

Научная статья

УДК 634.7

DOI 10.24419/LHI.2304-3083.2021.3.07

Адаптация лесных ягодных растений к нестерильным условиям *in vivo* с применением современных биопрепаратов

Сергей Сергеевич Макаров¹

кандидат сельскохозяйственных наук

Антон Игоревич Чудецкий²

Галина Вячеславовна Тяк³

кандидат биологических наук

Елена Ивановна Куликова⁴

кандидат сельскохозяйственных наук

Ирина Борисовна Кузнецова⁵

кандидат сельскохозяйственных наук

Аннотация. Приведены результаты исследований по адаптации перспективных сортов и форм растений полувысокорослой голубики, княженики арктической и брусники обыкновенной к нестерильным условиям *in vivo* с применением современных биопрепаратов микоризного типа. Растения-регенеранты высаживали в кассеты и таблетки с торфяным и кокосовым субстратами. В качестве вариантов опыта добавляли содержащие микоризу препараты (Микогель, БиоМикориза) и выполняли мульчирование посадок сфагнумом. В опытах без мульчирования максимальные показатели приживаемости лесных ягодных растений отмечались в вариантах добавления к субстратам препарата БиоМикориза. В опытах с использованием торфяных субстратов наибольшие показатели приживаемости при выращивании в кассетах имели растения полувысокорослой голубики и брусники обыкновенной, а при выращивании в таблетках – княженики арктической. При адаптации растений на кокосовом субстрате в кассетах и таблетках наибольшая приживаемость отмечена у княженики арктической, тогда как полувысокорослая голубика и брусника обыкновенная имели низкие показатели. В опытах с мульчированием посадок сфагнумом в кассетах закономерность по приживаемости адаптации растений в зависимости от вида и состава субстрата сохранялась, однако по сравнению с вариантами опыта без мульчирования приживаемость значительно возросла. Существенных различий по показателям в зависимости от сорта или формы не отмечено. Использование биопрепаратов микоризного типа и мульчирование сфагнумом торфяного субстрата способствуют лучшей адаптации лесных ягодных растений к нестерильным условиям.

¹ Центрально-европейская лесная опытная станция, филиал Всероссийского научно-исследовательского института лесоводства и механизации лесного хозяйства, старший научный сотрудник (Кострома, Российская Федерация), makarov_serg44@mail.ru

² Центрально-европейская лесная опытная станция, филиал Всероссийского научно-исследовательского института лесоводства и механизации лесного хозяйства, ведущий инженер (Кострома, Российская Федерация), a.chudetsky@mail.ru

³ Центрально-европейская лесная опытная станция, филиал Всероссийского научно-исследовательского института лесоводства и механизации лесного хозяйства, руководитель группы недревесной продукции леса (Кострома, Российская Федерация), ce-los-np@mail.ru

⁴ Вологодская государственная молочнохозяйственная академия имени Н.В. Верещагина, заведующий кафедрой растениеводства, земледелия и агрохимии (Вологда, Российская Федерация), elena-kulikova@list.ru

⁵ Костромская государственная сельскохозяйственная академия, доцент (Кострома, Российская Федерация), sonnereiser@yandex.ru

Ключевые слова: лесные ягодные растения, полувывсокорослая голубика, кня-
женка арктическая, брусника обыкновенная, клональное микроразмножение,
in vivo, адаптация, субстрат, микориза.

Для цитирования: Макаров С.С., Чудецкий А.И., Тяк Г.В., Куликова Е.И.,
Кузнецова И.Б. Адаптация лесных ягодных растений к нестерильным условиям
in vivo с применением современных биопрепаратов // Лесохозяйственная ин-
формация. 2021. № 3. С. 83–91. DOI 10.24419/LHI.2304-3083.2021.3.07.

Original article

DOI 10.24419/LHI.2304-3083.2021.3.07

Adaptation of Forest Berry Plants to Non-Sterile Conditions *in vivo* Using Modern Biological Products

Sergey S. Makarov¹

Candidate of Agriculture

Anton I. Chudetsky²

Galina V. Tyak³

Candidate of Biology

Elena I. Kulikova⁴

Candidate of Agriculture

Irina B. Kuznetsova⁵

Candidate of Agriculture

Abstract. The results of research on the adaptation of half-highbush blueberry, arctic bramble and lingonberry plants of promising cultivars and forms to non-sterile conditions *in vivo* using modern biological preparations of the mycorrhizal type. Regenerated plants are planted in cassettes and tablets with peat and coconut substrates. Variants of the experiment are the addition of preparations containing mycorrhiza (Mycogel, BioMycorrhiza) and mulching the plantings with sphagnum. The maximum survival rates in the experiments without mulching are observed in the variants of adding the BioMycoriza preparation to the substrates. The highest survival rates in experiments using peat substrates in cassettes are found for half-highbush blueberry and lingonberry plants, and in tablets – for arctic bramble. Arctic bramble plants have a highest survival rate during the adaptation of plants on a coconut substrate in cassettes and tablets, while half-highbush blueberry and lingonberry plants have low rates. The regularity of the adaptation rate of plants depending on the type and composition of the substrate remained in experiments with mulching of plantings with sphagnum in cassettes, however, compared with the variants of the experiment without mulching, similar maximum survival rates increased significantly. There are no significant differences in indicators depending on the cultivar or form. The use of biological preparations of the mycorrhizal type and mulching of peat substrate with sphagnum contribute to better adaptation of forest berry plants to non-sterile conditions.

Keywords: forest berry plants, half-highbush blueberry, arctic bramble, lingonberry, clonal micropropagation, *in vivo*, adaptation, substrate, mycorrhiza.

For citation: Makarov S.S., Chudetsky A.I., Tyak G.V., Kulikova E.I., Kuznetsova I.B. Adaptation of Forest Berry Plants to Non-Sterile Conditions *in vivo* Using Modern Biological Products // Forestry Information. 2021. № 3. P. 89–91. DOI 10.24419/LHI.2304-3083.2021.3.07.

¹ Central European Forestry Experimental Station, Branch of the Russian Research Institute of Silviculture and Mechanization of Forestry, Senior Researcher (Kostroma, Russian Federation), makarov_serg44@mail.ru

² 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

³ Central European Forestry Experimental Station, Branch of the Russian Research Institute of Silviculture and Mechanization of Forestry, Head of Non-wood Forest Products Group (Kostroma, Russian Federation), ce-los-np@mail.ru

⁴ Vologda State Dairy Academy named after N.V. Vereshchagin, Head of Plant Growing, Agriculture and Agrochemistry Chair (Vologda, Russian Federation), elena-kulikova@list.ru

⁵ Kostroma State Agricultural Academy, Associate Professor (Kostroma, Russian Federation), sonnereiser@yandex.ru

В настоящее время среди садоводов-любителей, сельскохозяйственных производителей, а также научных исследователей все больший интерес приобретает выращивание нетрадиционных видов лесных ягодных растений (княженика, голубика, морошка и др.), спрос на продукцию которых постоянно возрастает. Для увеличения количества их посадочного материала необходимо использовать современные методы размножения, такие как клональное микроразмножение, при котором можно получать большое количество высококачественного оздоровленного посадочного материала (в том числе трудноразмножаемых видов растений) в короткие сроки. При этом данный метод размножения наиболее эффективный, экономически выгодный и наименее трудозатратный [1, 2].

Адаптация полученных растений-регенерантов к почвенным нестерильным условиям – заключительный, самый важный и ответственный этап клонального микроразмножения. При этом пробирочные растения, которые переходят из условий *in vitro* в условия *in vivo*, должны адаптироваться к изменяющимся и не свойственным им факторам внешней среды, являющимся во многих случаях критическими и приводящими к гибели растений [3].

При адаптации к почвенным условиям для улучшения роста и развития культивируемых растений используют биологические добавки, содержащие микоризу (грибокорень) или грибы, образующие микоризу с корнями растений (симбиоз). Микориза обладает мощным противогрибковым и противомикробным действием, подавляя развитие патогенной микрофлоры, способствует улучшению приживаемости растений, усилению корнеобразования, повышению устойчивости растений к болезням и стрессу из-за неблагоприятных погодных и почвенных условий, повышению плодородия почвы, улучшению общего иммунитета растений, ускорению (на 3–4 нед.) роста, развития корней и цветения, улучшению приживаемости растений на новом месте, увеличению урожайности плодово-ягодных растений. Повышение концентрации биогенных элементов в субстрате

благодаря внесению минеральных подкормок способствует снижению степени микоризации корней, при этом повышается эффективность поглощения воды и питательных веществ [4, 5]. В настоящее время все большее применение находят биопрепараты микоризного типа нового поколения (Микогель, Mycoplant, Vaxi Root, Экориз и др.).

Цель исследований – изучить влияние субстрата и биопрепаратов микоризного типа на приживаемость лесных ягодных растений (голубика, княженика, брусника), полученных методом клонального микроразмножения, при их адаптации к нестерильным условиям *in vivo*. В связи с тем что на сегодняшний день в России недостаточно исследований по адаптации лесных ягодных растений, полученных методом клонального микроразмножения с использованием современных биопрепаратов на микоризной основе, работа в данном направлении представляет научную и практическую значимость.

Объекты и методика исследований

Исследования по клональному микроразмножению лесных ягодных растений проводили на Центрально-европейской лесной опытной станции ВНИИЛМ в 2016–2020 гг. по общепринятым методикам [3]. В качестве объектов исследования использовали растения полувывсокорослой голубики (*Vaccinium corymbosum* L. V. *angustifolium* Ait.) сорта Northblue и гибридной формы 23-1-11, княженики арктической (*Rubus arcticus* L.) сорта Анна и гибридной формы К-1, брусники обыкновенной (*Vaccinium vitis-idaea* L.) сортов Костромская розовая и Рубин.

Растения-регенеранты голубики и брусники культивировали на питательной среде WPM (Woody Plant Medium) [6], княженики – на питательной среде MS (Мурасиге-Скуга) [7] в условиях световой комнаты с поддержанием температуры 23–25 °С, влажности 75–80% и при фотопериоде 16 ч света и 8 ч темноты. На этапе «собственно микроразмножение» при выращивании голубики и брусники в питательную среду

добавляли цитокинин 2-ип (2-изопенталаденин) в концентрациях 1,0–5,0 мл/л, при выращивании княженики – 6-БАП (6-бензиламинопурил) в концентрации 0,5 мл/л. На этапе «укоренение *in vitro*» при выращивании голубики и брусники применяли ауксин ИУК (индолилуксусная кислота) в концентрации 0,5–1,0 мл/л, при выращивании княженики – ИМК (индолилмасляная кислота) в концентрации 0,5 мл/л. Повторность опыта – 10-кратная, в каждой по 30 растений.

Полученные растения с хорошо развитой корневой системой доставали пинцетом из пробирки и промывали корни в 1%-м растворе KMnO_4 (слабо-розовый цвет) для предотвращения развития патогенной микрофлоры. Далее укорененные растения адаптировали к нестерильным условиям, используя торфяной и кокосовый субстраты. Торф верхового типа ($\text{pH}_{\text{ккл}} - 3,5-4,0$) и кокосовый субстрат помещали в кассеты с объемом ячейки 100 см^3 . Кроме того, использовали таблетки (диаметр – 3 см) с раскислённым торфом верхового типа ($\text{pH}_{\text{ккл}} - 5,5-6,0$) и кокосовым субстратом (рис. 1).

Субстраты предварительно проливали 5%-м раствором KMnO_4 и оставляли на 1 нед. в темном месте. Затем растения опрыскивали водой, надевали на них колпачки, после чего кассеты и таблетки с адаптируемыми растениями ставили в помещение с освещением 8 тыс. лк, температурой $+25^\circ \text{C}$ и влажностью 80–90%. В течение 2-х нед. растения ежедневно опрыскивали водой. Через 10 сут провели первую ревизию растений. Далее выращивание осуществлялось по принятой для данных видов растений агротехнике [1, 8, 9].

К субстратам добавляли биопрепараты микоризного типа – Микогель и БиоМикоризу.

Микогель – препарат испанского производства, который содержит арбускулярный микоризный инокулянт *Rhizophagus irregularis* (известный также как *Glomus intraradices*) [10], произведенный в стерильных условиях в геле и имеющий на сегодняшний день самую высокую концентрацию сверхчистой микоризы.

БиоМикориза – природный антидепрессант, стимулятор роста корней и адаптоген, в состав

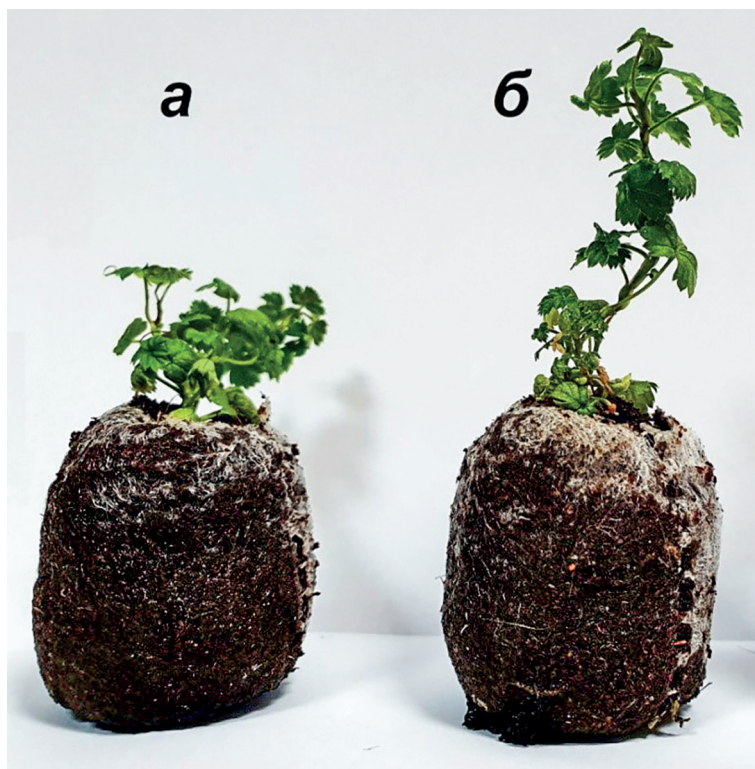


Рис. 1. АДАПТИРУЕМЫЕ РАСТЕНИЯ КНЯЖЕНИКИ АРКТИЧЕСКОЙ В ТАБЛЕТКАХ: а – С ТОРФЯНЫМ СУБСТРАТОМ; б – С КОКОСОВЫМ СУБСТРАТОМ

которого входят живые споры, мицелий и споры штаммов того же эндомикоризного гриба.

Одновременно с этим заложили опыт с вариантом мульчирования посадок слоем сфагнома до 1 см, который обладает гигроскопическими и антибактериальными свойствами (рис. 2). Приживаемость растений определяли по отношению числа выживших к количеству высаженных. Повторность опыта 3-кратная. Статистическую обработку данных проводили при помощи программы Microsoft Office 2016. Достоверность опытов оценивали по наименьшей существенной разности на 5%-м уровне значимости (HCP_{05}) [11].

Результаты и обсуждение

В результате проведенных исследований установлено, что максимальная приживаемость растений полувысокорослой голубики (88,4–89,6%) и брусники обыкновенной (83,2–85,8%)



Рис. 2. Адаптируемые растения полувисокорослой голубики на торфяном субстрате в кассетах с мульчированием сфагнумом

отмечалась на торфяном субстрате в кассетах с добавлением препарата БиоМикориза (табл. 1). При этом княженика арктическая имела самую высокую приживаемость в торфяных таблетках с добавлением препарата БиоМикориза (95,6–96,2%), немногим меньше – при добавлении препарата Микогель (92,1–94,0%). В остальных вариантах процесс адаптации растений проходил хуже – приживаемость составляла 42,2–75,4%.

Поскольку при расчетах фактическое значение F-критерия на 5%-м уровне значимости для каждой ягодной культуры $F = 1$, а стандартное значение $F_{st} = 0,05$, то опыт можно считать достоверным.

На этапе адаптации растений к кокосовому субстрату наиболее высокая приживаемость отмечена у растений княженики арктической при добавлении в субстрат препарата БиоМикориза как в кассетах (85,6–86,1%), так и в таблетках (84,8–86,9%) (табл. 2). Приживаемость других видов ягодных растений во всех вариантах использования кокосового субстрата была низкой (36,5–45,6%).

В опытах с мульчированием посадок адаптируемых лесных ягодных растений сфагнумом самые высокие показатели приживаемости выявлены у полувисокорослой голубики (90,5–91,2%) и брусники обыкновенной (86,6–88,9%) на торфяном субстрате с добавлением препарата БиоМикориза (табл. 3). У княженики арктической при мульчировании максимальная приживаемость (84,2–88,2%) наблюдалась на кокосовом субстрате с добавлением БиоМикоризы.

Во всех вариантах опыта существенных различий по приживаемости в зависимости от сорта или формы не отмечено.

Таблица 1. Приживаемость лесных ягодных растений, адаптированных к торфяным субстратам, с добавлением биопрепаратов микоризного типа, %

СУБСТРАТ	СОРТА ЛЕСНЫХ ЯГОДНЫХ РАСТЕНИЙ					
	ПОЛУВИСОКОРОСЛАЯ ГОЛУБИКА		КНЯЖЕНИКА АРКТИЧЕСКАЯ		БРУСНИКА ОБЫКНОВЕННАЯ	
	NORTHBLUE	ФОРМА 23-1-11	ANNA	ФОРМА К-1	КОСТРОМСКАЯ РОЗОВАЯ	РУБИН
Кассеты						
Торф верховой (контроль)	66,8±0,44	70,4±0,52	48,2±0,28	46,7±0,31	54,6±1,01	56,2±0,86
Торф + Микогель	84,5±0,78	82,2±0,65	61,8±0,88	62,6±0,57	69,4±0,86	70,2±0,98
Торф + БиоМикориза	89,6±0,78	88,4±0,91	69,2±0,66	70,3±0,79	83,2±0,87	85,8±1,06
Таблетки						
Торф верховой раскисленный (контроль)	45,0±0,66	47,4±0,70	72,2±0,88	75,4±0,94	42,2±0,65	43,0±0,69
Торф + Микогель	46,2±0,75	48,0±0,82	94,0±1,12	92,1±1,02	54,5±0,78	56,0±0,67
Торф + БиоМикориза	44,2±0,59	46,8±0,64	95,6±1,07	96,2±1,10	52,2±0,81	50,1±0,76

ТАБЛИЦА 2. ПРИЖИВАЕМОСТЬ ЛЕСНЫХ ЯГОДНЫХ РАСТЕНИЙ, АДАПТИРОВАННЫХ К КОКОСОВЫМ СУБСТРАТАМ, С ДОБАВЛЕНИЕМ БИОПРЕПАРАТОВ МИКОРИЗНОГО ТИПА, %

СУБСТРАТ	СОРТА ЛЕСНЫХ ЯГОДНЫХ РАСТЕНИЙ					
	ПОЛУВЫСОКОРОСЛАЯ ГОЛУБИКА		КНЯЖЕНИКА АРКТИЧЕСКАЯ		БРУСНИКА ОБЫКНОВЕННАЯ	
	NORTHBLUE	ФОРМА 23-1-11	АННА	ФОРМА К-1	КОСТРОМСКАЯ РОЗОВАЯ	РУБИН
Кассеты						
Кокосовый (контроль)	38,2±0,52	39,8±0,59	68,4±0,62	69,6±0,75	45,6±0,67	42,3±0,56
Кокосовый + Микогель	36,5±0,48	37,4±0,52	76,5±0,78	78,2±0,71	44,2±0,55	39,8±0,41
Кокосовый + БиоМикориза	37,2±0,46	37,7±0,52	85,6±0,81	86,1±0,87	40,7±0,60	41,1±0,63
Таблетки						
Кокосовый (контроль)	40,2±0,68	42,3±0,55	71,0±0,72	70,2±0,68	43,2±0,58	41,8±0,50
Кокосовый + Микогель	37,4±0,47	38,3±0,49	77,4±0,76	76,1±0,88	45,0±0,65	38,9±0,55
Кокосовый + БиоМикориза	39,5±0,47	40,0±0,61	86,9±0,92	84,8±0,89	42,2±0,66	40,6±0,53

ТАБЛИЦА 3. ПРИЖИВАЕМОСТЬ ЛЕСНЫХ ЯГОДНЫХ РАСТЕНИЙ, АДАПТИРОВАННЫХ К СУБСТРАТАМ, С ДОБАВЛЕНИЕМ БИОПРЕПАРАТОВ МИКОРИЗНОГО ТИПА И МУЛЬЧИРОВАНИЕ СФАГНУМОМ В КАССЕТАХ, %

СУБСТРАТ	СОРТА ЛЕСНЫХ ЯГОДНЫХ РАСТЕНИЙ					
	ПОЛУВЫСОКОРОСЛАЯ ГОЛУБИКА		КНЯЖЕНИКА АРКТИЧЕСКАЯ		БРУСНИКА ОБЫКНОВЕННАЯ	
	NORTHBLUE	ФОРМА 23-1-11	АННА	ФОРМА К-1	КОСТРОМСКАЯ РОЗОВАЯ	РУБИН
Торф верховой (контроль)	74,5±0,86	78,2±0,91	50,2±0,67	49,4±0,58	58,3±0,69	59,7±0,72
Торф + Микогель	88,7±0,90	87,1±0,96	64,5±0,78	66,1±0,72	73,0±0,82	74,4±0,88
Торф + БиоМикориза	91,2±1,03	90,5±0,99	70,5±0,85	72,1±0,79	86,6±0,95	88,9±1,01
Кокосовый (контроль)	42,2±0,58	44,8±0,60	69,5±0,78	72,2±0,83	49,8±0,55	45,8±0,59
Кокосовый + Микогель	40,3±0,49	42,2±0,53	78,3±0,81	80,0±0,88	47,0±0,56	42,2±0,66
Кокосовый + БиоМикориза	41,6±0,58	40,9±0,61	84,2±0,90	88,2±0,96	43,4±0,65	44,4±0,60

Выводы

По результатам проведенных экспериментальных исследований установлено, что при адаптации лесных ягодных растений к нестерильным условиям *in vivo* максимальная приживаемость растений как на торфяном, так и на кокосовом субстратах отмечена при добавлении препарата БиоМикориза. При адаптации к торфяным субстратам в кассетах

лучшая приживаемость наблюдается у растения голубики и брусники, а при выращивании в таблетках – у княженики. При использовании кокосового субстрата как в кассетах, так и в таблетках высокая приживаемость зафиксирована у княженики, тогда как у голубики и брусники она существенно ниже. Применение мульчирования сфагнумом заметно повышает адаптацию лесных ягодных растений к нестерильным условиям на всех субстратах.

Список источников

1. Сельскохозяйственная биотехнология и биоинженерия : учеб. ; изд. 4-е, перераб. и доп. / под. ред. В.С. Шевелухи. – М. : URSS, 2015. – 715 с.
2. Макаров, С.С. Разработка технологии клонального микроразмножения лесных ягодных растений и введение их в культуру на выработанных торфяниках : автореф. дис. ... канд. с.-х. наук / С.С. Макаров. – Пушкино, 2019. – 23 с.
3. Лабораторный практикум по культуре клеток и тканей растений / Сост. Е.А. Калашникова, М.Ю. Чердынченко, Р.Н. Киракосян. – М. : Росинформагротех, 2017. – 140 с.
4. Селиванов, И.А. Микосимбиотрофия как форма консортивных связей в растительном покрове Советского Союза / И.А. Селиванов. – М. : Наука, 1981. – 232 с.
5. Read, D.J. The Mycorrhizal Mycelium / D.J. Read ; M.F Allen. (ed.). // Mycorrhizal Functioning: An Integrative Plant-fungal Process. – 1992. – P. 102–133.
6. Murashige, T. Revised Medium for Rapid Growth and Bioassays with Tobacco Tissue Cultures / T. Murashige, F. Skoog // Phisiol. Plantarum. – 1962. – Vol. 3. – № 15. – P. 473–497.
7. A Summary of Stock Paint Influences on Woody Plant Tissue Culture Success with Special Emphasis on the Ericaceae / P.E. Read, A.S. Economou, C.A. Hartley, J.M. Grout, C.D. Fellman // Acta Hort. – 1988. Vol. 227. – P. 476–478.
8. Соловых, Н.В. Использование биотехнологических методов в работе с ягодными культурами: методич. рекоменд. / Н.В. Соловых. – Мичуринск : изд-во Мичуринского ГАУ, 2009. – 47 с.
9. Стахеева, Т.С. Некоторые аспекты размножения *in vitro* перспективных сортов высокой и полувисокой голубики / Т.С. Стахеева, О. И. Молканова, Л. Н. Коновалова // Плодоводство и ягодоводство России. – 2017. – Т. 48. – № 2. – С. 279–285.
10. Genome of an Arbuscular Mycorrhizal Fungus Provides Insight in to the Oldest Plant Symbiosis / E. Tisserant, M. Malbreil, A. Kuo [et al.] // Proc. Natl. Acad. Sci. U.S.A. – 2013. – Vol. 110. – P. 20117–20122.
11. Доспехов, Б.А. Методика полевого опыта / Б.А. Доспехов. – М. : Агропромиздат, 1985. – 351 с.

References

1. Sel'skohozyajstvennaya biotekhnologiya i bioinzheneriya : ucheb. ; izd. 4-e, pererab. i dop. / pod. red. V.S. Sheveluhi. – M. : URSS, 2015. – 715 s.
2. Makarov, S.S. Razrabotka tekhnologii klonal'nogo mikrorazmnozheniya lesnyh yagodnyh rastenij i vvedenie ih v kul'turu na vyrabotannyh torfyanikah : avtoref. dis. ... kand. s.-h. nauk / S.S. Makarov. – Pushkino, 2019. – 23 s.
3. Laboratornyj praktikum po kul'ture kletok i tkanej rastenij / Sost. E.A. Kalashnikova, M.Yu. Cherednichenko, R.N. Kirakosyan. – M. : Rosinformagrotekh, 2017. – 140 s.
4. Selivanov, I.A. Mikosimbiozofiya kak forma konsortivnyh svyazey v rastitel'nom pokrove Sovetskogo Soyuz / I.A. Selivanov. – M. : Nauka, 1981. – 232 s.
5. Read, D.J. The Mycorrhizal Mycelium / D.J. Read ; M. F Allen. (ed.). // Mycorrhizal Functioning: An Integrative Plant-fungal Process, 1992. – P. 102–133.
6. Murashige, T. Revised Medium for Rapid Growth and Bioassays with Tobacco Tissue Cultures / T. Murashige, F. Skoog // Phisiol. Plantarum. – 1962. – Vol. 3. – № 15. – P. 473–497.
7. A Summary of Stock Paint Influences on Woody Plant Tissue Culture Success with Special Emphasis on the Ericaceae / P.E. Read, A.S. Economou, C.A. Hartley, J.M. Grout, C.D. Fellman // Acta Hort. – 1988. Vol. 227. – P. 476–478.
8. Solovyh, N.V. Ispol'zovanie biotekhnologicheskikh metodov v rabote s yagodnymi kul'turami: metodich. rekomend. / N.V. Solovyh. – Michurinsk : izd-vo Michurinskogo GAU, 2009. – 47 s.

9. Staheeva, T.S. Nekotorye aspekty razmnozheniya *in vitro* perspektivnyh sortov vysokoj i poluvysokoj golubiki / T.S. Staheeva, O.I. Molkanova, L.N. Konovalova // Plodovodstvo i yagodovodstvo Rossii. – 2017. – T. 48. – № 2. – S. 279–285.
10. Genome of an Arbuscular Mycorrhizal Fungus Provides Insight in to the Oldest Plant Symbiosis / E. Tisserant, M. Malbreil, A. Kuo [et al.] // Proc. Natl. Acad. Sci. U.S.A. – 2013. – Vol. 110. – P. 20117–20122.
11. Dospekhov, B.A. Metodika polevogo opyta / B.A. Dospekhov. – M. : Agropromizdat, 1985. – 351 s.