

УДК 606:634.739.2

АДАПТАЦИЯ КЛЮКВЫ БОЛОТНОЙ К НЕСТЕРИЛЬНЫМ УСЛОВИЯМ С ДОБАВЛЕНИЕМ ЭКОПРЕПАРАТОВ И ГОРМОНОВ

С. С. Макаров¹, И. Б. Кузнецова², С. А. Родин³, С. Ю. Цареградская³, А. И. Белан⁴

¹ Центрально-европейская лесная опытная станция Всероссийского научно-исследовательского института лесоводства и механизации лесного хозяйства
156013, Кострома, пр. Мира, 134

² Костромская государственная сельскохозяйственная академия
156530, Костромская обл., Костромской р-н, п. Караваево, Учебный городок, Караваевская с/а, 34

³ Всероссийский научно-исследовательский институт лесоводства
и механизации лесного хозяйства
141202, Московская обл., Пушкино, ул. Институтская, 15

⁴ Петрозаводский государственный университет
185910, Республика Карелия, Петрозаводск, пр. Ленина, 33

E-mail: makarov_serg44@mail.ru, sonnereiser@yandex.ru, info@vniilm.ru,
tsaregradskaya@vniilm.ru, anna.belan.66@mail.ru

Поступила в редакцию 05.07.21 г.

Приведены результаты исследований по укоренению *in vitro* растений клюквы болотной (*Oxycoccus palustris* Pers.) сортов Дар Костромы и гибридной формы 1-15-635 при клональном микроразмножении на питательной среде WPM 1/4 и адаптации их к нестерильным условиям. На этапе укоренения растений клюквы болотной *in vitro* при повышении концентрации ИУК от 0.5 до 1.0 мл/л и при добавлении препарата Экогель в концентрации 0.5 мг/л количество корней растений сорта Дар Костромы увеличивалось на 36.7 %, у гибридной формы 1-15-635 – на 7.4 %. На этапе адаптации клюквы болотной к нестерильным условиям *ex vitro* использовали субстраты из верхового торфа с добавлением экопрепаратов микоризного типа (Микориза, Биомикориза, Микогель). Максимальная приживаемость клюквы болотной (98–100 %) отмечена при использовании субстрата торфа с добавлением препарата Микориза. Сроки пересадки оказывали существенное влияние на приживаемость растений. Лучшие показатели (84–86 %) отмечены у представителей обоих сортов, пересаженных в мае. На участках верхового торфа приживаемость клюквы болотной составила 92–96 %. Урожайность ягод была высокой.

Ключевые слова: *in vitro*, клональное микроразмножение, сорт, корнеобразование, приживаемость, торф, урожайность.

DOI: 10.15372/SJFS20220105

ВВЕДЕНИЕ

Клюква болотная (*Oxycoccus palustris* Pers.) в Северном полушарии произрастает преимущественно на сфагновых болотах лесной зоны, лесотундры и тундры. Растения предпочитают постоянное умеренное увлажнение, умеренное минеральное питание, кислую реакцию среды, аэрацию субстрата, хорошую освещенность. В условиях культуры клюква бо-

лотная, по сравнению с клюквой крупноплодной (*O. macrocarpus* (Aiton) Pursh), более зимостойка, менее требовательна к теплообеспеченности вегетационного периода, но менее урожайная. При ее выращивании на плантациях наблюдается значительное повышение урожайности и эффективности культуры в сравнении с эксплуатацией естественных зарослей (Рекомендации..., 1977; Черкасов и др., 1981; Корепанова, Новиков, 2011). Самую высокую урожайность

на плантации дают высокопродуктивные сорта и гибриды этого ягодного растения (Коренев и др., 2019).

Кроме того, плоды и листья клюквы болотной имеют высокую пищевую и лекарственную ценность. В ягодах содержатся сахара (глюкоза, фруктоза – 2.4–4.7 %), органические кислоты (лимонная, бензойная, яблочная, хинная, щавелевая, олеаноловая, янтарная – 2.8–3.5 %), пектины (0.2–1.4 %), дубильные вещества, витамины С (8–30 мг %), В1, В2, В5, В6, РР, К1 (филлохинон), фолиевая кислота, бетаин, биофлавоноиды (антоциан, лейкоантоциан, катехины, флавонолы, фенолокислоты), микро- и макроэлементы (К, Р, Са, Fe, Mn, Mo, Cu, I, Mg, Ba, В, Со, Ag, Zn, Сг, Al) (Харитонов Л. А., Харитонов Н. К., 2010; Барнаулов, Поспелова, 2013; Brown et al., 2012). Клюква обладает широким спектром целебного воздействия и может применяться в медицине при лечении большого ряда различных заболеваний как антисептическое, противовоспалительное, гипотензивное, противогрибковое, антисклеротическое, гемостатическое средство (Сычев, 2011; Торилов, 2013; Колонтарев, Зайцев, 2014).

С каждым годом вследствие усиления антропогенного вмешательства в природные процессы сокращаются запасы и качество ягодных и грибных угодий. При этом также не менее актуальной остается проблема освоения неиспользуемых земель лесного фонда, включая выработанные и осушенные торфяные месторождения. Данные проблемы возможно разрешить путем промышленного выращивания лесных ягодных растений, в связи с чем необходимо создание ягодных плантаций на данных землях (Eck, 1990; Vilbaste et al., 1995; Черкасов, 2002; Noormets et al., 2003; Кожурин, 2007; Vahejõe et al., 2010; Тяк и др., 2016; Паспорт..., 2018).

Для массового выращивания клюквы болотной эффективен метод клонального микро-размножения, который позволяет в условиях лаборатории круглогодично получать большое количество оздоровленного и устойчивого к заболеваниям и вредителям посадочного материала (Калашникова, 2012; Сельскохозяйственная биотехнология..., 2015). Существующий на сегодняшний день опыт клонального микро-размножения клюквы болотной (Litwińczuk, 2013; Кухарчик и др., 2016; Зонтиков и др., 2019) не позволяет в полной мере оценить эффективность роста и развития растений после их адаптации к нестерильным условиям *ex vitro*. Кроме того, для повышения приживаемости и плодо-

ношения размноженных ранее растений *in vitro* при выращивании в естественных почвенных условиях могут использоваться современные экопрепараты, содержащие споры микоризы.

Цель настоящего исследования – изучить особенности адаптации растений клюквы болотной, размноженной методом *in vitro*, к нестерильным условиям *ex vitro* при использовании экопрепаратов микоризного типа и гормонов, а также исследовать рост и развитие клюквы после пересадки в естественные условия.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Исследования по выращиванию клюквы болотной в культуре *in vitro* и после ее пересадки в нестерильные условия *ex vitro* проводились по общепринятым методикам, адаптированным к местным условиям произрастания (Калашникова, 2012; Макаров и др., 2019), в лаборатории клонального микро-размножения растений на базе Центрально-европейской лесной опытной станции ВНИИЛМ в 2018–2020 гг. В качестве объектов использовались растения клюквы болотной сорта Дар Костромы и гибридной формы 1-15-635, полученные в результате селекционных работ Костромской лесной опытной станции ВНИИЛМ в 1998–1999 гг. и обладающие высокой урожайностью, крупноплодностью, зимостойкостью и другими хозяйственно ценными свойствами (Макеев, Макеева, 2014).

Этап «введение в культуру *in vitro*». Отобранные одревесневшие черенки клюквы болотной тщательно мыли щеткой с мылом и моющим средством «Лазурит» (ЗАО «Аист», Россия) в теплой проточной воде, промывали дистиллированной водой и отпускали на несколько секунд в 96%-й спирт. Черенки помещали в марлевые мешочки и стерилизовали в условиях ламинарного бокса. В качестве эксплантов использовали апикальные меристемы. Для стерилизации растительного материала (стеблей и почек), предназначенного для вычленения экспланта, применяли различные стерилизующие растворы: 0.1%-й сулемы, 5%-й экостерилизатора бесхлорного, 0.2%-й азотнокислого серебра, 5%-й препарата Лизоформин 3000 (Lizoform Dr. Hans Rosemann GmbH, Германия). Время стерилизации – 5, 10, 15 и 20 мин. После стерилизации растительные объекты тщательно отмывали от стерилизующих веществ пятикратным ополаскиванием дистиллированной водой. Проводили ополаски-

вание при пяти–семикратной смене стерильной воды. Экспланты переносили на питательную среду в пробирки и закрывали культуральный сосуд пленкой. Выделенные экспланты культивировали в течение 5 нед в условиях световой комнаты при температуре 22–25 °С, интенсивности света 1500 лк, фотопериоде 16/8 ч. Через 14 дней учитывали жизнеспособность эксплантов по соотношению живых эксплантов к общему количеству введенных в культуру. После формирования побегов (через 25–30 сут) в каждом варианте высаживали по 100 апикальных меристем.

Этап «собственно микроразмножение».

В условиях ламинарного бокса исходные растения-регенеранты клюквы болотной извлекали из культурального сосуда, разделяли их на микрочеренки длиной 1–2 см и пересаживали на питательную среду Woody Plant Medium (WPM) (Lloyd, McCown, 1980), разбавленную в 4 раза (рН среды 4.0–4.5), содержащей микро- и макроэлементы, витамины, сахарозу, агар-агар. В качестве регулятора роста применяли 2-изопентиладенин (2-iP) в концентрациях 0.5–1.0 мг/л. Культуральные сосуды закрывали пищевой пленкой и переносили в световую комнату, где поддерживали освещение 2500–6000 лк, 16-часовой фотопериод, температуру 23–25 °С и влажность воздуха 70–80 %. Культивирование клюквы проводили в течение 48–65 сут.

Этап «укоренение *in vitro*». Микрочеренки клюквы болотной пересаживали на питательную среду WPM 1/4, содержащую в качестве регулятора роста индолилуксусную кислоту (ИУК) в концентрациях 0.5 и 1.0 мг/л. Для стимулирования корнеобразования использовали препарат Экогель ВР («Биохимические технологии», Россия) в концентрации 0.5 мл/л, полифункциональный агроэкологический активатор роста, болезнестойчивости и урожайности различных культур, основным действующим веществом которого является хитозан – мощный корнеобразователь и индуктор иммунитета растений (рис. 1). Растения разделяли на микрочеренки длиной 1.0–1.5 см с двумя междоузлиями и пересаживали их на питательную среду, содержащую ауксины. После этого горлышко сосуда закрывали пищевой пленкой и ставили в световую комнату, где поддерживали освещение 2500–3000 лк, 16-часовой фотопериод, температуру 25 °С и относительную влажность воздуха 80 %. Культивирование проводили в течение 30–50 сут.



Рис. 1. Корнеобразование микрорастений клюквы болотной *in vitro* с добавлением препарата Экогель (а) и без него (б).

Учитывали количество образуемых корней. Повторность опыта – трехкратная, по 10 микро-растений в каждой.

Этап адаптации к нестерильным условиям *ex vitro*. Растения клюквы болотной с хорошо развитой корневой системой вынимали из пробирки и промывали корни в 1%-м растворе KMnO_4 (слабо-розовый цвет) для предотвращения развития патогенной микрофлоры. Укорененные в пробирках растения пересаживали в кассеты объемом 81.7 см³ с различными по составу субстратами и поливали водой, опрыскивали водой и надевали колпачки. Предварительно субстраты проливали 5%-м раствором KMnO_4 и оставляли на неделю в темном месте. В качестве субстрата использовали верховой торф, предварительно пропаренный при температуре 90 °С, а также торф с песком в соотношении 1 : 1. Далее вносили экопрепараты микоризного типа – Микориза (Bioelements Ltd., Великобритания), Биомикориза («Ортон», Россия), Микогель (Kimites, Испания), разведенные в воде в соотношении 1 : 10. Субстрат поливали полученными растворами, проводили мульчирование высушенным мхом сфагнумом (*Sphagnum* L.) и оставляли на 10 дней, после чего в него высаживали растения-регенеранты в различные сроки (рис. 2). Повторность опыта – трехкратная.

После адаптации к субстратам растения в разные сроки пересаживали в условия верхово-



Рис. 2. Микрорастения клюквы болотной, адаптированные к нестерильным условиям *ex vitro*.

го торфа на опытном участке Центрально-европейской лесной опытной станции ВНИИЛМ, находящемся в Костромском районе Костромской области (южно-таежный лесной район Европейской части России). Спустя 2 мес после высадки (июнь) учитывали приживаемость и биометрические показатели (длина побегов). После зимовки на 2-й год выращивания в мае учитывали приживаемость, на 3-й год – также приживаемость (май) и плодоношение (август) растений. Статистическую обработку данных проводили с использованием программного обеспечения AGROS 2.11 и Microsoft Office Excel 2016. Достоверность различий между средними данными вариантов опыта оценивали с помощью наименьшей существенной разности для 5%-го уровня значимости (HCP_{05}). Для получения биометрических показателей растений на этапе укоренения *in vitro* применяли дисперсионный двухфакторный анализ, где фактор А – концентрация ауксина, фактор В – наличие экопрепарата в питательной среде (Доспехов, 1985).

Таблица 2. Влияние состава субстрата на приживаемость и биометрические показатели адаптируемых растений клюквы болотной

Состав субстрата	Приживаемость, %	Число листьев, шт.	Средняя длина побегов, см
<i>Сорт Дар Костромы</i>			
Торф верховой	46	5.9 ± 0.15	2.5 ± 0.40
Торф + Микориза	100	8.0 ± 0.46	3.9 ± 0.35
Торф + Биомикориза	66	5.6 ± 0.23	3.0 ± 0.17
Торф + песок 1:1 + Микогель	74	7.3 ± 0.34	3.0 ± 0.21
HCP_{05}		$F < F_{st}$	$F < F_{st}$
<i>Гибридная форма 1-15-635</i>			
Торф верховой	48	4.9 ± 0.29	2.0 ± 0.18
Торф + Микориза	98	8.2 ± 0.44	4.9 ± 0.31
Торф + Биомикориза	64	4.8 ± 0.25	3.2 ± 0.22
Торф + песок 1:1 + Микогель	72	6.4 ± 0.38	2.7 ± 0.20
HCP_{05}		$F < F_{st}$	$F < F_{st}$

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

При укоренении клюквы болотной с повышением в питательной среде концентрации ИУК от 0.5 до 1.0 мг/л и добавлением препарата Экогель в концентрации 0.5 мг/л наблюдалось увеличение числа корней у растений сорта Дар Костромы – в 1.4 раза, у гибрида 1-15-635 – в 1.1 раза (табл. 1). В вариантах без использования препарата Экогель при повышении концентрации ауксина ИУК оно увеличивалось лишь у гибридной формы (в 1.2 раза).

На этапе адаптации клюквы болотной к нестерильным условиям различные варианты состава субстрата оказывали разное влияние на приживаемость, количество и среднюю длину листьев. Наибольшая приживаемость растений (98–100 %) у обоих сортов наблюдали при использовании субстрата из торфа с Микоризой. На субстрате торф + песок 1 : 1 с добавлением препарата Микогель приживаемость была меньше (72–74 %), на торфе с препаратом Биомикориза – еще меньше (табл. 2).

Таблица 1. Число корней клюквы болотной на одно растение в зависимости от концентрации ИУК и добавления препарата Экогель

Сорт	Концентрация ИУК, мг/л	Число корней, шт.	
		с Экогелем, 0.5 мл/л	без Экогеля
Дар Костромы	0.5	3.0	1.8
	1.0	4.1	1.4
Гибрид 1-15-635	0.5	2.7	1.7
	1.0	2.9	2.1

Примечание. HCP_{05} : фактор А = 0.83, фактор В = 0.62, общ. = 1.18.



Рис. 3. Корневая система клюквы болотной *ex vitro* на торфяном субстрате с добавлением препарата Микориза (а) и без экопрепаратов (б).

Аналогичная закономерность отмечена по числу листьев и по средней длине побегов: наилучшие показатели выявлены также на субстрате из торфа с добавлением препарата Микориза, а наименьшие – на верховом торфе без использования экопрепаратов (рис. 3).

Таблица 3. Приживаемость растений клюквы болотной в зависимости от сроков пересадки в нестерильные условия

Месяц и число пересадки	Приживаемость, %	
	Сорт Дар Костромы	Гибридная форма 1-15-635
Март:		
10	40	44
20	42	40
30	42	69
В среднем за месяц	41.3	51
Апрель:		
10	30	34
20	42	44
30	70	74
В среднем за месяц	47.3	50.6
Май:		
10	76	78
20	80	84
30	96	96
В среднем за месяц	84	86

При пересадке в марте клюквы болотной в нестерильные условия в разные сроки (через каждые 10 дней) приживаемость растений гибридной формы (51 %) была в 1.2 раза выше, чем у сорта Дар Костромы, при пересадке в апреле – в 1.1 раза больше. Наилучшая приживаемость отмечена у растений клюквы обоих сортов, пересаженных в мае (табл. 3).

После пересадки растений на опытной участок с верховым торфом в 1-й год выращивания приживаемость растений клюквы болотной изучаемых сортов составила 92–96 % (табл. 4).

Наибольший суммарный прирост побегов (30 см на одно растение) отмечен у сорта Дар Костромы, у гибридной формы он был в 1.1 раза меньше.

На 2-й год выращивания на опытном участке суммарный прирост побегов у гибридной формы (122.2 см) оказался в 1.3 раза большим по сравнению с сортом Дар Костромы. На 3-й год суммарные приросты побегов не имели существенных различий между сортами.

Цветение высаженных растений клюквы болотной обоих сортов наблюдали на 2-й год выращивания в I декаде мая (рис. 4).

В 1-й год после пересадки растений клюквы болотной, полученных методом клонального микроразмножения, на участок верхового торфа ягоды не образовывались, на 2-й год у обоих сортов они были единичны, а на 3-й год их урожайность у сорта Дар Костромы составила 856 г/м², гибридной формы – 1-15-635 – 890 г/м².

Таблица 4. Приживаемость и биометрические показатели клюквы болотной на опытном участке в условиях верхового торфа

Показатель	Год выращивания	Дар Костромы	Гибридная форма 1-15-635
Приживаемость, %	1-й	92	96
	2-й	100	100
	3-й	100	100
Число побегов, шт./растение	1-й	3.0 ± 0.25	2.8 ± 0.21
	2-й	5.2 ± 0.31	4.5 ± 0.28
	3-й	6.5 ± 0.43	6.1 ± 0.39
НСР ₀₅		F < F _{st}	F < F _{st}
Длина побегов, см	1-й	10.0 ± 0.44	9.8 ± 0.37
	2-й	18.0 ± 0.93	18.3 ± 0.96
	3-й	26.1 ± 1.01	27.3 ± 1.08
НСР ₀₅		F < F _{st}	F < F _{st}
Суммарный прирост побегов, см/растение	1-й	30.0 ± 1.20	27.8 ± 1.13
	2-й	93.0 ± 3.42	122.2 ± 3.92
	3-й	169.8 ± 7.10	166.7 ± 6.98
НСР ₀₅		F < F _{st}	F < F _{st}



Рис. 4. Цветение клюквы болотной сорта Дар Костромы в естественных условиях на верховом торфе.

Таким образом, использование экопрепаратов с содержанием микоризы при адаптации клюквы болотной сорта Дар Костромы и гибридной формы 1-15-635 к нестерильным условиям и последующей высадке в открытый грунт благоприятно влияют на приживаемость, сохранность и урожайность растений.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

По результатам проведенных исследований по выращиванию растений клюквы болотной в культуре *in vitro*, последующей их адаптации к нестерильным условиям и к естественным условиям выработанного торфяника можно сделать следующие выводы:

1. При повышении концентрации ИУК от 0.5 до 1.0 мг/л и добавлении в питательную среду WPM 1/4 препарата Экогель в концентрации 0.5 мг/л на этапе укоренения клюквы болотной *in vitro* увеличивалось количество корней растений сорта Дар Костромы и гибридной формы 1-15-635.
2. На этапе адаптации к нестерильным условиям наилучшие показатели приживаемости и биометрических характеристик (средняя длина побегов, количество листьев) растений обоих сортов выявлены при использовании субстрата из торфа с добавлением экопрепарата Микориза.
3. При пересадке клюквы болотной в нестерильные условия максимальная приживаемость (84–86 %) наблюдалась у растений обоих сортов, пересаженных в мае.
4. При выращивании пересаженных растений клюквы болотной в естественных условиях на верховом торфе урожайность на 3-й год составляла 856–890 г/м².

Таким образом, использование метода клонального микроразмножения с применением экопрепаратов и гормонов на этапах укоренения микропобегов и адаптации растений к нестерильным условиям целесообразно при создании ягодных плантаций с целью промышленного выращивания сортового посадочного материала клюквы болотной, а также улучшения приживаемости и повышении урожайности растений в условиях выработанных торфяников. Это будет способствовать обеспечению многоцелевого, рационального, непрерывного и неистощительного лесопользования, в том числе и для удовлетворения потребностей общества в недревесных ресурсах леса.

Работа выполнена в рамках государственного задания Федерального агентства лесного хозяйства Российской Федерации по плановой теме «Разработка способов получения посадочного материала лесных ягодных растений для выращивания на нелесных землях» (Приказ Рослесхоза № 1061 от 25.12.2018).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ (REFERENCES)

- Барнаулов О. Д., Поспелова М. Л. Лекарственные свойства фруктов и ягод. СПб.: Информ-Навигатор, 2013. 256 с. [Barnaulov O. D., Pospelova M. L. Lekarstvennyye svoystva fruktoy i yagod (Medicinal properties of fruits and berries). St. Petersburg: Inform-Navigator, 2013. 256 p. (in Russian)].
- Доспехов Б. А. Методика полевого опыта. М.: Агропромиздат, 1985. 351 с. [Dospikhov B. A. Metodika polevogo opyta (Field experiment technique). Moscow: Agropromizdat, 1985. 351 p. (in Russian)].
- Зонтиков Д. Н., Зонтикова С. А., Малахова К. В., Марамохин Э. В. Влияние состава питательных сред и регуляторов роста при клональном микроразмножении некоторых полиплоидных форм рода *Vaccinium* L. // Изв. Самар. НЦ РАН. 2019. Т. 21. № 2. С. 39–44 [Zontikov D. N., Zontikova S. A., Malakhova K. V., Maramokhin E. V. Vliyanie sostava pitatel'nykh sred i regul'yatorov rosta pri klonal'nom mikrorazmnozhenii nekotorykh poliploidnykh form roda *Vaccinium* L. (Influence of the composition of nutritional media and growth regulators during clonal micropropagation of some polyploid forms of the genus *Vaccinium* L.) // Izv. Samar. NTs RAN (Bull. Samara Sci. Center Rus. Acad. Sci.). 2019. V. 21. N. 2. P. 39–44 (in Russian with English abstract)].
- Калашникова Е. А. Клеточная инженерия растений: учеб. пособ. М.: РГАУ-МСХА, 2012. 318 с. [Kalashnikova E. A. Kletochnaya inzheneriya rasteniy: ucheb. posob. (Cellular engineering of plants: tutorial). Moscow: RGAU-MSHA (Rus. St. Agr. Univ. – Moscow Agr. Acad. named after K. A. Timiryazev), 2012. 318 p. (in Russian)].

- Кожурин С. И. Организация управления адаптивным природопользованием: моногр. Кострома: Костром. гос. технол. ун-т, 2007. 183 с. [Kozhurin S. I. Organizatsiya upravleniya adaptivnym prirodogopol'zovaniem: monogr. (Organization of management of adaptive nature management: monograph.). Kostroma: Kostrom. gos. tekhnol. un-t (Kostroma St. Univ. Technol.), 2007. 183 p. (in Russian)].
- Колонтарев К. Б., Зайцев А. В. Применение проантоцианидинов клюквы в терапии рецидивирующей мочевой инфекции. Обзор литературы и собственный опыт // Мед. совет. 2014. № 19. С. 28–31 [Kolontarev K. B., Zaytsev A. V. Primenenie proantotsianidinov klyukvy v terapii retsidiviruyushchey mochevoy infektsii. Obzor literatury i sobstvennyy opyt (Use of cranberry proanthocyanidins in the treatment of recurrent urinary tract infection. Literature review and own experience) // Med. sovet (Med. Council). 2014. N. 19. P. 28–31 (in Russian with English abstract)].
- Корнев И. А., Тяк Г. В., Макаров С. С. Создание новых сортов лесных ягодных растений и перспективы их интенсивного размножения (*in vitro*) // Лесохоз. информ. 2019. № 3. С. 180–189 [Korenev I. A., Tyak G. V., Makarov S. S. Sozdanie novykh sortov lesnykh yagodnykh rasteniy i perspektivy ikh intensivnogo razmnozheniya (*in vitro*) (Creation of new varieties of forest berry plants and the prospects of their intensive reproduction (*in vitro*)) // Lesokhoz. inform. (For. inform.). 2019. N. 3. P. 180–189 (in Russian with English abstract)].
- Корепанова Д. Д., Новиков И. Л. Выращивание плантационной клюквы на минеральных и торфяных почвах в условиях Удмуртской Республики // Вестн. Удмурт. гос. ун-та. Биол. Науки о земле. 2011. Вып. 3. С. 43–46 [Korepanova D. D., Novikov I. L. Vyrashchivanie plantatsionnoy klyukvy na mineral'nykh i torfyanykh pochvakh v usloviyakh Udmurtskoy Respubliki (Cultivation of plantation cranberry on mineral and peat soils in the conditions of the Udmurt Republic) // Vest. Udmurt. gos. un-ta. Biol. Nauki o zemle (Bull. Udmurt St. Univ. Biol. Earth Sci.). 2011. Iss. 3. P. 43–46 (in Russian with English abstract)].
- Кухарчик Н. В., Кастрицкая М. С., Семенов С. Э., Колбанова Е. В., Красинская Т. А., Воловский Н. Н., Соловей О. В., Змущко А. А., Божидай Т. Н., Рундя А. П., Малиновская А. М. Размножение плодовых растений в культуре *in vitro* / Ред. Н. В. Кухарчик. Минск: Беларус. навука, 2016. 208 с. [Kuharchik N. V., Kastrickaya M. S., Semenas S. E., Kolbanova E. V., Krasinskaya T. A., Volosevich N. N., Solovej O. V., Zmushko A. A., Bozhidaj T. N., Rundya A. P., Malinovskaya A. M. Razmnozhenie plodovykh rasteniy v kul'ture *in vitro* (Reproduction of fruit plants *in vitro* culture) / N. V. Kukharchik (Ed.). Minsk: Belarus. Navuka, 2016. 208 p. (in Russian)].
- Макаров С. С., Калашикова Е. А., Кузнецова И. Б., Киракосян Р. Н. Выращивание лесных ягодных растений в условиях *in vitro*: лаб. практ. Караваево: Костром. гос. с.-х. акад., 2019. 48 с. [Makarov S. S., Kalashnikova E. A., Kuznetsova I. B., Kirakosyan R. N. Vyrashchivanie lesnykh yagodnykh rasteniy v usloviyakh *in vitro*: lab. pract (Cultivation of forest berry plants *in vitro*: lab. pract.). Karavaevo: Kostrom. gos. s.-h. akad. (Kostroma St. Agr. Acad.), 2019. 48 p. (in Russian)].
- Макеев В. А., Макеева Г. Ю. Клюква // Помология. Т. V. Земляника. Малина. Орехоплодные и редкие культуры. Орел: ВНИИСПК, 2014. С. 419–431 [Makeev V. A., Makeeva G. Yu. Klyukva (Cranberry) // Pomologiya. T. V. Zemlyanika. Malina. Orekhoplodnye i redkie kul'tury (Pomology. V. 5. Strawberry. Raspberry. Walnut and rare crops). Orel: VNIISPК (All-Rus. Sci. Res. Inst. Fruit Crops Breed.), 2014. P. 419–431 (in Russian)].
- Паспорт национального проекта «Экология». Утв. протоколом президиума Совета при Президенте РФ по стратегическому развитию и национальным проектам от 24.12.2018 № 16 [Pasport natsional'nogo proekta «Ekologiya». Utv. protokolom prezidiuma Soveta pri Prezidente RF po strategicheskemu razvitiyu i nacional'nym proektam ot 24.12.2018 N. 16 (Passport of the National project «Ecology». App. by Protocol of the Presidium of the Council under the President of the Russian Federation for Strategic Development and National Projects dated December 24, 2018 N. 16) (in Russian)].
- Рекомендации по созданию плантаций клюквы в европейских районах СССР. Гомель, 1977. 25 с. [Rekomendatsii po sozdaniyu plantatsiy klyukvy v evropeyskikh rayonakh SSSR (Recommendations for the creation of cranberry plantations in the European regions of the USSR). Gomel, 1977. 25 p. (in Russian)].
- Сельскохозяйственная биотехнология и биоинженерия: учебник. Изд. 4-е, перераб. и доп. / Под общ. ред. В. С. Шевелухи. М.: URSS, 2015. 700 с. [Sel'skokhozyaystvennaya biotekhnologiya i bioinzheneriya (Agricultural biotechnology and bioengineering): textbook. 4th Ed., revised and updated / V. S. Shevelukha (Ed.). Moscow: URSS, 2015. 700 p. (in Russian)].
- Сычев Д. А. Применение препаратов клюквы в урологической практике: взгляд клинического фармаколога // Урология. 2011. № 6. С. 97–103 [Sychev D. A. Primenenie preparatov klyukvy v urologicheskoy praktike: vzglyad klinicheskogo farmakologa (The use of cranberry preparations in urological practice: the view of a clinical pharmacologist) // Urologiya (Urology). 2011. N. 6. P. 97–103 (in Russian with English abstract)].
- Ториков В. Е. Лекарственная ценность овощных, плодово-ягодных, полевых растений и дикоросов: моногр. Брянск: Брян. ГСХА, 2013. 292 с. [Torikov V. E. Lekarstvennaya tsennost' ovoshchnykh, plodovo-yagodnykh, polevykh rasteniy i dikorosov (Medicinal value of vegetables, fruits and berries, field plants and wild plants). Bryansk: Bryan. GSHA (Bryansk St. Agr. Acad.), 2013. 292 p. (in Russian)].
- Тяк Г. В., Курлович Л. Е., Тяк А. В. Биологическая рекультивация выработанных торфяников путем создания посадок лесных ягодных растений // Вестн. Казан. гос. агр. ун-та. 2016. Т. 11. № 2. С. 43–46 [Tyak G. V., Kurlovich L. E., Tyak A. V. Biologicheskaya rekultivatsiya vyrabotannykh torfyanikov putem sozdaniya posadok lesnykh yagodnykh rasteniy (Biological reclamation of depleted peatlands by creating plantings of forest berry plants) // Vestn. Kazan. gos. agr. un-ta (Bull. Kazan St. Agr. Univ.). 2016. V. 11. N. 2. P. 43–46 (in Russian with English abstract)].
- Харитонов Л. А., Харитонов Н. К. Все о ягодах. Маленькая энциклопедия с рецептами. М.: Эксмо, 2010. 232 с.

- [Kharitonova L. A., Kharitonova N. K. Vse o yagodakh. Malen'kaya entsiklopediya s retseptami (All about berries. A small encyclopedia with recipes). Moscow: Eksmo, 2010. 232 p. (in Russian)].
- Черкасов А. Ф. Плантационное возделывание клюквы в США // Лесн. хоз-во. 2002. № 4. С. 46 [Cherkasov A. F. Plantatsionnoe vozdelывanie klyukvy v SShA (Plantation cultivation of cranberries in the USA) // Lesn. khoz-vo (For.). 2002. N. 4. P. 46 (in Russian)].
- Черкасов А. Ф., Буткус В. Ф., Горбунов А. Б. Клюква. М.: Лесн. пром-сть, 1981. 214 с. [Cherkasov A. F., Butkus V. F., Gorbunov A. B. Klyukva (Cranberry). Moscow: Lesn. Prom-st' (For. Industry), 1981. 214 p. (in Russian)].
- Brown P. N., Turi C. E., Shipley P. R., Murch S. J. Comparisons of large (*Vaccinium macrocarpon* Ait.) and small (*Vaccinium oxycoccos* L., *Vaccinium vitis-idaea* L.) cranberry in British Columbia by phytochemical determination, antioxidant potential, and metabolomic profiling with chemometric analysis // Planta. Med. 2012. V. 78. N. 6. P. 630–640.
- Eck P. The American cranberry. New Brunswick and London: Rutgers Univ. Press, 1990. 420 p.
- Litwińczuk W. Micropropagation of *Vaccinium* sp. by in vitro axillary shoot proliferation // Protocols for micropropagation of selected economically-important horticultural plants. NY, Springer Sci., Business Media, 2013. P. 63–76.
- Lloyd G., McCown B. Commercially-feasible micropropagation of Mountain Laurel, *Kalmia latifolia*, by use of shoot tip culture // Comb. Proc. Int. Plant Propagator's Soc. 1980. N. 30. P. 421–427.
- Noormets M., Karp K., Paal T. Recultivation of opencast peat pits with *Vaccinium* culture in Estonia // Ecosystems and Sustainable Development IV. Wessex Inst. Technol., UK & J-L. USO, Univ. Jaume I, Spain, 2003. N. 2. P. 1005–1014.
- Vahejõe K., Albert T., Noormets M., Karp K., Paal T., Starast M., Värnik R. Berry cultivation in cutover peatlands in Estonia: agricultural and economical aspects // Balt. For. 2010. V. 16. N. 2. P. 264–272.
- Vilbaste H., Vilbaste J., Ader K. Cranberry – the grape of the north. Tallinn: Ministry of Environ., Rep. Estonia, Nigula St. Nat. Reserve, 1995. 16 p.

ADAPTATION OF EUROPEAN CRANBERRY TO NON-STERILE CONDITIONS WITH THE ADDITION OF ORGANIC PRODUCTS AND HORMONES

S. S. Makarov¹, I. B. Kuznetsova², S. A. Rodin³, S. Yu. Tsaregradskaya³, A. I. Belan⁴

¹ Central European Forest Experimental Station,
All-Russian Scientific Research Institute of Silviculture and Mechanization of Forestry
Prospekt Mira, 134, Kostroma, 156013 Russian Federation

² Kostroma State Agricultural Academy
Uchebny Gorodok str., 34, Karavaevskaya s/a, Karavaevo, Kostroma District, Kostroma Oblast,
156530 Russian Federation

³ All-Russian Scientific Research Institute of Silviculture and Mechanization of Forestry
Institutskaya str., 15, Pushkino, Moscow Oblast, 141202 Russian Federation

⁴ Petrozavodsk State University
Prospekt Lenina, 33, Petrozavodsk, Republic of Karelia, 185910 Russian Federation

E-mail: makarov_serg44@mail.ru, sonnereiser@yandex.ru, info@vniilm.ru,
tsaregradskaya@vniilm.ru, anna.belan.66@mail.ru

The results of studies on rooting *in vitro* of European cranberry *Oxycoccus palustris* Pers. plants of Dar of Kostroma cultivar and hybrid form 1-15-635 during clonal micropropagation on a WPM 1/4 nutrient medium and its adaptation to non-sterile conditions. With an increase in the concentration of IAA from 0.5 to 1.0 ml/l and with the addition of Ecogel at a concentration of 0.5 mg/l the number of roots of European cranberry plants of the Dar of Kostroma cultivar increased by 36.7 %, of the hybrid form 1-15-635 – by 7.4 % at the stage of rooting *in vitro*. Substrates from high-moor peat are used with the addition of mycorrhizal-type ecological preparations (Mycorrhiza, Biomikoriza, Mycogel) at the stage of adaptation of European cranberry to non-sterile conditions *ex vitro*. The maximum survival (98–100 %) of cranberry are observed when using a peat substrate with the addition of Mycorrhiza. The timing of transplantation had a significant impact on the survival rate of cranberry plants. The best survival rates (84–86 %) are observed in plants of both cultivars transplanted in May. The survival rate of plants is high (92–96 %) in the first year of cultivation after transplanting European cranberry to a high-moor peat plot under natural conditions. Yield data has a high values.

Keywords: *in vitro*, clonal micropropagation, cultivar, root formation, survival rate, peat, yield.

How to cite: Makarov S. S., Kuznetsova I. B., Rodin S. A., Tsaregradskaya S. Yu., Belan A. I. Adaptation of European cranberry to non-sterile conditions with the addition of organic products and hormones // *Sibirskij Lesnoj Zhurnal* (Sib. J. For. Sci.). 2022. N. 1. P. 52–60 (in Russian with English abstract and references).