

Сергей Сергеевич Макаров^{1✉}, Юлия Сергеевна Черятова², Елена Евгеньевна Орлова³,
Антон Игоревич Чудецкий⁴

^{1,2,3,4}Российский государственный аграрный университет – МСХА им. К.А. Тимирязева, Москва, Россия

¹s.makarov@rgau-msha.ru

²u.cheryatova@rgau-msha.ru

³elena.orlova@rgau-msha.ru

⁴chudetski@rgau-msha.ru

УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ АДАПТАЦИИ И ДОРАЩИВАНИЯ КЛЮКВЫ БОЛОТНОЙ (*VACCINIUM OXUSOSSOS* L.), ПОЛУЧЕННОЙ СПОСОБОМ КЛОНАЛЬНОГО МИКРОРАЗМНОЖЕНИЯ, К УСЛОВИЯМ *EX VITRO*

Цель исследования – усовершенствование технологии адаптации и доращивания посадочного материала клюквы болотной (*Vaccinium oxusossos* L.) к условиям *ex vitro*. Исследование проводилось на базе РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева в 2024–2025 гг. Объекты исследования – растения клюквы болотной российских сортов (Краса Севера, Фомич), полученные методом клонального микроразмножения. Укоренившиеся *in vitro* микроклоны *V. oxusossos* высаживали в мини-парники для адаптации. Выбор и подготовку субстрата, подготовку и культивирование растений проводили по общепринятым методикам. В качестве субстратов для укоренения использовали торф верхового типа (рН = 2,8–3,1), а также смеси торф + речной песок 3 : 1, торф + вермикулит 3 : 1, торф + агроперлит 3 : 1, торф + природный вулканический цеолит 3 : 1. Растения *V. oxusossos* пересаживали в контейнеры объемом 1 и 2 л в I декаде июня и доращивали в условиях закрытого грунта. В течение 3 месяцев в конце каждой декады проводились биометрические измерения растений, а также устанавливалась их приживаемость к нестерильным условиям *ex vitro*. Наилучшие результаты адаптации растений-регенерантов *V. oxusossos* к нестерильным условиям на 30-е сут получены на субстрате из смеси торфа с цеолитом 3 : 1 и смеси торфа с агроперлитом 3 : 1. Приживаемость растений *V. oxusossos* составила 97–99 %. Сорт Фомич оказался несколько более устойчив к стрессовым условиям пересадки растений в горшки с большим объемом. Размер контейнера не оказывал существенного влияния на качество посадочного материала клюквы болотной *V. oxusossos* исследуемых российских сортов.

Ключевые слова: *Vaccinium oxusossos*, клюква, адаптация, *ex vitro*, биометрические показатели, приживаемость клюквы, контейнерное доращивание

Для цитирования: Макаров С.С., Черятова Ю.С., Орлова Е.Е., и др. Усовершенствование технологии адаптации и доращивания клюквы болотной (*Vaccinium oxusossos* L.), полученной способом клонального микроразмножения, к условиям *ex vitro* // Вестник КрасГАУ. 2026. № 5. С. 49–60. DOI: 10.36718/1819-4036-2026-5-49-60.

Финансирование: работа проведена в рамках выполнения Тематического плана-задания на выполнение НИР по заказу Минсельхоза России по теме «Разработка агротехнологий нового поколения для ягодных растений с использованием биотехнологических методов для закладки ягодных плантаций» (госрегистрация № 125082209764-2) за счет средств федерального бюджета в 2025 г.

Sergey Sergeevich Makarov^{1✉}, Yulia Sergeevna Cheryatova², Elena Evgenyevna Orlova³,
Anton Igorevich Chudetsky⁴

^{1,2,3,4}Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy, Moscow, Russia

¹s.makarov@rgau-msha.ru

²u.cheryatova@rgau-msha.ru

³elena.orlova@rgau-msha.ru

⁴chudetski@rgau-msha.ru

IMPROVEMENT OF ADAPTATION AND GROWING TECHNOLOGY OF BROWN CRANBERRY (*VACCINIUM OXYCOCCOS* L.) OBTAINED BY CLONAL MICROPROPAGATION TO *EX VITRO* CONDITIONS

The objective of the research is to improve the technology for adapting and further growing planting material of European cranberry (*Vaccinium oxycoccos* L.) to *ex vitro* conditions. The work was conducted at the Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy in 2024-2025. The objects of the study are *V. oxycoccos* plants of the *Krasa Severa* and *Fomich* cultivars obtained by clonal micropropagation. Rooted *in vitro* microclones of *V. oxycoccos* were planted in mini-greenhouses for adaptation. Substrate selection and preparation, plant preparation, and cultivation were carried out according to generally accepted methods. Rooting substrates used included high-moor peat (pH = 2.8–3.1), as well as mixtures of peat + river sand (3 : 1), peat + vermiculite (3 : 1), peat + agroperlite (3 : 1), and peat + natural volcanic zeolite (3 : 1). *V. oxycoccos* plants were transplanted into 1- and 2-liter containers in the first ten days of June and further grown indoors. Biometric measurements were taken at the end of each ten-day period for three months, and their survival rate to non-sterile *ex vitro* conditions was determined. The best adaptation of regenerated *V. oxycoccos* plants to non-sterile conditions by the 30th day was achieved on a substrate of a 3 : 1 mixture of peat and zeolite, and a 3 : 1 mixture of peat and agroperlite. The survival rate of *V. oxycoccos* was 97–99 %. The *Fomich* cultivar proved somewhat more resilient to the stress of transplanting plants into larger pots. Container size was found to have no significant effect on the quality of the planting material of the Russian *V. oxycoccos* cultivars studied.

Keywords: *Vaccinium oxycoccos*, cranberry, adaptation, *ex vitro*, biometric indicators, survival rate, container growing

For citation: Makarov SS, Cheryatova YS, Orlova EE, et al. Improvement of adaptation and growing technology of brown cranberry (*Vaccinium oxycoccos* L.) obtained by clonal micropropagation to *ex vitro* conditions. *Bulletin of KSAU*. 2026;(5):49-60 (In Russ.). DOI: 10.36718/1819-4036-2026-5-49-60.

Funding: this research was conducted under a thematic plan-assignment of the Ministry of Agriculture of Russia, project number 125082209764-2 entitled “Development of New Generation Agrotechnologies for Berry Plants Using Biotechnological Methods for Establishing Berry Plantations”, funded by the federal budget in 2025.

Введение. На сегодняшний день в целях сохранения хозяйственно ценных признаков сортов и гибридов ягодных растений, в частности малораспространенных и трудноразмножаемых культур, одним из наиболее совершенных и экономически целесообразных способов получения генетически однородного и оздоровленного селекционного посадочного материала ягодных культур является метод микроклонального размножения [1–4]. Клональное микроразмножение в настоящее время является единственным методом быстрого размножения элитных селекционных клонов и новых сортов куль-

турных растений [5, 6]. Кроме того, методы культивирования *in vitro* ягодных растений рода *Vaccinium* также используются в криоконсервации, селекции *in vitro*, мутагенезе, межвидовых и интерсекционных гибридах, генетической трансформации и производстве вторичных метаболитов фармацевтической ценности в суспензионных и каллусных культурах [7–10].

В настоящее время в условиях Московского региона ведется работа по разработке технологического регламента выращивания микроклонально размноженного посадочного материала наиболее перспективных ягодных культур рода

Vaccinium, в т. ч. клюквы болотной [11]. Клюква – высокоценная пищевая коммерческая ягодная культура. Плоды клюквы являются источником полезных для здоровья питательных веществ, среди которых: пищевые волокна, антиоксиданты (витамин С, бета-каротин, фолиевая кислота, эллаговая кислота, антоцианы). Было установлено, что из группы флавонолов в образцах плодов клюквы преобладают гиперозид и миррицетин-3-О-галактозид; из группы антоцианов – цианидин-3-О-галактозид, цианидин-3-О-арабинозид, пеонидин-3-О-галактозид и пеонидин-3-О-арабинозид, а из группы тритерпеновых соединений – урсоловая кислота [12]. Ягоды клюквы проявляют выраженные антибактериальные и противогрибковые свойства благодаря наличию в них антоцианозидов, бензойной кислоты и других важных биологически активных соединений. Ягоды употребляются как в свежем, так и в переработанном виде – в замороженном, консервированном, а также в виде концентратов и сушеных продуктов, таких как варенье, конфеты, желе, соки, сиропы, мороженое, выпечка, мюсли, молоко и алкогольные напитки. Продукты из плодов растения находят применение в качестве пищевых добавок и для изготовления различных фармацевтических препаратов. Следует особо подчеркнуть, что этанольный экстракт плодов клюквы является перспективным природным средством для разработки на его основе медицинских препаратов для лечения бактериальных инфекций и рака [13].

Необходимо отметить, что главным ограничивающим фактором развития микроклонально размноженных растений-регенерантов при промышленном выращивании являются трудности их адаптации *ex vitro*, так как пересадка растений в нестерильные почвенные условия сопровождается колоссальным физиологическим стрессом, связанным с новым режимом влажности, освещенности и питания, а также высокой патогенной нагрузкой [14–17]. Сложность перевода пробирочных растений в условия культивирования *ex vitro* связана с некоторыми анатомическими и физиологическими особенностями ягодных растений *in vitro* [18, 19]. Поэтому основная задача при адаптации микроклонально размноженных растений заключается в смягчении абиотического стресса и обеспечении плавного перехода к культивированию в новых условиях среды. Важной составляющей в процессе адаптации микроклонов является также оптими-

зация состава субстрата [20]. Следует особо подчеркнуть, что в нестерильных условиях микроклонально размноженные растения часто сталкиваются с проблемой водного баланса [21, 22]. Дело в том, что, попадая в нестерильные условия, микроклоны становятся чрезвычайно уязвимыми к дисбалансу поступления воды в растения на фоне увеличения транспирации.

В связи с этим в процессе адаптации микроклонов к новым условиям роста необходимо контролировать все процессы развития растений, что приведет к высокой приживаемости посадочного материала и напрямую повлияет на существенное снижение его себестоимости, показав в итоге высокий экономический эффект. Поскольку адаптация растений, размноженных *in vitro* к нестерильным условиям является обязательным этапом клонального микроразмножения, исследования, направленные на выявление адаптивного потенциала микроклонально размноженных растений *V. oxycoccos*, а также разработка и усовершенствование технологии их адаптации являются актуальными задачами ягодоводства России.

Цель исследования – провести усовершенствование технологии адаптации и доращивания микроклонов клюквы болотной (*Vaccinium oxycoccos* L.) к условиям *ex vitro* в условиях интродукции в Московском регионе.

Задачи: определить приживаемость и морфобиометрические показатели сортовых растений *V. oxycoccos* (Краса Севера, Фомич), полученных методом клонального микроразмножения, при адаптации к нестерильным условиям *ex vitro* в зависимости от состава субстрата; приживаемость и морфобиометрические показатели микроклонально размноженных сортовых растений *V. oxycoccos* (сорта Краса Севера, Фомич) при доращивании в контейнерах на субстрате из верхового торфа.

Объекты и методы. Исследования проводились на базе Российского государственного аграрного университета – МСХА им. К.А. Тимирязева в 2024–2025 гг. В качестве источников объектов исследования изучали растения клюквы болотной (*V. oxycoccos*) сортов российской селекции – Краса Севера и Фомич, полученные методом клонального микроразмножения по общепринятым методикам [1]. Регенерацию растений проводили на модифицированной культуральной среде Woody Plant Medium (WPM) с добавлением зеатина на этапе проли-

фериации побегов («собственно микроразмножение»), индолилуксусной кислоты (ИУК) – на этапе укоренения микропобегов *in vitro*.

Укоренившиеся *in vitro* растения-регенеранты извлекали из пробирок, корни растений промывали в 1 %-ном растворе $KMnO_4$ в течение 30 с, затем пересаживали в мини-парники для адаптации. В качестве субстратов для адаптации использовали торф верхового типа ($pH_{KCl} = 2,8-3,1$; размер фракции – 20–40 мм), а также смеси торфа с речным песком (размер фракции – 0,4–0,8 мм) в соотношении 3 : 1, смеси торфа с вермикулитом в соотношении 3 : 1 (размер фракции – 0,5–2,0 мм), смеси торфа с агроперлитом (размер фракции – 1,0–5,0 мм) в соотношении 3 : 1, смеси торфа с природным вулканическим цеолитом (размер фракции – 3,0–5,0 мм) в соотношении 3 : 1. Предварительно торф пропаривали при температуре не ниже 90 °С в течение 40 мин под укрытием при влажности 80–90 %; речной песок промывали и обжигали при температуре 180 °С в течение 2 ч. В адаптационном помещении поддерживались следующие условия: интенсивность освещения – 8000 лк с использованием светодиодных ламп OSRAM Fluora L36/77 T8 (OSRAM Licht AG, Германия) с цветовой температурой 4000 К, PPFD 165 мкмоль/м²/с, соотношение красного (650–660 нм) и синего (440–450 нм) света 3 : 1, температура воздуха 25 °С, относительная влажность воздуха – 80–90 %. Ежедневно в течение 14 сут проводили опрыскивание растений водой (не менее 3 раз в сутки). Учет приживаемости и морфометрических показателей растений (число побегов на растении, шт.; средняя длина по-

бега, см; число листьев на побеге, шт.) проводили на 10-е, 20-е и 30-е сутки адаптации растений к нестерильным условиям *ex vitro*. Для каждого варианта обработки (субстрата) тестировали 10 растений в 3 повторностях.

В I декаде июня 2025 г. растения пересаживали в контейнеры объемом 1 и 2 л, наполненные субстратом из верхового торфа, и доращивали в условиях закрытого грунта. В течение трех месяцев в конце каждой декады проводили учет приживаемости и морфобиометрических показателей растений (средняя длина побега, см; число побегов, шт./растение; количество листьев, шт./побег).

Статистическую обработку экспериментальных данных проводили с использованием программных средств MS Excel.

Результаты и их обсуждение. При оценке морфобиометрических показателей микрорастений *V. oxycoccos*, полученных методом клонального микроразмножения, установлено, что на 10-е сут адаптации к нестерильным условиям средняя длина побега растений сорта Краса Севера варьировала от 2,3 см на субстратах из смеси верхового торфа с речным песком (3 : 1) и смеси торфа с вермикулитом (3 : 1) до 2,6 см на смеси торфа с вулканическим цеолитом, тогда как на 20-е сут – от 3,4 см в варианте с использованием субстрата из смеси торфа с песком (3 : 1) до 4,4 см – торфа с агроперлитом (3 : 1). Промежуточные значения приростов отмечены на верховом торфе, смеси торфа с вермикулитом 3 : 1 и смеси торфа с цеолитом 3 : 1 (табл. 1).

Таблица 1

Приживаемость и морфобиометрические показатели растений *Vaccinium oxycoccos*, полученных методом клонального микроразмножения, на этапе адаптации к нестерильным условиям
Survival and morphobiometric parameters of *Vaccinium oxycoccos* plants obtained by clonal micropropagation at the stage of adaptation to non-sterile soil conditions

Состав субстрата	Средняя длина побега, см		Число побегов на растении, шт.		Количество листьев на побеге, шт.		Приживаемость, %	
	Краса Севера	Фомич	Краса Севера	Фомич	Краса Севера	Фомич	Краса Севера	Фомич
1	2	3	4	5	6	7	8	9
10-е сут								
Верховой торф	2,5±0,36	2,7±0,32	1,0±0,15	1,0±0,14	6,9±0,15	5,9±0,29	42	56

1	2	3	4	5	6	7	8	9
Верховой торф + речной песок 3:1	2,3±0,17	2,4±0,48	1,0±0,12	1,0±0,21	6,2±0,46	4,2±0,44	62	44
Верховой торф + агроперлит 3:1	2,3±0,23	2,5±0,46	1,0±0,17	1,0±0,19	7,1±0,23	6,8±0,25	67	69
Верховой торф + вермикулит 3:1	2,4±0,51	2,4±0,29	1,0±0,11	1,0±0,17	6,3±0,34	5,4±0,38	56	51
Верховой торф + вулканический цеолит 3:1	2,6±0,27	2,8±0,36	1,0±0,19	1,0±0,23	7,2±0,21	6,4±0,17	62	87
20-е сут								
Верховой торф	3,6±0,10	3,7±0,17	2,0±0,17	2,0±0,19	13,2±0,51	14,1±0,22	39	49
Верховой торф + речной песок 3:1	3,4±0,19	3,6±0,32	2,0±0,23	2,0±0,28	12,7±0,14	13,3±0,45	54	40
Верховой торф + агроперлит 3:1	3,9±0,27	3,7±0,45	2,0±0,35	2,0±0,11	10,2±0,33	11,2±0,34	59	61
Верховой торф + вермикулит 3:1	3,7±0,44	3,6±0,23	2,0±0,31	2,0±0,10	11,2±0,21	11,2±0,27	54	49
Верховой торф + вулканический цеолит 3:1	3,8±0,37	3,9±0,31	2,0±0,47	2,0±0,29	13,7±0,41	14,2±0,29	68	72
30-е сут								
Верховой торф	4,5±0,71	4,9±0,61	3,0±0,11	4,0±0,53	17,9±0,33	20,5±0,45	34	38
Верховой торф + речной песок 3:1	4,1±0,14	5,1±0,56	3,0±0,14	3,0±0,41	16,8±0,56	19,5±0,41	48	37
Верховой торф + агроперлит 3:1	4,8±0,32	5,8±0,44	3,0±0,10	3,0±0,17	17,9±0,48	18,5±0,38	51	57
Верховой торф + вермикулит 3:1	4,2±0,51	4,8±0,32	3,0±0,21	3,0±0,37	16,4±0,31	20,5±0,19	48	44
Верховой торф + вулканический цеолит 3:1	4,7±0,57	5,8±0,30	3,0±0,17	4,0±0,34	19,9±0,27	21,2±0,32	63	65

В целом за 20 дней прирост побегов *V. oxycoccos* сорта Краса Севера варьировал от 0,9 см на верховом торфе до 1,6 см на смеси торфа с агроперлитом. На 30-е сут адаптации отмечено, что на субстрате из смеси торфа с цеолитом (3 : 1) длина побегов увеличилась на 2,1 см (или 45 %), тогда как наименьшее изменение данного показателя (1,5 см, или 31 %) выявлено на субстрате смеси из торфа с агроперлитом (3 : 1).

При исследовании влияния состава субстрата на длину побегов растений *V. oxycoccos* сорта Фомич выявлена аналогичная закономерность: первые 20 сут адаптации практически на всех видах субстратов она изменилась от 1,0 до 1,2 см, что составляет около 28 %. При этом на начальном этапе адаптации к нестерильным условиям состав субстрата не оказывал существенного влияния на длину побегов у сорта Фомич. На 30-е сут адаптации максимальный прирост длины побегов отмечен на субстрате из смеси торфа и агроперлита 3 : 1 (3,3 см, или 57 %), минимальный – на верховом торфе (2,2 см, или 45 %). Таким образом, наиболее динамичное увеличение длины побегов у растений сорта Краса Севера отмечено на субстрате, состоящем из торфа и цеолита в соотношении 3 : 1, у сорта Фомич – на субстрате из торфа и агроперлита в соотношении 3 : 1.

Отмечено равномерное увеличение числа побегов на растениях *V. oxycoccos* сорта клюквы Краса Севера с 1 до 3 шт. (в 3 раза) на всех субстратах. Поэтому на начальных этапах адаптации состав субстрата не оказывал существенного влияния на побегообразовательную способность адаптируемых растений. У сорта Фомич число побегов изменилось с 1 до 4 шт. (в 4 раза), при этом лучшие результаты получены на субстратах, состоящих из торфа и торфа с цеолитом в соотношении 3 : 1, тогда как на остальных субстратах наблюдалось увеличение количества побегов с 1 до 3 шт. (в 3 раза).

Установлено, что на 30-е сут адаптации количество листьев на побеге у растений

V. oxycoccos сорта Краса Севера варьировало в широких пределах – от 6,3 шт. на субстрате из смеси торфа с вермикулитом 3 : 1 до 19,9 шт. на смеси торфа с вулканическим цеолитом 3 : 1. Так, при формировании и росте вновь образующихся побегов развивалось и росло количество листьев. Наиболее высокий результат получен при использовании субстрата из смеси торфа с речным песком 3 : 1 и смеси торфа с цеолитом (63 %), тогда на остальных субстратах увеличение количества листьев было несущественно ниже (60–61 %). Количество листьев на одном побеге растений *V. oxycoccos* сорта Фомич на 30-е сут адаптации варьировало от 4,2 шт. в варианте с использованием субстрата из смеси торфа с песком (3 : 1) до 6,8 шт. – торфа с агроперлитом (3 : 1). При этом наибольшее количество листьев на побегах (15,1–15,3 шт.) сформировалось при адаптации на субстратах из смеси торфа с вермикулитом (3 : 1) и смеси торфа с песком (3 : 1), тогда как наименьшее – при использовании смеси торфа с агроперлитом (3 : 1).

На 30-е сут адаптации отмечено, что лучше всего растения *V. oxycoccos* адаптировались на субстрате из смеси торфа с вулканическим цеолитом 3 : 1, где приживаемость составила 63–65 %. Несколько меньшей оказалась приживаемость растений при адаптации на субстрате, состоящем из смеси торфа с агроперлитом 3 : 1 (51–57 %). Самый низкий показатель *приживаемости регенерантов* выявлен на субстрате из верхового торфа, составив 34 % для сорта Краса Севера и 38 % для сорта Фомич.

Адаптированные растения *V. oxycoccos* сортов Краса Севера и Фомич были пересажены в контейнеры объемом 1 и 2 л в субстрат из верхового торфа в I декаде июня. Начальная средняя длина побегов растений сорта Краса Севера в контейнерах составляла 4,9–5,1 см при среднем числе побегов 3–4 шт. и количестве листьев 18–19 шт. Средняя длина побегов растений более сильнорослого сорта Фомич после пересадки составила 5,8–6,3 см при количестве листьев на одном растении 18–21 шт. (табл. 2).

**Приживаемость и морфобиометрические показатели растений *Vaccinium oxycoccos*,
полученных методом клонального микроразмножения,
при доращивании в контейнерах на субстрате из верхового торфа**
**Survival and morphobiometric parameters of *Vaccinium oxycoccos* plants obtained
by clonal micropropagation when grown in containers on a high-moor peat substrate**

Период		Показатель	Краса Севера		Фомич	
Месяц	Декада		Контейнер 1 л	Контейнер 2 л	Контейнер 1 л	Контейнер 2 л
1	2	3	4	5	6	7
Июнь	I	Средняя длина побега, см	4,9±0,39	5,1±0,34	5,8±0,49	6,3±0,41
		Число побегов, шт/растение	3,0±0,16	4,0±0,25	4,0±0,19	5,0±0,09
		Количество листьев, шт/растение	18,5±0,35	19,4±0,33	20,7±0,34	21,6±0,30
	II	Средняя длина побега, см	5,4±0,18	6,2±0,28	6,6±0,19	7,1±0,32
		Число побегов, шт/растение	3,0±0,18	4,0±0,11	4,0±0,30	5,0±0,29
		Количество листьев, шт/растение	22,2±1,18	23,8±0,98	26,7±0,30	27,3±0,18
	III	Средняя длина побега, см	6,9±0,33	7,3±0,18	8,1±0,25	8,9±0,20
		Число побегов, шт/растение	3,0±0,13	4,0±0,29	4,0±0,21	5,0±0,27
		Количество листьев, шт/растение	25,4±1,17	26,9±0,75	30,5±0,29	31,8±0,36
Июль	I	Средняя длина побега, см	8,3±0,81	8,8±0,63	10,4±0,55	11,6±0,84
		Число побегов, шт/растение	4,0±0,07	4,0±0,78	4,0±0,67	5,0±0,54
		Количество листьев, шт/растение	27,3±1,11	28,8±0,95	33,5±0,45	34,8±0,71
	II	Средняя длина побега, см	9,8±0,92	10,1±0,47	11,9±0,51	12,6±0,92
		Число побегов, шт/растение	4,0±0,12	4,0±0,24	5,0±0,18	5,0±0,27
		Количество листьев, шт/растение	30,9±0,89	31,5±0,73	36,0±0,76	37,9±0,85
	III	Средняя длина побега, см	11,3±0,44	11,0±0,73	12,8±0,49	13,3±0,39
		Число побегов, шт/растение	5,0±0,67	5,0±0,62	6,0±0,39	6,0±0,21
		Количество листьев, шт/растение	38,4±1,01	39,6±1,04	40,2±1,02	41,8±0,91

Окончание табл. 2

1	2	3	4	5	6	7
Август	I	Средняя длина побега, см	12,2±0,51	12,5±0,61	13,7±0,51	13,9±0,77
		Число побегов, шт/растение	5,0±0,38	5,0±0,84	6,0±0,67	6,0±0,48
		Количество листьев, шт/растение	40,2±1,11	40,6±0,99	41,3±0,96	42,4±1,11
	II	Средняя длина побега, см	12,2±0,64	12,5±0,94	13,7±0,78	13,9±0,87
		Число побегов, шт/растение	5,0±0,18	5,0±0,35	6,0±0,45	6,0±0,29
		Количество листьев, шт/растение	40,3±1,01	40,8±0,79	41,6±0,96	42,8±1,03
	III	Средняя длина побега, см	12,2±0,31	12,5±0,28	13,7±0,49	13,9±0,91
		Число побегов, шт/растение	5,0±0,23	5,0±0,37	6,0±0,46	6,0±0,67
		Количество листьев, шт/растение	40,3±0,24	40,8±0,72	41,6±0,44	42,8±1,0
		Приживаемость, %	97	98	98	99

В течение первых 10 дней после пересадки растения *V. oxycoccos* приживались, поэтому за первую декаду наблюдений прирост побегов у сорта Краса Севера составил 0,5 и 1,1 см в горшках объемом 1 и 2 л соответственно, тогда как растения сорта Фомич имели прирост надземной части порядка 0,8 см, начав развиваться более равномерно.

Через месяц наблюдений за растениями *V. oxycoccos* сорта Краса Севера отмечено, что длина самого высокого побега увеличилась на 2 см, при этом в течение июля наблюдался активный рост, который продолжался до I декады августа, и прирост составил еще около 3 см независимо от объема горшка. В начале II декады августа рост растений закончился и началось одревеснение побегов. На этот момент длина побегов у экземпляров сорта Краса Севера достигла около 12 см, при суммарном числе побегов 5 шт. и количестве листьев на побегах около 40 шт. В горшках объемом 2 л приживаемость растений составила 98 %, что всего на 1 % выше, чем при объеме 1 л.

У растений *V. oxycoccos* сорта Фомич во II декаду июня начался активный рост побегов вплоть до II декады августа, где средняя длина побегов достигла 13 см независимо от объема горшка. В процентном соотношении прирост составил 57 и 54 % соответственно при объеме

горшка 1 и 2 л. При этом за время наблюдений сформировалось по 3 молодых побега во всех вариантах. Общее количество листьев увеличилось с 18–19 до 40 шт. в горшках объемом 1 л (на 52–55 %). Незначительные расхождения значений при разных объемах горшка могут быть вызваны случайными факторами, а также несколько замедленным ростом побегов в горшках объемом 2 л.

Приживаемость растений *V. oxycoccos* сорта Фомич на конец сезона составила 98–99 %, сорта Краса Севера – 97–98 %. Сорт Фомич оказался несколько более устойчив к стрессовым условиям пересадки растений в горшки большим объемом. Таким образом, размер контейнера не оказывал существенного влияния на качество растений клюквы болотной *V. oxycoccos* исследуемых российских сортов.

Заключение. Таким образом, в результате исследований по разработке элементов технологий адаптации и доращивания клюквы болотной, полученной способом клонального микро-размножения, к условиям *ex vitro*, проведенной на базе РГАУ-МСХА им. К.А. Тимирязева, получены экспериментальные данные, на базе которых можно проводить усовершенствование агротехнологий выращивания посадочного материала данного вида с учетом сортовых особенностей. Наилучшие показатели приживаемости

и высокие морфометрические параметры адаптируемых микро растений клюквы болотной (сортов Краса Севера и Фомич) выявлены при использовании в качестве субстратов торфа верхового типа, смеси торфа с вулканическим цеолитом 3 : 1 и смеси торфа с агроперлитом 3 : 1. Проведенные исследования по доращиванию клюквы болотной сортов Краса Севера и Фомич путем пересадки в контейнеры объемом 1–2 л показали, что через 3 месяца наблюдений отмечена высокая приживаемость изучаемых растений и к концу сезона не выявлено значимых различий в зависимости от объема горшка. Полученные результаты исследований показали высокую приживаемость растений *V. oxycoccos* (97–99 %) на этапе доращивания в горшках объемом 1–2 л с использованием верхового кислого торфа в качестве субстрата. Необходи-

мо также отметить, что наиболее адаптивным и наиболее стрессоустойчивым в опыте по пересадке растений в контейнеры большим объемом оказался сорт Фомич. Исходя из полученных данных, в течение вегетационного сезона размер контейнера не оказывал существенного влияния на качество посадочного материала растений клюквы болотной исследуемых российских сортов.

Разработанные элементы технологий могут быть использованы для усовершенствования технологического цикла получения и выращивания посадочного материала клюквы болотной с применением клонального микро размножения и дальнейшей адаптации при культивировании в открытом грунте в агроклиматических условиях Нечерноземной зоны России.

Список источников

1. Debnath S.C., Goyali J.C. *In vitro* propagation and variation of antioxidant properties in micropropagated vaccinium berry plants – a review // *Molecules*. 2020. Vol. 25, N 4. Art. 788. DOI: 10.3390/molecules25040788.
2. Макаров С.С., Кузнецова И.Б., Упадышев М.Т., и др. Особенности клонального микро размножения клюквы болотной (*Oxycoccus palustris* Pers.) // *Техника и технология пищевых производств*. 2021. Т. 51, № 1. С. 67–76. DOI: 10.21603/2074-9414-2021-1-67-76. EDN: YIWJCE.
3. Нечипоренко И.В., Акимова С.В., Казаков П.О. Особенности доращивания *ex vitro* растений клюквы болотной (*Vaccinium oxycoccos* L.) с закрытой корневой системой // *Овощи России*. 2023. № 5. С. 49–61. DOI: 10.18619/2072-9146-2023-5-49-61. EDN: BAXWRA.
4. Тумаева Т.А., Барковская Н.А. Оценка эффективности использования технологии клонального микро размножения посадочного материала в питомниководстве // *Техника и оборудование для села*. 2025. № 4. С. 45–46. DOI: 10.33267/2072-9642-2025-4-45-46. EDN: CSJJJH.
5. Ghosh A., Igamberdiev A.U., Debnath S.C. Tissue culture-induced DNA methylation in crop plants: a review // *Mol Biol Rep*. 2021. Vol. 48, N 1. P. 823–841. DOI: 10.1007/s11033-020-06062-6.
6. Loyola-Vargas V.M., Ochoa-Alejo N. An introduction to plant tissue culture: advances and perspectives // *Methods Mol Biol*. 2018. Vol. 1815. P. 3–13. DOI: 10.1007/978-1-4939-8594-4_1.
7. Wikandari R., Manikharda, Baldermann S., et al. Application of cell culture technology and genetic engineering for production of future foods and crop improvement to strengthen food security // *Bioengineered*. 2021. Vol. 12, N 2. P. 11305–11330. DOI: 10.1080/21655979.2021.2003665.
8. Anjanappa R.B., Gruissem W. Current progress and challenges in crop genetic transformation // *J Plant Physiol*. 2021. Vol. 261. Art. 153411. DOI: 10.1016/j.jplph.2021.153411.
9. Dhungana S.A., Kunitake H., Niino T., et al. Cryopreservation of blueberry shoot tips derived from *in vitro* and current shoots using d cryo-plate technique // *Plant Biotechnol (Tokyo)*. 2017. Vol. 34, N 1. P. 1–5. DOI: 10.5511/plantbiotechnology.16.1231b.
10. Marangelli F., Pavese V., Vaia G., et al. In vitro polyploid induction of highbush blueberry through de novo shoot organogenesis // *Plants (Basel)*. 2022. Vol. 11, N 18. Art. 2349. DOI: 10.3390/plants11182349.
11. Макаров С.С. Черятова Ю.С., Чудецкий А.И. Опыт интродукции клюквы крупноплодной (*Vaccinium macrocarpon* Ait.) при выращивании в Московском регионе // *Вестник КрасГАУ*. 2025. № 4. С. 33–46. DOI: 10.36718/1819-4036-2025-4-33-46. EDN: EXLQVI.

12. Liaudanskas M., Šedbarė R., Janulis V. Determination of biologically active compounds and antioxidant capacity *in vitro* in fruit of small cranberries (*Vaccinium oxycoccos* L.) growing in natural habitats in Lithuania // *Antioxidants* (Basel). 2024. Vol. 13, N 9. Art. 1045. DOI: 10.3390/antiox13091045.
13. Šedbarė R., Janulis V., Pavilonis A., et al. Comparative Ш study: assessing phytochemical, antioxidant, antimicrobial, and anticancer properties of *Vaccinium macrocarpon* Aiton and *Vaccinium oxycoccos* L. fruit extracts // *Pharmaceutics*. 2024. Vol. 16, N 6. Art. 735. DOI: 10.3390/pharmaceutics16060735.
14. Павлова И.А., Гавриленко И.В., Матяш Ю.С., и др. Факторы эффективной адаптации растений винограда *in vitro* к условиям *ex vitro* // *Магарач. Виноградарство и виноделие*. 2021. Т. 23, № 3. С. 226–232. DOI: 10.35547/IM.2021.30.22.003. EDN: SBRHOJ.
15. Sungurova N.R., Makarov S.S., Chudetsky A.I., et al. Adaptation features of kamchatka bilberry (*Vaccinium praestans* Lamb.) plants grown *in vitro* // *Russian Forestry Journal*. 2025. N 3. P. 121–131. DOI: 10.37482/0536-1036-2025-3-121-131. EDN: WYNPYM.
16. Перченко Н.А., Сергеева О.Н. Подбор оптимальных приемов для успешной адаптации и доращивания растений *in vivo* для массового производства посадочного материала жимолости с закрытой корневой системой // *Аграрная Россия*. 2024. № 1. С. 33–35. DOI: 10.30906/1999-5636-2024-1-33-35. EDN: GHAZPD.
17. Méndez-Hernández H.A., Loyola-Vargas V.M. Plant micropropagation and temporary immersion systems // *Methods Mol Biol*. 2024. Vol. 2827. P. 35–50. DOI: 10.1007/978-1-0716-3954-2_3.
18. Сундырева М.А., Ребров А.Н., Мишко А.Е., и др. Влияние концентрации сахарозы в питательной среде и слабых стрессовых воздействий на фотосинтетические показатели винограда при переводе из культуры *in vitro* в условия *ex vitro* // *Плодоводство и виноградарство Юга России*. 2023. № 79. С. 108–127. DOI: 10.30679/2219-5335-2023-1-79-108-127. EDN: UJRHYL.
19. Макаров С.С., Чудецкий А.И., Черятова Ю.С., и др. Особенности адаптации микрорастений *Rubus arcticus* L. к условиям *ex vitro* и *in vivo* // *Достижения науки и техники АПК*. 2025. Т. 39, № 3. С. 45–50. DOI: 10.53859/02352451_2025_39_3_45. EDN: UBSAKS.
20. Макаров С.С., Самойленко З.А., Макарова Т.А., и др. Адаптация клюквы крупноплодной (*Vaccinium macrocarpon* Ait.) к условиям *ex vitro* с применением гидропонного метода // *Вестник КрасГАУ*. 2023. № 11. С. 104–112. DOI: 10.36718/1819-4036-2023-11-104-112. EDN: YSPSNS.
21. Mazurek M., Siekierzyńska A., Piechowiak T., et al. Comprehensive analysis of highbush blueberry plants propagated *in vitro* and conventionally // *Int J Mol Sci*. 2023. Vol. 25, N 1. Art. 544. DOI: 10.3390/ijms25010544.
22. Schuchovski C., Sant'Anna-Santos B.F., Marra R.C., et al. Morphological and anatomical insights into de novo shoot organogenesis of *in vitro* 'Delite' Rabbiteye blueberries // *Heliyon*. 2020. Vol. 6, N 11. Art. e05468. DOI: 10.1016/j.heliyon.2020.e05468.

References

1. Debnath SC, Goyali JC. *In vitro* propagation and variation of antioxidant properties in micropropagated vaccinium berry plants – a review. *Molecules*. 2020;25(4):788. DOI: 10.3390/molecules25040788.
2. Makarov SS, Kuznetsova IB, Upadyshev MT, et al. Clonal micropropagation of cranberry (*Oxycoccus palustris* Pers.). *Food Production Engineering and Technology*. 2021;51(1):67-76. (In Russ.). DOI: 10.21603/2074-9414-2021-1-67-76.
3. Nechiporenko IV, Akimova SV, Kazakov PO. Peculiarities of *ex vitro* growing completion of bog cranberry (*Vaccinium oxycoccos* L.) with a closed root system. *Vegetable Crops of Russia*. 2023;5:49-61. (In Russ.). DOI: 10.18619/2072-9146-2023-5-49-61.
4. Tumaeva TA, Barkovskaya NA. Evaluation of the efficiency of using clonal micropropagation technology of planting material in nurseries. *Machinery and Equipment for Rural Area*. 2025;334:45-46. (In Russ.). DOI: 10.33267/2072-9642-2025-4-45-46.
5. Ghosh A, Igamberdiev AU, Debnath SC. Tissue culture-induced DNA methylation in crop plants: a review. *Mol Biol Rep*. 2021;48(1):823-841. DOI: 10.1007/s11033-020-06062-6.

6. Loyola-Vargas VM, Ochoa-Alejo N. An introduction to plant tissue culture: advances and perspectives. *Methods Mol Biol.* 2018;1815:3-13. DOI: 10.1007/978-1-4939-8594-4_1.
7. Wikandari R, Manikharda, Baldermann S., et al. Application of cell culture technology and genetic engineering for production of future foods and crop improvement to strengthen food security. *Bioengineered.* 2021;12(2):11305–11330. DOI: 10.1080/21655979.2021.2003665.
8. Anjanappa RB, Gruissem W. Current progress and challenges in crop genetic transformation. *J Plant Physiol.* 2021;261:153411. DOI: 10.1016/j.jplph.2021.153411.
9. Dhungana SA, Kunitake H, Niino T, et al. Cryopreservation of blueberry shoot tips derived from *in vitro* and current shoots using d cryo-plate technique. *Plant Biotechnol (Tokyo).* 2017;34(1):1-5. DOI: 10.5511/plantbiotechnology.16.1231b.
10. Marangelli F, Pavese V, Vaia G, et al. *In vitro* polyploid induction of highbush blueberry through de novo shoot organogenesis. *Plants (Basel).* 2022;11(8):2349. DOI: 10.3390/plants11182349.
11. Makarov SS, Cheryatova YuS, Chudetsky AI. Experience of Introducing large-fruited cranberry (*Vaccinium macrocarpon* Ait.) when growing in the Moscow Region. *Bulletin of KSAU.* 2025;4:33-46. (In Russ.). DOI: 10.36718/1819-4036-2025-4-33-46.
12. Liaudanskas M, Šedbarė R, Janulis V. Determination of biologically active compounds and antioxidant capacity *in vitro* in fruit of small cranberries (*Vaccinium oxycoccos* L.) growing in natural habitats in lithuania. *Antioxidants (Basel).* 2024;13(9):1045. DOI: 10.3390/antiox13091045.
13. Šedbarė R, Janulis V, Pavilionis A, et al. Comparative *in vitro* study: assessing phytochemical, antioxidant, antimicrobial, and anticancer properties of *Vaccinium macrocarpon* Aiton and *Vaccinium oxycoccos* L. fruit extracts. *Pharmaceutics.* 2024;16(6):735. DOI: 10.3390/pharmaceutics16060735.
14. Pavlova IA, Gavrilenko IV, Matyash YuS, et al. Factors of effective adaptation of grape *in vitro* plants to *ex vitro* conditions. *Magarach. Viticulture and Winemaking.* 2021;23(3):226-232. (In Russ.). DOI: 10.35547/IIM.2021.30.22.003.
15. Sungurova NR, Makarov SS, Chudetsky AI, et al. Adaptation features of kamchatka bilberry (*Vaccinium praestans* Lamb.) plants grown *in vitro*. *Russian Forestry Journal.* 2025;3:121-131. DOI: 10.37482/0536-1036-2025-3-121-131.
16. Perchenko NA, Sergeeva ON. Selection of optimal techniques for successful adaptation and further growing of plants *in vivo* for mass production of honeysuckle planting material with a closed root system. *Agrarnaya Rossiya.* 2024;1:33-35. (In Russ.). DOI: 10.30906/1999-5636-2024-1-33-35.
17. Méndez-Hernández HA, Loyola-Vargas VM. Plant micropropagation and temporary immersion systems. *Methods Mol Biol.* 2024;2827:35-50. DOI: 10.1007/978-1-0716-3954-2_3.
18. Sundyreva MA, Rebrov AN, Mishko AE, et al. Influence of sucrose concentration in the culture medium and weak stresses on the photosynthetic parameters of *in vitro* cultured grape plantlets during *ex vitro* acclimatization. *Fruit Growing and Viticulture of South Russia.* 2023;79:108-127. DOI: 10.30679/2219-5335-2023-1-79-108-127. (In Russ.).
19. Makarov SS, Chudetsky AI, Cheryatova YuS, et al. Features of adaptation of micro plants *Rubus arcticus* L. to *ex vitro* and *in vivo* conditions. *Dostizheniya nauki i tekhniki APK.* 2025;39(3):45-50. (In Russ.). DOI: 10.53859/02352451_2025_39_3_45.
20. Makarov SS, Samoilenko ZA, Makarova TA, et al. Adaptation of american cranberry (*Vaccinium macrocarpon* Ait.) to *ex vitro* conditions using the hydroponic method. *Bulletin of KSAU.* 2023;11:104-112. (In Russ.). DOI: 10.36718/1819-4036-2023-11-104-112.
21. Mazurek M, Siekierzyńska A, Piechowiak T, et al. Comprehensive analysis of highbush blueberry plants propagated *in vitro* and conventionally. *Int J Mol Sci.* 2023;25(1):544. DOI: 10.3390/ijms25010544.
22. Schuchovski C, Sant'Anna-Santos BF, Marra RC, et al. Morphological and anatomical insights into de novo shoot organogenesis of *in vitro* 'Delite' Rabbiteye blueberries. *Heliyon.* 2020;6(11):e05468. DOI: 10.1016/j.heliyon.2020.e05468.

Статья принята к публикации 23.03.2026 / The article accepted for publication 23.03.2026.

Информация об авторах:

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

Юлия Сергеевна Черятова, доцент кафедры декоративного садоводства и газоноведения, кандидат биологических наук, доцент

Елена Евгеньевна Орлова, доцент кафедры декоративного садоводства и газоноведения, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент

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

Information about the authors:

Sergey Sergeevich Makarov, Head of the Department of Ornamental Horticulture and Lawn Science, Doctor of Agricultural Sciences

Yulia Sergeevna Cheryatova, Associate Professor at the Department of Ornamental Horticulture and Lawn Science, Candidate of Biological Sciences, Associate Professor

Elena Evgenyevna Orlova, Associate Professor at the Department of Ornamental Horticulture and Lawn Science, Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor

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

