

Научная статья/Research Article

УДК 634.739.2:631.589.2

DOI: 10.36718/1819-4036-2023-11-104-112

Сергей Сергеевич Макаров^{1✉}, Зоя Анатольевна Самойленко²,
Татьяна Анатольевна Макарова³, Ирина Борисовна Кузнецова⁴,
Антон Игоревич Чудецкий⁵, Андрей Николаевич Кульчицкий⁶

^{1,5}Российский государственный аграрный университет – Московская сельскохозяйственная академия имени К.А. Тимирязева, Москва, Россия

^{1,6}Северный (Арктический) федеральный университет имени М.В. Ломоносова, Архангельск, Россия

^{2,3}Сургутский государственный университет, Сургут, Ханты-Мансийский АО – Югра, Россия

⁴Костромская государственная сельскохозяйственная академия, п. Каравеево, Костромская область, Россия

¹makarov_serg44@mail.ru

²zoyasl@yandex.ru

³tatiana.makarowa2010@yandex.ru

⁴sonnereiser@yandex.ru

⁵chudetski@rgau-msha.ru

⁶5060637@mail.ru

АДАПТАЦИЯ КЛЮКВЫ КРУПНОПЛОДНОЙ (*VACCINIUM MACROCARPON* AIT.) К УСЛОВИЯМ *EX VITRO* С ПРИМЕНЕНИЕМ ГИДРОПОННОГО МЕТОДА

Цель исследования – изучение особенностей адаптации растений *V. macrocarpon* сортов зарубежной и российской селекции, полученных методом *in vitro*, к нестерильным условиям с использованием торфяного субстрата и с применением гидропонной установки. Исследования проводили на базе САФУ им. М.В. Ломоносова и Сургутского государственного университета с использованием общепринятых методик в 2021–2023 гг. Объекты исследования – растения *V. macrocarpon* сортов североамериканской (*Ben Lear*, *Piligrim*) и российской (Мерянка, Славянка) селекции, полученные методом микроклонального размножения. Адаптацию растений-регенерантов проводили в гидропонной установке вертикального типа ABS (производство – ООО «Активные биологические системы», Россия) в режиме периодического затопления. Через 7, 14, 20, 30, 50 и 70 сут после пересадки систематически проводили учет приживаемости и морфометрических показателей роста растений (число и длина побегов, число листьев, число и длина корней). Опыты закладывались в 3-кратной повторности по 100 растений-регенерантов в каждой. Максимальная приживаемость растений-регенерантов *V. macrocarpon* при адаптации с использованием гидропонной установки (100 %) отмечена на 50–70-е сут выращивания, на торфяном субстрате (75–80 %) – на 70-е сут. Максимальные значения морфометрических показателей растений *V. macrocarpon* на 70-е сут выращивания отмечены при использовании гидропонной установки (число побегов – в среднем 4,1–5,1 шт.; длина побегов – 24,9–30,2 см; число листьев – 84,0–95,4 шт.; число корней – 20,4–25,6 шт.; длина корней – 21,3–26,1 см), тогда как при адаптации на торфяном субстрате длина побегов была меньше в среднем в 1,9–4,2 раза, число листьев – в 1,2–1,7 раза. Сорта российской селекции имели преимущества по числу побегов, числу и длине корней по сравнению с североамериканскими сортами.

Ключевые слова: клюква крупноплодная, микроклональное размножение, сорт, адаптация, *ex vitro*, субстрат, торф, гидропоника, приживаемость

Для цитирования: Адаптация клюквы крупноплодной (*Vaccinium macrocarpon* Ait.) к условиям *ex vitro* с применением гидропонного метода / С.С. Макаров [и др.] // Вестник КрасГАУ. 2023. № 11. С. 104–112. DOI: 10.36718/1819-4036-2023-11-104-112.

Благодарности: работа выполнена за счет средств Программы развития университета в рамках Программы стратегического академического лидерства «Приоритет – 2030» (соглашение № 075-15-2023-220 от 16.02.2023).

Sergei Sergeevich Makarov^{1✉}, **Zoya Anatolyevna Samoilenko**², **Tatyana Anatolyevna Makarova**³, **Irina Borisovna Kuznetsova**⁴, **Anton Igorevich Chudetsky**⁵, **Andrey Nikolaevich Kulchitsky**⁶

^{1,5}Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy, Moscow, Russia

^{1,6}Northern (Arctic) Federal University named after M.V. Lomonosov, Arkhangelsk, Russia

^{2,3}Surgut State University, Surgut, Khanty-Mansi Autonomous Okrug – Yugra, Russia

⁴Kostroma State Agricultural Academy, p. Karavaevo, Kostroma Region, Russia

¹makarov_serg44@mail.ru

²zoyasl@yandex.ru

³tatiana.makarowa2010@yandex.ru

⁴sonnereiser@yandex.ru

⁵chudetski@rgau-msha.ru

⁶5060637@mail.ru

ADAPTATION OF AMERICAN CRANBERRY (*VACCINIUM MACROCARPON* AIT.) TO EX VITRO CONDITIONS USING THE HYDROPONIC METHOD

The purpose of research is to study the characteristics of adaptation of V. macrocarpon plants, varieties of foreign and Russian selection, obtained by the in vitro method, to non-sterile conditions using a peat substrate and using a hydroponic installation. The studies were carried out on the basis of Northern Federal University named after M.V. Lomonosov and Surgut State University using generally accepted methods in 2021–2023. The objects of the study were plants of V. macrocarpon varieties of North American (Ben Lear, Pilgrim) and Russian (Meryanka, Slavyanka) selection, obtained by the method of microclonal propagation. Adaptation of regenerated plants was carried out in a vertical ABS hydroponic installation (manufactured by Active Biological Systems LLC, Russia) in periodic flooding mode. 7, 14, 20, 30, 50 and 70 days after transplantation, the survival rate and morphometric indicators of plant growth (number and length of shoots, number of leaves, number and length of roots) were systematically recorded. The experiments were carried out in 3 replicates with 100 regenerated plants in each. The maximum survival rate of regenerated V. macrocarpon plants when adapted using a hydroponic installation (100 %) was noted on the 50–70th day of cultivation, on a peat substrate (75–80 %) – on the 70th day. The maximum values of morphometric parameters of V. macrocarpon plants on the 70th day of cultivation were noted when using a hydroponic installation (number of shoots – on average 4.1–5.1 pcs.; length of shoots – 24.9–30.2 cm; number of leaves – 84.0–95.4 pcs.; number of roots – 20.4–25.6 pcs.; root length – 21.3–26.1 cm), whereas when adapting to a peat substrate, the length of shoots was shorter on average 1.9–4.2 times, number of leaves – 1.2–1.7 times. Russian varieties had advantages in the number of shoots, number and length of roots compared to North American varieties.

Keywords: large-fruited cranberry, microclonal propagation, variety, adaptation, ex vitro, substrate, peat, hydroponics, survival rate

For citation: Adaptation of american cranberry (*Vaccinium macrocarpon* Ait.) to ex vitro conditions using the hydroponic method / S.S. Makarov [et al.] // Bulliten KrasSAU. 2023;(11): 104–112. (In Russ.). DOI: 10.36718/1819-4036-2023-11-104-112.

Acknowledgments: the work has been carried out at the expenses of the University Development Program within the framework of the Strategic Academic Leadership Program “Priority – 2030” (agreement № 075-15-2023-220 dated February 16, 2023).

Введение. Одним из наиболее распространенных, успешно культивируемых лесных ягодных видов является клюква крупноплодная (*Vaccinium macrocarpon* Ait.), в природных усло-

виях встречающаяся только в северо-восточной части Северной Америки, в зоне хвойных лесов (преимущественно на сфагновых болотах лесной зоны, лесотундры и тундры). Это эндемич-

ный вечнозеленый кустарничек с системой стелющихся (длиной до 1 м и более) и укороченных прямостоячих побегов. Листья овальные или продолговатые, более крупные, чем у клюквы болотной. Цветки белые или бледно-розовые, поникающие. Корни поверхностные, тонкие, с микоризой. Плоды и листья клюквы обладают высокой пищевой и лекарственной ценностью. Плоды содержат большое количество полезных биологически активных соединений. В медицине клюква может применяться при лечении большого ряда различных заболеваний как антисептическое, противовоспалительное, гипотензивное, противочинготное, антисклеротическое, гемостатическое средство [1–6].

В природе *V. macrocarpon* лучше всего растет на открытых и слабо затененных местах, предпочитает очень влажные, кислые, торфянистые почвы. Однако *V. macrocarpon* является менее зимостойкой и более требовательной к теплообеспеченности вегетационного периода, чем распространенная в Европе и России клюква болотная (*V. oxycoccos* L.), но при этом более урожайна, менее подвержена угнетению сорными растениями и больше поддается механизированным способам уборки ягодного урожая. Эффективность культивирования клюквы в условиях выработанных торфяников и на других неиспользуемых землях подтверждается мировым опытом [1, 2, 7, 8].

Культивированием клюквы занимаются в США и Канаде со второй половины XIX в. На сегодняшний день плантации клюквы крупноплодной имеются и в ряде других стран: Чили, Нидерланды, Германия, Польша, Ирландия, Россия, Беларусь, страны Прибалтики. Выращивание высокопродуктивных сортов и гибридов клюквы способствует еще большему повышению урожайности плантаций. Если природно-климатические условия относительно теплых регионов России схожи с североамериканскими, то в северных регионах зарубежные сорта клюквы крупноплодной недостаточно устойчивы для выращивания [8, 9]. В результате многолетней селекционной работы на Центрально-европейской лесной опытной станции ВНИИЛМ были созданы первые отечественные зимостойкие сорта – Мерянка, Славянка, Волжанка.

Для более эффективного и ускоренного получения высококачественного оздоровленного и генетически однородного сортового посадочного

материала ягодных растений в целях промышленного выращивания на плантациях целесообразно использовать метод микроклонального размножения [10]. При этом самым сложным этапом является адаптация растений к нестерильным условиям *ex vitro*. Одним из наиболее эффективных способов адаптации является выращивание с использованием системы гидропоники с применением искусственных субстратов различного происхождения. В числе основных преимуществ этого метода перед традиционными: круглогодичное получение растительного сырья независимо от климатических условий и сезона; возможность управления процессами роста и развития растений в течение всего вегетационного периода; возможность использования готовых долговечных гидропонных систем; отсутствие патогенной микрофлоры и вредителей; использование малых площадей для непрерывного культивирования; тщательный контроль качества готовой продукции и др. [11–13].

Цель исследования – изучение особенностей адаптации растений *V. macrocarpon* сортов зарубежной и российской селекции, полученных методом *in vitro* к нестерильным условиям с использованием торфяного субстрата и применением гидропонной установки.

Объекты и методы. В качестве объектов исследования рассматривали растения *V. Macrocarpon* сортов североамериканской (Ben Lear, Piligrim) и российской (Мерянка, Славянка) селекции, полученные методом микроклонального размножения [14]. Исследования по выращиванию растений в культуре *in vitro* и их адаптации к нестерильным условиям *ex vitro* проводили на базе САФУ им. М.В. Ломоносова и Сургутского государственного университета с использованием общепринятых методик [10, 15] в 2021–2023 гг.

Для адаптации укорененных *in vitro* растений с хорошо развитой корневой системой к нестерильным условиям с применением субстратов их вынимали пинцетом из пробирки и промывали корни в 1 % растворе перманганата калия. Далее растения пересаживали в кассеты (объемом 81,7 см³), заполненные предварительно пропаренным при температуре 90 °С торфом верхового типа. Затем проводили опрыскивание растений водой из пульверизатора, после чего надевали колпачки. При этом субстраты предварительно проливали 5 % раствором перманганата калия и оставляли в темном месте на 7 сут.

Адаптацию растений-регенерантов проводили в гидропонной установке вертикального типа ABS (производство ООО «Активные биологические системы», Россия) в режиме периодического затопления. Гидропонная установка представляет собой стеллаж (2,0 × 1,3 м) с двумя поддонами, крышками с отверстиями для горшочков (диаметром по 6 см), баком для питательного раствора (100 л), насосом, питающими и возвратными шлангами (для транспортировки питательного раствора). Преимущество системы затопления заключается в обеспечении хорошей оксигенации корней, когда отработанный воздух вытесняется из корневой зоны путем подъема уровня воды, а поступление нового свежего воздуха обеспечивается его понижением [12, 13].



Рис. 1. Процесс обработки побегов *V. macrocarpon* в растворе $KMnO_4$



Рис. 2. Пересадка побегов *V. macrocarpon* в горшочки с керамзитом

Подачу питательного раствора в течение 15 мин проводили 6-кратно за сутки. Для подкормки использовали полностью растворимое комплексное удобрение Yara Fertilcare Hydro (производитель – Yara Int., Норвегия) с содержанием микроэлементов (NPK 6:14:30) и кальциевую селитру. Уровень кислотности (pH) – 5,8–6,0. В течение 10 сут увеличивали концентрацию солей до 1,3 мСм/см, после 20 сут – до 1,8 мСм/см. Каждые 12 дней проводили замену питательного раствора. Через 7, 14, 20, 30, 50 и 70 сут после пересадки систематически проводили учет приживаемости и морфометрических показателей роста растений (число и длина побегов, число листьев, число и длина корней). Опыты закладывались в 3-кратной повторности, по 100 растений-регенерантов в каждой.

Результаты и их обсуждение. Анализ результатов проведенных исследований показал, что на этапе адаптации растений-регенерантов *V. macrocarpon* к нестерильным условиям на субстрате из верхового торфа период культивирования оказывал разное влияние на приживаемость и биометрические показатели надземной части растений. Наибольшая приживаемость растений на верховом торфе отмечалась на 70-е сут выращивания (75–80 %), при этом существенных сортовых различий по этому показателю не выявлено (табл. 1). У всех исследуемых сортов *V. macrocarpon* увеличение фитомассы наблюдалось на 50–70-е сут, что говорит о правильном физиологическом развитии растений в данных условиях.

Таблица 1

Приживаемость и средние морфометрические показатели растений *V. macrocarpon* при адаптации к торфяному субстрату

Сорт	Период адаптации, сут	Приживаемость, %	Число листьев, шт.	Длина побегов, см
Ben Lear	7	18	16,2±0,18	2,8±0,10
	14	26	20,1±0,24	3,3±0,12
	20	42	28,4±0,11	4,4±0,14
	30	51	37,3±0,16	4,8±0,17
	50	70	42,6±0,14	5,3±0,19
	70	78	50,6±0,21	6,8±0,11
Pilgrim	7	14	12,2±0,17	1,9±0,13
	14	24	17,1±0,18	3,6±0,16
	20	38	31,0±0,13	4,1±0,14
	30	48	36,9±0,21	4,6±0,11
	50	57	48,7±0,10	5,7±0,15
	70	75	54,3±0,24	6,4±0,12
Мерянка	7	22	10,3±0,16	2,3±0,09
	14	30	26,7±0,11	2,6±0,12
	20	46	39,8±0,19	4,9±0,17
	30	52	48,2±0,23	6,3±0,26
	50	64	54,6±0,29	7,8±0,29
	70	78	58,3±0,34	8,2±0,37
Славянка	7	16	8,3±0,09	2,8±0,12
	14	31	19,8±0,17	3,9±0,19
	20	43	29,5±0,19	4,9±0,21
	30	54	34,9±0,21	6,9±0,26
	50	69	56,3±0,30	8,1±0,32
	70	80	60,1±0,32	8,7±0,34

В результате проведенных исследований при использовании гидропонной установки выявлено, что приживаемость регенерантов *V. Macrocarpon* как зарубежных, так и отечественных сортов была наименьшей при периоде адаптации 7 дней и не превышала 40 %, тогда как при

увеличении времени адаптации до 14, 20 и 30 сут наблюдалось увеличение приживаемости соответственно в 1,6–2,0 раза, в 1,8–2,5 и в 2,3–3,1 раза. При периоде адаптации 50 и 70 дней приживаемость всех растений *V. macrocarpon* составила 100 % (табл. 2).

Таблица 2

Приживаемость растений-регенерантов *V. macrocarpon*, адаптируемых на гидропонной установке, %

Сорт	Период адаптации, сут.					
	7	14	20	30	50	70
Ben Lear	27	54	67	85	100	100
Pilgrim	28	50	64	80	100	100
Мерянка	32	60	72	89	100	100
Славянка	40	62	70	92	100	100

Анализ полученных результатов (табл. 3) показал, что ассимиляционный аппарат адаптируемых растений *V. macrocarpon* начинает за-

метно развиваться при периоде адаптации от 20 сут, о чем свидетельствуют показатели образования вегетативной массы (число побегов и

листьев) (рис. 3, а, б). Наилучшие морфометрические показатели надземной части растений *V. macrocarpon* отмечены при периоде адаптации 50–70 сут (рис. 3, в, г), при этом значения средних показателей у растений сортов российской селекции незначительно (в 1,1–1,3 раза) превышали аналогичные параметры у зарубежных

сортов. Установлено, что у растений *V. Macrocarpon* сортов Мерянка и Славянка на гидропонной установке может формироваться до 5 побегов на одном растении, тогда как у зарубежных сортов – только до 4 побегов, что говорит о преимуществе использования российских сортов для размножения.

Таблица 3

Средние морфометрические показатели растений-регенерантов *V. macrocarpon*, адаптируемых на гидропонной установке

Сорт	Период адаптации, сут	Число побегов, шт.	Длина побегов, см	Число листьев, шт.	Число корней, шт.	Длина корней, см
Ben Lear	7	1,0±0,11	3,8±0,15	20,2±1,02	1,8±0,16	0,8±0,16
	14	2,0±0,18	4,2±0,20	28,8±0,98	2,2±0,12	1,3±0,12
	20	2,4±0,21	5,0±0,14	38,4±1,01	3,9±0,17	5,8±0,19
	30	3,3±0,19	7,2±0,24	44,5±1,21	5,8±0,28	7,9±0,44
	50	3,8±0,26	15,3±0,12	73,2±1,33	19,3±0,64	13,2±0,67
	70	4,3±0,13	28,4±0,11	84,0±1,26	24,3±0,87	25,6±0,74
Piligrim	7	1,3±0,20	2,5±0,20	18,2±1,13	2,3±0,34	1,2±0,13
	14	2,1±0,11	4,4±0,23	31,3±1,22	2,8±0,27	1,9±0,18
	20	3,1±0,17	5,2±0,19	40,6±1,34	4,1±0,21	4,9±0,19
	30	3,9±0,15	7,6±0,12	46,7±1,45	6,9±0,17	5,2±0,23
	50	4,0±0,22	13,9±0,29	57,9±1,72	14,2±0,14	12,2±0,24
	70	4,1±0,17	24,9±0,15	86,1±1,39	20,4±0,18	21,3±0,32
Мерянка	7	1,2±0,12	3,3±0,18	22,3±1,23	1,6±0,13	1,2±0,31
	14	2,2±0,19	3,8±0,11	30,2±1,18	2,6±0,14	2,3±0,19
	20	3,3±0,18	5,2±0,30	42,4±1,39	3,0±0,18	5,3±0,32
	30	4,0±0,11	8,3±0,34	50,6±1,52	7,2±0,13	6,8±0,56
	50	4,5±0,23	19,3±0,29	66,2±1,73	16,3±0,28	17,3±0,44
	70	5,1±0,19	30,2±0,44	92,4±1,90	22,1±0,32	24,0±0,52
Славянка	7	1,9±0,09	3,0±0,14	16,9±1,10	2,3±0,21	1,0±0,13
	14	2,6±0,16	4,2±0,19	27,4±1,13	3,2±0,64	2,6±0,24
	20	3,0±0,20	5,8±0,28	46,8±1,43	7,9±0,72	5,5±0,20
	30	3,9±0,17	8,3±0,32	58,8±1,64	15,8±0,99	7,8±0,19
	50	4,7±0,19	15,6±0,40	69,4±1,89	23,2±0,89	18,6±0,13
	70	5,1±0,23	27,4±0,42	95,4±2,01	25,6±1,01	26,1±0,96

Похожая тенденция наблюдалась и при развитии корневой системы адаптируемых растений *V. macrocarpon* на гидропонной установке. При увеличении периода адаптации с 7 до 30 сут число корней растений всех исследуемых сортов увеличилось в среднем в 3,0–6,8 раза. При увеличении периода адаптации до 50–70 сут выявлено значительное увеличение показателей, превышающее аналогичные значения на 7-е сут адаптации: по числу корней – в 6,2–13,8 раза, по длине корней – в 10,2–32,0 раза. При этом максимальные средние значения морфометрических

показателей подземной системы адаптируемых растений отмечены у сорта Славянка, незначительно меньше – у сорта Ben Lear.

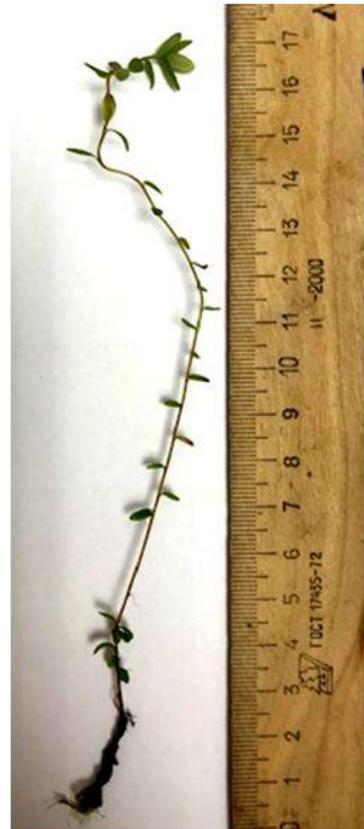
Сравнительный анализ показал, что растения *V. macrocarpon*, пересаженные из питательной среды в культуру *in vitro* в условия *ex vitro* с помощью гидропонного метода, успешно прижились на выбранном субстрате и активно развивались, при этом активный прирост длины побегов наблюдался после 30 дней культивирования, а суммарный прирост побегов – после 1,5 месяцев выращивания. При этом приживаемость рас-

тений *V. tasocarpum* всех исследуемых сортов, адаптированных на торфяном субстрате без использования гидропонной установки, через 50–70 сут после их пересадки оказалась в 1,3–

1,8 раза меньше по сравнению с гидропонным методом выращивания, тогда как значения длины побегов – в среднем в 1,9–4,2 раза меньше, числа листьев – в 1,2–1,7 раза.



а



б



в



г

Рис. 3. Адаптируемые растения *V. tasocarpum* в условиях гидропонии при периоде культивирования: а – 7 сут; б – 20 сут; в – 50 сут; г – 70 сут

Заключение. Таким образом, приживаемость растений-регенерантов *V. macrocarpon* при адаптации к нестерильным условиям с использованием гидропонной установки была максимальной на 50–70-е сут культивирования и составила 100 %, тогда как без использования гидропоники на субстрате из верхового торфа данный показатель не превышал 80 %. Морфометрические показатели растений *V. Macrocarpon* имели высокие значения также при использовании гидропонной установки, при этом по числу побегов, числу и длине корней сорта российской селекции имеют преимущества по сравнению с зарубежными сортами. Использование гидропонного метода перспективно для адаптации растений *V. macrocarpon*, полученных методом микроклонального размножения, при получении высококачественного посадочного материала отечественных сортов в целях плантационного выращивания в условиях европейской части России.

Список источников

1. Eck P. The American Cranberry. New Brunswick & London: Rutgers University Press, 1990. 420 p.
2. Черкасов А.Ф. Плантационное возделывание клюквы в США // Лесное хозяйство. 2002. № 4. С. 46.
3. Ториков В.Е. Лекарственная ценность овощных, плодово-ягодных, полевых растений и дикоросов: монография. Брянск: Изд-во Брянской ГСХА, 2013. 292 с.
4. Колонтарев К.Б., Зайцев А.В. Применение проантоцианидинов клюквы в терапии рецидивирующей мочевой инфекции // Медицинский совет. 2014. № 19. С. 28–31.
5. Лютикова М.Н., Ботиров Э.Х. Химический состав и практическое применение ягод брусники и клюквы // Химия растительного сырья. 2015. № 2. С. 5–27. DOI: 10.14258/jcprm.201502429.
6. Горбунов И.В., Рязанова Л.Г. Ягодные культуры: учеб. пособие. Краснодар: Кубан. гос. аграрный ун-т им. И.Т. Трубилина, 2017. 198 с.
7. Vilbaste H., Vilbaste J., Ader K. Cranberry – The Grape of the North. Tallinn: Ministry of Environment, Republic of Estonia, Nigula State Nature Reserve, 1995. 16 p.
8. Тяк Г.В., Курлович Л.Е., Тяк А.В. Биологическая рекультивация выработанных торфяников путем создания посадок лесных ягодных растений // Вестник Казанского государственного аграрного университета. 2016. Т. 11, № 2. С. 43–46. DOI: 10.12737/20633.
9. Корнеев И.А., Тяк Г.В., Макаров С.С. Создание новых сортов лесных ягодных растений и перспективы их интенсивного размножения (*in vitro*) // Лесохозяйственная информация. 2019. № 3. С. 180–189. DOI: 10.24419/LHI.2304-3083.2019.3.15.
10. Сельскохозяйственная биотехнология и биоинженерия: учебник / В.С. Шевелуха [и др.]; под общ. ред. В.С. Шевелухи. М.: URSS, 2015. 715 с.
11. Вахмистров Д.Б. Растения без почвы. М.: Рипол Классик, 2013. 118 с.
12. Texier W. Hydroponics for Everybody. All about Home Horticulture. Paris: Mama Publ., 2013. 328 p.
13. Шишкин П.В., Антипова О.В. Бессубстратная технология гидропонного выращивания // Овощи России. 2017. № 3 (36). С. 56–61.
14. Применение освещения различного спектрального диапазона при клональном микроразмножении лесных ягодных растений / С.С. Макаров [и др.] // Известия вузов. Лесной журнал. 2022. № 6. С. 82–93. DOI: 10.37482/0536-1036-2022-6-82-93.
15. Выращивание лесных ягодных растений в условиях *in vitro*: лабораторный практикум / сост. С.С. Макаров [и др.]. Караваево: Костромская ГСХА, 2019. 48 с.

References

1. Eck P. The American Cranberry. New Brunswick & London: Rutgers University Press, 1990. 420 p.
2. Cherkasov A.F. Plantacionnoe vozdelывanie klyukvy v SShA // Lesnoe hozyajstvo. 2002. № 4. S. 46.
3. Torikov V.E. Lekarstvennaya cennost' ovoschnyh, plodovo-yagodnyh, polevyh rastenij i dikorosov: monografiya. Bryansk: Izd-vo Bryanskoj GSHA, 2013. 292 s.
4. Kolontarev K.B., Zajcev A.V. Primenenie proantocianidinov klyukvy v terapii recidiviruyushej mochevoj infekcii // Medicinskij sovet. 2014. № 19. S. 28–31.
5. Lyutikova M.N., Botirov E.H. Himicheskij sostav i prakticheskoe primenenie yagod brusniki i klyukvy // Himiya rastitel'nogo syr'ya. 2015. № 2. S. 5–27. DOI: 10.14258/jcprm.201502429.
6. Gorbunov I.V., Ryazanova L.G. Yagodnye kul'tury: ucheb. posobie. Krasnodar: Kuban. gos. agrarnyj un-t im. I.T. Trubilina, 2017. 198 s.

7. *Vilbaste H., Vilbaste J., Ader K.* Cranberry – The Grape of the North. Tallinn: Ministry of Environment, Republic of Estonia, Nigula State Nature Reserve, 1995. 16 p.
8. *Tyak G.V., Kurlovich L.E., Tyak A.V.* Biologicheskaya rekultivatsiya vyrabotannykh torfyanikov putem sozdaniya posadok lesnykh yagodnykh rastenij // Vestnik Kazanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2016. T. 11, № 2. S. 43–46. DOI: 10.12737/20633.
9. *Korenev I.A., Tyak G.V., Makarov S.S.* Sozdanie novykh sortov lesnykh yagodnykh rastenij i perspektivy ih intensivnogo razmnozheniya (*in vitro*) // Lesohozyajstvennaya informatsiya. 2019. № 3. S. 180–189. DOI: 10.24419/LHI.2304-3083.2019.3.15.
10. Sel'skohozyajstvennaya biotekhnologiya i bioinzheneriya: uchebnik / V.S. *Sheveluha* [i dr.]; pod obsch. red. V.S. *Sheveluhi*. M.: URSS, 2015. 715 s.
11. *Vahmistrov D.B.* Rasteniya bez pochvy. M.: Ripol Klassik, 2013. 118 s.
12. *Texier W.* Hydroponics for Everybody. All about Home Horticulture. Paris: Mama Publ., 2013. 328 p.
13. *Shishkin P.V., Antipova O.V.* Bessubstratnaya tehnologiya gidroponnogo vyraschivaniya // Ovoschi Rossii. 2017. № 3 (36). S. 56–61.
14. Primenenie osvescheniya razlichnogo spektral'nogo diapazona pri klonal'nom mikrorazmnozhenii lesnykh yagodnykh rastenij / S.S. *Makarov* [i dr.] // Izvestiya vuzov. Lesnoj zhurnal. 2022. № 6. S. 82–93. DOI: 10.37482/0536-1036-2022-6-82-93.
15. Vyraschivanie lesnykh yagodnykh rastenij v usloviyakh *in vitro*: laboratornyj praktikum / sost. S.S. *Makarov* [i dr.]. Karavaevo: Kostromskaya GSHA, 2019. 48 s.

Статья принята к публикации 25.09.2023 / The article accepted for publication 25.09.2023.

Информация об авторах:

Сергей Сергеевич Макаров¹, заведующий кафедрой декоративного садоводства и газоноведения, доктор сельскохозяйственных наук

Зоя Анатольевна Самойленко², доцент кафедры биологии и биотехнологии, кандидат биологических наук, доцент

Татьяна Анатольевна Макарова³, доцент кафедры биологии и биотехнологии, кандидат биологических наук, доцент

Ирина Борисовна Кузнецова⁴, доцент кафедры агрохимии, биологии и защиты растений, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент

Антон Игоревич Чудецкий⁵, доцент кафедры декоративного садоводства и газоноведения, кандидат сельскохозяйственных наук

Андрей Николаевич Кульчицкий⁶, студент магистратуры кафедры ландшафтной архитектуры и искусственных лесов

Information about the authors:

Sergei Sergeevich Makarov¹, Head of the Department of Ornamental Horticulture and Lawn Science, Doctor of Agricultural Sciences

Zoya Anatolyevna Samoilenko², Associate Professor at the Department of Biology and Biotechnology, Candidate of Biological Sciences, Docent

Tatyana Anatolyevna Makarova³, Associate Professor at the Department of Biology and Biotechnology, Candidate of Biological Sciences, Docent

Irina Borisovna Kuznetsova⁴, Associate Professor at the Department of Agrochemistry, Biology and Plant Protection, Candidate of Agricultural Sciences, Docent

Anton Igorevich Chudetsky⁵, Associate Professor at the Department of Ornamental Horticulture and Lawn Science, Candidate of Agricultural Sciences

Andrey Nikolaevich Kulchitsky⁶, Master's Student at the Department of Landscape Architecture and Artificial Forests