1,7
ИУК	1,0	1,3	1,5	1,7	1,5
	2,0	2,5	3,3	3,8	3,2
Среднее		1,6	2,0	2,1	-
НСР <sub>05</sub> фактор А = 1,81 фактор В = 1,52, фактор С = 1,64, общ. = 1,94					
<i>Koralle</i>					
ИМК	1,0	1,0	1,2	1,4	1,2
	2,0	1,5	1,3	1,6	1,5
ИУК	1,0	1,2	1,4	1,5	1,4
	2,0	2,4	2,9	3,2	2,8
Среднее		1,5	1,7	1,9	-
НСР <sub>05</sub> фактор А = 1,69, фактор В = 1,45, фактор С = 1,34, общ. = 1,79					

**ТАБЛИЦА 5.** Суммарная длина корней брусники обыкновенной *IN VITRO* НА ПИТАТЕЛЬНОЙ СРЕДЕ AN  
В ЗАВИСИМОСТИ КОНЦЕНТРАЦИИ АУКСИНОВ И ДОБАВЛЕНИЯ СТИМУЛЯТОРОВ РОСТА

АУКСИН	КОНЦЕНТРАЦИЯ АУКСИНА, МГ/Л	СУММАРНАЯ ДЛИНА КОРНЕЙ, СМ			
		КОНТРОЛЬ	ЦИРКОН 0,5 МЛ/Л	НВ-101 0,1 МЛ/Л	СРЕДНЕЕ
<i>Костромская розовая</i>					
ИМК	1,0	1,3	1,8	1,4	1,5
	2,0	1,7	2,0	2,1	1,9
ИУК	1,0	1,4	1,9	1,9	1,7
	2,0	5,7	8,4	10,8	8,3
Среднее		2,5	3,5	4,1	-
НСР <sub>05</sub> фактор А = 1,74, фактор В = 1,33, фактор С = 1,10, общ. = 2,96					
<i>Костромичка</i>					
ИМК	1,0	1,4	1,8	1,6	1,6
	2,0	2,3	2,7	2,2	2,4
ИУК	1,0	1,6	2,3	2,9	2,3
	2,0	5,8	8,2	10,6	8,2
Среднее		2,8	3,7	4,3	-
НСР <sub>05</sub> фактор А = 1,61, фактор В = 1,28, фактор С = 1,03, общ. = 2,92					



АУКСИН	КОНЦЕНТРАЦИЯ АУКСИНА, МГ/Л	СУММАРНАЯ ДЛИНА КОРНЕЙ, СМ			
		КОНТРОЛЬ	ЦИРКОН 0,5 МЛ/Л	НВ-101 0,1 МЛ/Л	СРЕДНЕЕ
<i>Koralle</i>					
ИМК	1,0	1,3	1,7	2,1	1,7
	2,0	2,4	1,7	1,9	2,0
ИУК	1,0	1,7	2,2	2,5	2,1
	2,0	5,8	7,5	9,6	7,6
Среднее		2,8	3,3	4,0	-
НСР <sub>05</sub> фактор А = 1,75, фактор В = 1,44, фактор С = 1,08, общ. = 2,76					

корней брусники обыкновенной исследуемых сортов (до 4,0–4,3 см) по сравнению с контролем (2,5–2,8 см). При этом наибольших значений суммарная длина корней достигала при концентрации в питательной среде ауксина ИУК 2,0 мг/л с добавлением препарата НВ-101 в концентрации 0,1 мл/л (см. табл. 5). Существенных различий в суммарной длине корней растений между сортами не выявлено.

Можно предположить, что увеличение количества и длины микропобегов и корней брусники обыкновенной *in vitro* обусловлено тем, что действующие вещества, входящие в состав препаратов Циркон и НВ-101, усиливают действие цитокининов и ауксинов на разных этапах микроклонального размножения. Таким образом, совместное применение этих препаратов с росторегулирующими веществами цитокининовой и ауксиновой групп является элементом совершенствования технологии микроклонирования брусники.

## Выводы

В результате исследований установлено, что на этапе «собственно микроразмножение»

в вариантах с питательной средой AN суммарная длина микропобегов брусники обыкновенной *in vitro* была больше, чем в вариантах с AN 1/2 и AN 1/4. Зафиксировано положительное влияние стимулятора роста НВ-101 в концентрации 0,1 мл/л на суммарную длину микропобегов брусники обыкновенной. Максимальная суммарная длина побегов брусники обыкновенной отмечена на питательной среде AN при совместном применении цитокинина 2-*iP* в концентрации 0,2 мг/л и стимулятора роста НВ-101 в концентрации 0,1 мл/л.

На этапе «укоренение микропобегов» суммарная длина корней брусники обыкновенной *in vitro* на питательной среде AN была существенно больше в вариантах с ауксином ИУК в концентрации 2,0 мг/л, а также при наличии в питательной среде препарата НВ-101 в концентрации 0,1 мл/л. При их совместном применении суммарная длина побегов достигала максимальных значений. Полученные результаты указывают на эффективность использования НВ-101 на различных этапах микроклонального размножения брусники обыкновенной зимостойких и крупноплодных сортов российской селекции.

## Список источников

1. Проблемы использования и воспроизводства фитогенных пищевых и лекарственных ресурсов леса на землях лесного фонда Костромской области / С.С. Макаров, Е.С. Багаев, С.Ю. Цареградская, И.Б. Кузнецова // Лесной журнал. – 2019. – № 6. – С. 118–131.
2. Торф, торфяные почвы, удобрения / Н.Г. Ковалев, А.И. Поздняков, Д.А. Мусекаев, Л.А. Позднякова. – М., 1998. – 240 с.
3. Торфяные болота России: к анализу отраслевой информации. – М. : Геос, 2001. – 190 с.
4. Выработанные торфяные месторождения, их характеристика и функционирование / Л.И. Инишева, В.Е. Аристархова, Е.В. Порохина, А.Ф. Боровкова. – Томск : изд-во ТГПУ, 2007. – 185 с.
5. Основные направления действий по сохранению и рациональному использованию торфяных болот России. – М., 2003. – 24 с.
6. Тяк, Г.В. Создание на выработанных торфяниках посадок лесных ягодных растений как метод их биологической рекультивации / Г.В. Тяк, Л.Е. Курлович // Проблемы рационального использования природных ресурсов и устойчивое развитие Полесья : сб. докл. Междунар. науч. конф. (Минск, 14–17 сентября 2016 г.). – Минск : Белорусская наука, 2016. – Т. 2. – С. 351–353.
7. Тяк, Г.В. Опыт выращивания брусники в условиях Костромской области / Г.В. Тяк, А.Ф. Черкасов, С.А. Алтухова // Вопросы использования и восстановления древесных и недревесных ресурсов леса южной тайги. – М. : ВНИИЛМ, 1998. – С. 50–63.
8. Бутенко, Р.Г. Биология клеток высших растений *in vitro* и биотехнологии на их основе / Р.Г. Бутенко. – М. : ФБК-Пресс, 1999. – 160 с.
9. Сельскохозяйственная биотехнология и биоинженерия : учеб. ; изд. 4-е, перераб. и доп. / под. ред. В.С. Шевелухи. — М. : URSS, 2015. – 715 с.
10. Калашникова, Е.А. Клеточная инженерия растений : учеб. и практикум для вузов / Е.А. Калашникова. – М. : Юрайт, 2020. – 333 с.
11. Anderson, W.C. Propagation of Rhododendrons by Tissue Culture. 1. Development of a Culture Medium for Multiplication of Shoots / W.C. Anderson // Proc. Int. Plant Prop. Soc. – 1975. – Vol. 25. – P. 129–135.
12. Государственный каталог пестицидов и агрохимикатов, разрешенных к применению на территории Российской Федерации (по сост. на 08.02.2021 г.). – М., 2021. – 803 с.
13. Доспехов, Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований) : учеб. – изд. 6-е / Б.А. Доспехов. – М. : Альянс, 2011. – 350 с.

## References

1. Problemy ispol'zovaniya i vosproizvodstva fitogennyh pishchevyh i lekarstvennyh resursov lesa na zemlyah lesnogo fonda Kostromskoj oblasti / S.S. Makarov, E.S. Bagaev, S.Yu. Caregradskaya, I.B. Kuznecova // Lesnoj zhurnal. – 2019. – № 6. – S. 118–131.
2. Torf, torfyanye pochvy, udobreniya / N.G. Kovalev, A.I. Pozdnyakov, D.A. Musekaev, L.A. Pozdnyakova. – M., 1998. – 240 s.
3. Torfyanye bolota Rossii: k analizu otraslevoj informacii. – M. : Geos, 2001. – 190 s.
4. Vyrobotannye torfyanye mestorozhdeniya, ih harakteristika i funkcionirovanie / L.I. Inisheva, V.E. Aristarhova, E.V. Porohina, A.F. Borovkova. – Tomsk : izd-vo TGPU, 2007. – 185 s.
5. Osnovnye napravleniya dejstvij po sohraneniyu i racional'nomu ispol'zovaniyu torfyanyh bolot Rossii. – M., 2003. – 24 s.

6. Tyak, G.V. Sozdanie na vyrabotannyh torfyanikah posadok lesnyh yagodnyh rastenij kak metod ih biologicheskoy rekul'tivacii / G.V. Tyak, L.E. Kurlovich // Problemy racional'nogo ispol'zovaniya prirodnyh resursov i ustojchivoje razvitie Poles'ya : sb. dokl. Mezhdunar. nauch. konf. (Minsk, 14–17 sentyabrya 2016 g.). – Minsk : Beloruskaya navuka, 2016. – T. 2. – S. 351–353.
7. Tyak, G.V. Opyt vyrashchivaniya brusniki v usloviyah Kostromskoj oblasti / G.V. Tyak, A.F. Cherkasov, S.A. Altuhova // Voprosy ispol'zovaniya i vosstanovleniya drevesnyh i nedrevesnyh resursov lesa yuzhnoj tajgi. – M. : VNIILM, 1998. – S. 50–63.
8. Butenko, R.G. Biologiya kletok vysshih rastenij *in vitro* i biotekhnologii na ih osnove / R.G. Butenko. – M. : FBK-Press, 1999. – 160 s.
9. Sel'skohozyajstvennaya biotekhnologiya i bioinzhenneriya : ucheb. ; izd. 4-e, pererab. i dop. / pod. red. V.S. Sheveluhi. — M. : URSS, 2015. – 715 s.
10. Kalashnikova, E.A. Kletochnaya inzheneriya rastenij : ucheb. i praktikum dlya vuzov / E.A. Kalashnikova. – M. : Yurajt, 2020. – 333 s.
11. Anderson, W.C. Propagation of Rhododendrons by Tissue Culture. 1. Development of a Culture Medium for Multiplication of Shoots / W.C. Anderson // Proc. Int. Plant Prop. Soc. – 1975. – Vol. 25. – P. 129–135.
12. Gosudarstvennyj katalog pesticidov i agrohimikatov, razreshennyh k primeneniyu na territorii Rossijskoj Federacii (po sost. na 08.02.2021 g.). – M., 2021. – 803 s.
13. Dospikhov, B.A. Metodika polevogo opyta (s osnovami statisticheskoy obrabotki rezul'tatov issledovanij) : ucheb. – izd. 6-e / B.A. Dospikhov. – M. : Al'yans, 2011. – 350 s.