ЛЕСНАЯ СЕЛЕКЦИЯ И ГЕНЕТИКА

Научная статья

УДК 634.739 DOI 10.24419/LHI.2304-3083.2021.4.08

Адаптация сортового посадочного материала брусники обыкновенной к нестерильным условиям *ex vitro* для выращивания на нелесных землях

Антон Игоревич Чудецкий¹

Сергей Анатольевич Родин²

доктор сельскохозяйственных наук, академик РАН

Лилия Валерьевна Зарубина³

доктор сельскохозяйственных наук

Ирина Борисовна Кузнецова⁴

кандидат сельскохозяйственных наук

Аннотация. Приведены результаты исследований адаптации растений брусники обыкновенной (Vaccinium vitis-idaea L.) сортов Костромская розовая, Костромичка и Koralle к нестерильным условиям ex vitro с применением различных составов субстрата, современных ростостимулирующих препаратов и мульчированием. В качестве субстратов использовали торф верхового типа, смеси торфа с песком (1:1), вермикулитом (1:4) и перлитом (1:4). Обработку растений осуществляли путем опрыскивания водой и растворами ростостимулирующих препаратов Циркон 0,5 мл/л и НВ-101 0,1 мл/л. Установлено, что май – оптимальный срок пересадки растений при адаптации посадочного материала брусники обыкновенной in vitro к нестерильным условиям ех vitro. Наилучшая приживаемость (90-98 %) отмечена на торфе верхового типа во всех вариантах обработки и на смесях торфа с перлитом (1:4) и вермикулитом (1:4) с обработкой препаратом НВ-101 о,1 мл/л. Наибольшее количество побегов (5,1–7,2 шт.) брусники обыкновенной ex vitro зафиксировано на субстрате из верхового торфа, а количество листьев (96,7–115,2шт.) – на смеси торфа с вермикулитом 1:4. Максимальные значения биометрических показателей брусники на всех субстратах наблюдались в вариантах обработки препаратом HB-101 0,1 мл/л.При мульчировании посадок брусники мхом Sphagnum L. отмечена более высокая приживаемость (92–99 %) растений по сравнению с опытами без мульчирования. Существенных различий между вариантами опытов с мульчированием и без него по количеству побегов и листьев брусники обыкновенной не выявлено.

Ключевые слова: брусника обыкновенная, лесные ягодные растения, клональное микроразмножение, in vitro, adanmaция, ex vitro, cy6cmpam, приживаемость.

Для цитирования: Чудецкий А.И., Родин С.А., Зарубина Л.В., Кузнецова И.Б. Адаптация сортового посадочного материала брусники обыкновенной к нестерильным условиям ех vitro для выращивания на нелесных землях // Лесохозяйственная информация. 2021. № 4. С. 106—113. DOI 10.24419/ LHI.2304-3083.2021.4.08

 $^{^1}$ Центрально-европейская лесная опытная станция, филиал Всероссийского научно-исследовательского института лесоводства и механизации лесного хозяйства, ведущий инженер (Кострома, Российская Федерация), a.chudetsky@mail.ru

² Всероссийский научно-исследовательский институт лесоводства и механизации лесного хозяйства, заместитель директора по научной работе (Пушкино, Московская обл., Российская Федерация), info@vniilm.ru

³ Вологодская государственная молочнохозяйственная академия имени Н.В. Верещагина, профессор (Вологда, Российская Федерация), liliya270975@yandex.ru

⁴ Костромская государственная сельскохозяйственная академия, доцент (Кострома, Российская Федерация), sonnereiser@yandex.ru

Original article

DOI 10.24419/LHI.2304-3083.2021.4.08

Adaptation of Varietal Planting Material of Lingonberry to Non-Sterile Conditions ex vitro for Growingon Non-Forest Lands

Anton I. Chudetsky1

Sergey A. Rodin²

Doctorof Agricultural Sciences, Academician of the Russian Academy of Sciences

Lilia V. Zarubina³

Doctorof Agricultural Sciences

Irina B. Kuznetsova4

Candidate of Agricultural Sciences

Abstract. The results of studies on the adaptation of plants of lingonberry (Vaccinium vitis-idaea L.) of Kostromskaya rozovaya, Kostromichka and Koralle cultivars to non-sterile ex vitro conditions using various substrate compositions, modern growth-stimulating drugs and mulching are presented. High-moor peat, mixtures of peat with sand (1:1), with vermiculite (1:4) and perlite (1:4) are used as substrates. Spraying with water and solutions of growth-stimulating preparation Zircon 0.5 ml/l and HB-101 0.1 ml/l are used as treatment options. May is the optimal time for plant transplantation when adapting the planting stock of common lingonberry in vitro to non-sterile ex vitro conditions. The best survival rate (90-98%) is observed on high-moor peat in all treatment options and on mixtures of peat with perlite (1:4) and vermiculite (1:4) with treatment with HB-101 0.1 ml/l. The maximum values of the number of shoots (5.1-7.2 pcs.) lingonberry ex vitro are observed on the high-moor peat substrate, the number of leaves (96.7-115.2 pcs.) - on a mixture of peat with vermiculite 1:4. The maximum values of the biometric parameters of lingonberry on all substrates are in the variants of treatment with the HB-101 preparation 0.1 ml/l. A higher survival rate (92-99 %) of lingonberry plants is noted when mulching plantations with Sphagnum L. moss in comparison with experiments without mulching. There are no significant differences between the variants of experiments with and without mulching in the number of shoots and leavesling on berry.

Key words: lingonberry, forest berry plants, clonal micropropagation, in vitro, adaptation, ex vitro, substrate, survival rate.

For citation: Chudetsky A., Rodin S., Zarubina L., Kuznetsova I. Adaptation of Varietal Planting Material of Lingonberry to Non-Sterile Conditions exvitro for Growing on Non-Forest Lands // Forestry information. 2021. № 4. P. 106–113.DOI 10.24419/LHI.2304-3083.2021.4.08

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

 $^{^2}$ Russian Research Institute of Silviculture and Mechanization of Forestry, Deputy Directorfor Research (Pushkino, Moscow region, Russian Federation), info@vniilm.ru

³ Vologda State Dairy Academy named after N.V. Vereshchagin, Professor, Agriculture and Agrochemistry Chair (Vologda, Russian Federation), liliya270975@yandex.ru

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

последние десятилетия, в связи с повышенной антропогенной и техногенной нагрузкой, ухудшением экологической ситуации, происходит интенсивное снижение запасов естественных угодий хозяйственно ценных видов лесных ягодных растений, а некоторые виды исчезают. По этой причине, а также из-за очень низкой транспортной доступности лесов в таежной зоне и сокращения сельского населения как потенциальных заготовителей пищевого и лекарственного сырья актуальной остается проблема недоиспользования недревесной продукции лесов. Вместе с тем в результате промышленной деятельности и влияния природно-климатических факторов на сегодняшний день образовались большие неиспользуемые площади нарушенных нелесных земель, в том числе выработанных торфяных месторождений, гарей и вышедших из сельскохозяйственного оборота плошадей. Таким образом возникает необходимость биологической рекультивации таких территорий с целью вовлечения их в использование, уменьшения пожарной опасности, решения проблем, связанных с эрозией почв. изменением гидрологического режима. а также для увеличения запасов ягодных ресурсов и биологического разнообразия [1–4].

Некоторые виды лесных ягодных растений семейства Брусничные (брусника, голубика, клюква и др.) пригодны для культивирования в климатических и лесорастительных условиях южно-таежного района и района хвойно-широколиственных лесов европейской части России. Многолетний мировой опыт плантационного выращивания лесных ягодных растений показал возможность вовлечения в оборот неиспользуемых земель, в частности выработанных торфяников, путем их рекультивации. При этом применение сортового посадочного материала, который по сравнению с естественными зарослями характеризуется большей урожайностью, крупноплодностью и устойчивостью к болезням, вредителям и низким температурам, способствует удовлетворению возрастающего спроса на ягодную продукцию на мировом рынке [3, 5–7].

Брусника обыкновенная (Vaccinium vitisidaea L.) относится к наиболее распространенным в таежной зоне и востребованным на рынке лесным ягодным растениям, обладающим высокой лекарственной и пищевой ценностью. Способность брусники расти на бедных кислых почвах, где она характеризуется высокой урожайностью, определяет ее перспективность для выращивания на выработанных торфяниках верхового и переходного типов, однако плантационное выращивание данного вида в России и странах СНГ до сих пор не получило широкого распространения. Для успешного выращивания брусники в промышленных масштабах одним из основных условий является использование сортового посадочного материала с более высокой урожайностью и устойчивостью к внешним факторам окружающей среды [8-10].

Чтобы обеспечить производство большим количеством высококачественного сортового посадочного материала, необходимо разработать оптимальные экономически эффективные и экологически безопасные технологии выращивания. Традиционные методы вегетативного размножения лесных ягодных растений в неполной мере соответствуют этим требованиям. Для промышленного выращивания лесных ягодных растений целесообразно использовать метод микроклонального размножения, позволяющий в кратчайшие сроки получить необходимое количество оздоровленного однородного растительного материала вне зависимости от сезонности [11, 12]. Один из самых ответственных и сложных этапов микроклонального размножения – адаптация к нестерильным условиям ex vitro, ключевым моментом которого является обеспечение оптимальных условий для роста и развития растений путем регулирования химических и физических факторов, что достигается правильным выбором состава субстрата, типов и концентраций росторегулирующих веществ, освещения и т.д. [13, 14].

Цель исследований – изучить влияние состава субстрата с использованием минеральных компонентов и мульчирования на рост и развитие брусники обыкновенной, выращенной в условиях *in vitro*, при адаптации к нестерильным условиям *ex vitro* и при последующем выращивании в условиях нарушенных нелесных земель.

108 2021 № 4

Объекты и методика исследований

Исследования по микроклональному размножению растений проводили в 2019–2021 гг. на базе Центрально-европейской лесной опытной станции ВНИИЛМ по общепринятым методикам [15]. Объектами исследования были растения брусники обыкновенной сортов Костромская розовая, Костромичка и Koralle.

Растения-регенеранты брусники культивировали на питательной среде AN (Андерсона) [16], разбавленной в 2 раза, в условиях световой комнаты при температуре 23...25 °C, влажности 75–80 % и фотопериоде 16 ч света и 8 ч темноты. На этапе «собственно микроразмножение» в качестве росторегулирующих веществ цитокининовой группы использовали 2-іР (2-изопенталаденин) в концентрациях 1,0–2,0 мг/л. На этапе укоренения микропобегов применяли ауксины ИМК (индолилмасляная кислота) и ИУК (индолилуксусная кислота) в концентрациях 1,0–2,0 мл/л. Повторность опыта – 10-кратная по 30 растений в каждой.

Полученные растения с хорошо развитой корневой системой доставали пинцетом из пробирки и для предотвращения развития патогенной микрофлоры промывали корни в $1\,\%$ -м растворе $\mathrm{KMnO_4}$. После этого укорененные растения адаптировали к нестерильным условиям. Приживаемость растений учитывали в зависимости от сроков посадки. В качестве субстрата для адаптации использовали торф верхового типа (р $\mathrm{H_{KCl}}$ – 3,5–4,0), в том числе в смеси с песком (в соотношении 1:1), вермикулитом (в соотношении 1:4) и перлитом (в соотношении 1:4) (рис. 1).

В течение 10 сут ежедневно проводили опрыскивание растений водой (контрольный вариант) и растворами ростостимулирующих биопрепаратов — Циркона в концентрации 0,5 мл/л и НВ-101 в концентрации 0,1 мл/л. Одновременно с этим заложили аналогичный опыт с вариантом мульчирования (слой мульчи — до 1 см) растений мхом *Sphagnum* L., обладающим антисептическими и гигроскопическими свойствами (рис. 2). По отношению количества

выживших к количеству высаженных растений определяли их приживаемость, учитывали количество побегов и образовавшихся листьев. Повторность опыта – 3-кратная.

Статистическую обработку экспериментальных данных выполняли при помощи программы Microsoft Office Excel 2016. Достоверность результатов оценивали по общепринятой методике полевого опыта [17].



Рис. 1. Адаптируемые к нестерильным условиям ех vitro растения брусники обыкновенной на различных субстратах: $A - TOP\Phi$ верхового типа; $E - TOP\Phi + RECOK$ (1:1); $E - TOP\Phi + REPNUT$ (1:4); $E - TOP\Phi + REPNUT$ (1:4)



Рис. 2. Адаптируемые *EX VITRO* РАСТЕНИЯ БРУСНИКИ ОБЫКНОВЕННОЙ НА ТОРФЯНОМ СУБСТРАТЕ С МУЛЬЧИРОВАНИЕМ СФАГНУМОМ

Результаты и обсуждение

В результате проведенных исследований на этапе адаптации брусники обыкновенной *ex vitro* установлено, что пересадку растений в нестерильные условия целесообразно проводить в мае (табл. 1).

Через 10 сут после пересадки растений в емкости с субстратами (без мульчирования) и опрыскивания их различными ростостимулирующими препаратами установлено, что наиболее высокая приживаемость брусники наблюдается при использовании смеси торфа с перлитом (1:4) и торфа с вермикулитом (1:4) с обработкой препаратом НВ-101 в концентрации 0,1 мл/л (98 и 91 % соответственно), а также торфа верхового типа во всех вариантах обработки (90–92 %) (табл. 2).

Максимальное количество побегов выявлено при использовании субстрата из верхового торфа (5,1–7,2 шт.), а наибольшее количество листьев – в вариантах смеси торфа с вермикулитом 1:4 (96,7–115,2 шт.). При этом самые высокие биометрические показатели на всех субстратах выявлены при использовании препарата НВ-101 в концентрации 0,1 мл/л.

В опытах с мульчированием посадок мхом *Sphagnum* L. приживаемость растений брусники была несколько выше, чем в опытах без мульчирования. При этом максимальные значения отмечены при использовании смеси торфа с перлитом (1:4), торфа с вермикулитом (1:4) с обработкой препаратом НВ-101 в концентрации 0,1 мл/л (99 и 93 % соответственно) и торфа верхового типа во всех вариантах обработки (92–95 %) (табл. 3).

 Таблица 1.
 Приживаемость брусники обыкновенной *ex vitro* в зависимости от сроков пересадки в нестерильные условия

Месяц	Пеі	P cpcques 24 Mccqu 9/		
	1-я	2-я	3-я	В среднем за месяц, %
Март	45	52	32	43,0
Апрель	42	60	78	60,0
Май	83	88	94	88,3

 Таблица 2.
 Приживаемость и биометрические показатели брусники обыкновенной на этапе адаптации к нестерильным условиям *ex vitro* без мульчирования в зависимости от субстрата и варианта обработки растений

Субстрат	Вариант обработки	Приживаемость, %	Количество побегов, шт.	Количество листьев, шт.
Торф верховой	Контроль (вода)	92	6,3±0,28	56,8±0,87
	Циркон 0,5 мл/л	90	5,1±0,35	46,6±0,78
	HB-101 0,1 мл/л	91	7,2±0,41	62,1±0,93
Торф + песок (1:1)	Контроль (вода)	68	2,4±0,24	29,8±0,32
	Циркон 0,5 мл/л	74	3,6±0,31	34,4±0,35
	HB-101 0,1 мл/л	88	4,2±0,36	39,8±0,42
Торф + вермикулит (1:4)	Контроль (вода)	82	3,1±0,22	96,7±0,98
	Циркон 0,5 мл/л	87	3,4±0,25	102,5±1,05
	HB-101 0,1 мл/л	91	3,9±0,29	115,2±1,12
Торф + перлит (1:4)	Контроль (вода)	79	3,0±0,22	31,5±0,24
	Циркон 0,5 мл/л	85	3,6±0,30	38,6±0,31
	HB-101 0,1 мл/л	98	4,2±0,41	46,3±0,40

110 2021 № 4

 ТАБЛИЦА 3.
 ПРИЖИВАЕМОСТЬ И БИОМЕТРИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ БРУСНИКИ ОБЫКНОВЕННОЙ НА ЭТАПЕ АДАПТАЦИИ

 К НЕСТЕРИЛЬНЫМ УСЛОВИЯМ EX VITRO С МУЛЬЧИРОВАНИЕМ МХОМ SPHAGNUM L. В ЗАВИСИМОСТИ ОТ

 СУБСТРАТА И ВАРИАНТА ОБРАБОТКИ РАСТЕНИЙ

Субстрат	Вариант обработки	Приживаемость, %	Количество побегов, шт.	Количество листьев, шт.
Торф верховой	Контроль (вода)	95	6,9±0,33	50,5±0,89
	Циркон 0,5 мл/л	92	5,5±0,31	44,8±0,75
	HB-101 0,1 мл/л	93	7,2±0,45	52,0±0,92
Торф + песок (1:1)	Контроль (вода)	70	2,5±0,28	30,2±0,37
	Циркон 0,5 мл/л	77	3,8±0,26	44,2±0,34
	HB-101 0,1 мл/л	90	4,4±0,32	40,9±0,43
Торф + вермикулит (1:4)	Контроль (вода)	85	3,2±0,27	99,0±0,99
	Циркон 0,5 мл/л	89	3,3±0,29	103,1±1,02
	HB-101 0,1 мл/л	93	4,0±0,35	112,4±1,09
Торф + перлит (1:4)	Контроль (вода)	82	3,2±0,29	32,2±0,26
	Циркон 0,5 мл/л	89	3,7±0,34	40,6±0,30
	HB-101 0,1 мл/л	99	4,2±0,44	48,2±0,46

По биометрическим показателям статистически значимых различий между вариантами опытов с мульчированием и без него не отмечено, при этом сохраняется тенденция формирования побегов и листьев в зависимости от состава субстрата: максимальное количество побегов — на субстрате из верхового торфа (5,5–7,2 шт.), наибольшее количество листьев — на смеси торфа с вермикулитом 1:4 (99,0–112,4 шт.).

Через 3 мес. после доращивания брусники обыкновенной в условиях *ex vitro* растения с закрытой корневой системой пересаживали в естественные условия (южно-таежный лесной район европейской части России) на участки нелесных земель лесного фонда (Костромской район Костромской обл.). Приживаемость растений брусники всех исследуемых сортов на участке выработанного торфяного месторождения переходного типа составила 100 %, на участке гари после поверхностно-торфяного пожара – 84 %.

Выводы

В результате исследований установлено, что при адаптации растений сортового посадочного материала брусники обыкновенной, полученного методом *in vitro*, к нестерильным условиям *ex vitro* оптимальным сроком пересадки растений является май. Самая высокая приживаемость выявлена при использовании субстратов: торфа верхового типа во всех вариантах обработки и смеси торфа с перлитом (1:4), торфа с вермикулитом (1:4) с обработкой препаратом НВ-101 в концентрации 0,1 мл/л.

Наибольшее количество побегов брусники ex vitro отмечено на субстрате из верхового торфа, количество листьев – на смеси торфа с вермикулитом 1:4. При этом максимальные значения биометрических показателей наблюдаются в вариантах обработки препаратом НВ-101 в концентрации 0,1 мл/л, что свидетельствует о перспективности его использования при адаптации растений к нестерильным условиям. Приживаемость растений брусники при мульчировании посадок мхом Sphagnum L. оказалась несколько выше, чем в вариантах без мульчирования, что позволяет рассматривать результаты данных опытов как элемент совершенствования технологии адаптации брусники обыкновенной к торфяным субстратам. При этом статистически значимых различий между вариантами опытов с мульчированием и без него по количеству побегов и листьев не выявлено.

Список источников

- 1. Основные направления действий по сохранению и рациональному использованию торфяных болот России. М., 2003. 24 с.
- 2. Выработанные торфяные месторождения, их характеристика и функционирование / Л.И. Инишева, В.Е. Аристархова, Е.В. Порохина, А.Ф. Боровкова. Томск: изд-во ТГПУ, 2007. 185 с.
- 3. Тяк, Г.В. Биологическая рекультивация выработанных торфяников путем создания посадок лесных ягодных растений / Г.В. Тяк, Л.Е. Курлович, А.В. Тяк // Вестник Казанского гос. аграрного ун-та. 2016. Т. $11.-N^2$ 2. С. 43–46.
- 4. Проблемы использования и воспроизводства фитогенных пищевых и лекарственных ресурсов леса на землях лесного фонда Костромской области / С.С. Макаров, Е.С. Багаев, С.Ю. Цареградская, И.Б. Кузнецова // Лесной журнал. -2019. № 6. С. 118-131.
- 5. Noormets, M. Recultivation of Opencast Peat Pits with Vaccinium Culture in Estonia / M. Noormets, K. Karp, T. Paal // Ecosystems and Sustainable Development. 2003. Vol. 2. P. 1005–1014.
- 6. Тяк, Г.В. Создание на выработанных торфяниках посадок лесных ягодных растений как метод их биологической рекультивации / Г.В. Тяк, Л.Е. Курлович // Проблемы рационального использования природных ресурсов и устойчивое развитие Полесья: сб. докл. Междунар. науч. конф. (Минск, 14–17 сентября, 2016). Т. 2. Минск: Белоруская навука, 2016. С. 351–353.
- 7. Berry Cultivation in Cutover Peatlands in Estonia: Agricultural and Economical Aspects / K. Vahejõe [et al.] // Baltic Forestry. 2010. Vol. 16. No. 2. P. 264–272.
 - 8. Курлович, Т.В. Брусника, голубика, клюква, черника / Т.В. Курлович. М.: ИД МСП, 2005. 128 с.
- 9. Phenolic Compounds and Antioxidant Activity of Lingonberry (*Vaccinium vitis-idaea* L.) Leaf, Stem and Fruit at Different Harvest Periods / O.C. Bujor, C. Ginies, V.I. Popa, C. Dufour // Food Chem. 2018. Vol. 252. P. 356–365.
- 10. Коренев, И.А. Создание новых сортов лесных ягодных растений и перспективы их интенсивного размножения ($in\ vitro$) [Электронный ресурс] / И.А. Коренев, Г.В. Тяк, С.С. Макаров // Лесохозяйственная информация. − 2019. № 3. С. 180−189. Режим доступа: URL: http://lhi.vniilm.ru/
- 11. Бутенко, Р.Г. Биология клеток высших растений $in\ vitro\ u$ биотехнологии на их основе / Р.Г. Бутенко. М. : ФБК-Пресс, 1999. 160 с.
- *12.* Сельскохозяйственная биотехнология и биоинженерия : учеб. ; изд. 4-е, перераб. и доп. / под. ред. В.С. Шевелухи. М. : URSS, 2015. 715 с.
- 13. Упадышев, М.Т. Сравнительная оценка воздействия магнитно-импульсной обработки на этапе адаптации микрорастений ежевики и малино-ежевичных гибридов к нестерильным условиям / М.Т. Упадышев, О.В. Вершинина // Плодоводство и ягодоводство России. − 2020. № 63. С. 53-60.
- 14. Бъядовский, И.А. Действие импульсного магнитного поля на процессы адаптации и вегетативного развития микрорастений земляники садовой ($Fragaria \times ananassa$ Duch.) / И.А. Бъядовский, М.Т. Упадышев, А.Д. Бронзова // Садоводство и виноградарство. 2021. № 4. С. 19–24.
- 15. Калашникова, Е.А. Клеточная инженерия растений : учеб. и практикум для вузов / Е.А. Калашникова. М. : Юрайт, 2020. 333 с.
- 16. Anderson, W.C. Propagation of Rhododendrons by Tissue Culture. 1. Development of a Culture Medium for Multiplication of Shoots / W.C. Anderson // Proc. Int. Plant Prop. Soc. 1975. Vol. 25. P. 129–135.
 - 17. Доспехов, Б.А. Методика полевого опыта / Б.А. Доспехов. М.: Агропромиздат, 1985. 351 с.

112 2021 № 4

References

- Osnovnye napravleniya dejstvij po sohraneniyu i racional'nomu ispol'zovaniyu torfyanyh bolot Rossii. M.,
 2003. 24 s.
- 2. Vyrabotannye torfyanye mestorozhdeniya, ih harakteristika i funkcionirovanie / L.I. Inisheva, V.E. Aristarhova, E.V. Porohina, A.F. Borovkova. Tomsk: izd-vo TGPU, 2007. 185 s.
- 3. Tyak, G.V. Biologicheskaya rekul'tivaciya vyrabotannyh torfyanikov putem sozdaniya posadok lesnyh yagodnyh rastenij/G.V. Tyak, L.E. Kurlovich, A.V. Tyak//Vestnik Kazanskogo gos. agrarnogo un-ta. −2016. −T. 11. −№ 2. −S. 43−46.
- 4. Problemy ispol'zovaniya i vosproizvodstva fitogennyh pishchevyh i lekarstvennyh resursov lesa na zemlyah lesnogo fonda Kostromskoj oblasti / S.S. Makarov, E.S. Bagaev, S.Yu. Caregradskaya, I.B. Kuznecova // Lesnoj zhurnal. 2019. N^{o} 6. S. 118-131.
- 5. Noormets, M. Recultivation of Opencast Peat Pits with Vaccinium Culture in Estonia / M. Noormets, K. Karp, T. Paal // Ecosystems and Sustainable Development. 2003. Vol. 2. P. 1005–1014.
- 6. Tyak, G.V. Sozdanie na vyrabotannyh torfyanikah posadok lesnyh yagodnyh rastenij kak metod ih biologicheskoj rekul'tivacii / G.V. Tyak, L.E. Kurlovich // Problemy racional'nogo ispol'zovaniya prirodnyh resursov i ustojchivoe razvitie Poles'ya: sb. dokl. Mezhdunar. nauch. konf. (Minsk, 14–17 sentyabrya, 2016). T. 2. Minsk: Beloruskaya navuka, 2016. S. 351–353.
- 7. Berry Cultivation in Cutover Peatlands in Estonia: Agricultural and Economical Aspects / K. Vahejõe [et al.] // Baltic Forestry. 2010. Vol. 16. No. 2. P. 264–272.
 - 8. Kurlovich, T.V. Brusnika, golubika, klyukva, chernika / T.V. Kurlovich. M.: ID MSP, 2005. 128 s.
- 9. Phenolic Compounds and Antioxidant Activity of Lingonberry (*Vaccinium vitis-idaea* L.) Leaf, Stem and Fruit at Different Harvest Periods / O.C. Bujor, C. Ginies, V.I. Popa, C. Dufour // Food Chem. 2018. Vol. 252. P. 356–365.
- 10. Korenev, I.A. Sozdanie novyh sortov lesnyh yagodnyh rastenij i perspektivy ih intensivnogo razmnozheniya (*in vitro*) [Elektronnyj resurs] / I.A. Korenev, G.V. Tyak, S.S. Makarov // Lesohozyajstvennaya informaciya. − 2019. − № 3. − S. 180−189. − Rezhim dostupa: URL: http://lhi.vniilm.ru/
- 11. Butenko, R.G. Biologiya kletok vysshih rastenij *in vitro* i biotekhnologii na ih osnove / R.G. Butenko. M. : FBK-Press, 1999. 160 s.
- 12. Sel'skohozyajstvennaya biotekhnologiya i bioinzheneriya : ucheb. ; izd. 4-e, pererab. i dop. / pod. red. V.S. Sheveluhi. M. : URSS, 2015. 715 s.
- 13. Upadyshev, M.T. Sravnitel'naya ocenka vozdejstviya magnitno-impul'snoj obrabotki na etape adaptacii mikrorastenij ezheviki i malino-ezhevichnyh gibridov k nesteril'nym usloviyam / M.T. Upadyshev, O.V. Vershinina // Plodovodstvo i yagodovodstvo Rossii. $-2020. N^{\circ} 63. S. 53-60.$
- 14. B"yadovskij, I.A. Dejstvie impul'snogo magnitnogo polya na processy adaptacii i vegetativnogo razvitiya mikrorastenij zemlyaniki sadovoj (*Fragaria* × ananassa Duch.) / I.A. B"yadovskij, M.T. Upadyshev, A.D. Bronzova // Sadovodstvo i vinogradarstvo. − 2021. − № 4. − S. 19−24.
- 15. Kalashnikova, E.A. Kletochnaya inzheneriya rastenij : ucheb. i praktikum dlya vuzov / E.A. Kalashnikova. M. : Yurajt, 2020. 333 s.
- 16. Anderson, W.C. Propagation of Rhododendrons by Tissue Culture. 1. Development of a Culture Medium for Multiplication of Shoots / W.C. Anderson // Proc. Int. Plant Prop. Soc. 1975. Vol. 25. P. 129–135.
 - 17. Dospekhov, B.A. Metodika polevogo opyta / B.A. Dospekhov. M. : Agropromizdat, 1985. 351 s.