

9. Chakhov D.K., Doktorov I.A. Wood quality indicator determination by drilling method. *Vestnik Moskovskogo gosudarstvennogo universiteta lesa*. Lesnoy Zhurnal. 2014; 5:196-201 (in Russ.).

10. Shvidenko A.Z., Shchepashchenko D.G., Nilsson S., Buluy Yu.I. Tables and models of the course of growth and productivity of plantings of the main forest-forming rocks of Northern Eurasia (normative and reference

materials). Moscow, 2006. 803 p. (in Russ.).

11. Johnstone D., Moore G., Tausz M., Nicolas M. The measurement of wood decay in landscape trees. *Arboriculture & Urban Forestry*. 2010. 36(3): 121–127.

12. Kubus M. The Evaluation of Using Resistograph when Specifying the Health Condition of a Monumental Tree. *Not. Bot. Hort. Agrobot. Cluj*. 2009; 37(1):157-164.

УДК 634.739

doi: 10.34655/bgsha.2021.63.2.017

А.И. Чудецкий, И.Б. Кузнецова, С.С. Макаров, В.В. Суров

ПОЛУЧЕНИЕ ПОСАДОЧНОГО МАТЕРИАЛА КРАСНИКИ (*VACCINIUM PRAESTANS* LAMB.) МЕТОДОМ КЛОНАЛЬНОГО МИКРОРАЗМНОЖЕНИЯ

Ключевые слова: красника, *Vaccinium praestans* Lamb., *in vitro*, клональное микроразмножение, питательная среда, росторегулирующие вещества.

В статье приведены результаты исследований по изучению влияния состава питательной среды и добавления регуляторов роста цитокининовой и ауксиновой групп в различных концентрациях на биометрические показатели растений красники (*Vaccinium praestans* Lamb.) при клональном микроразмножении. Клональное микроразмножение является наиболее эффективно для получения высококачественного оздоровленного посадочного материала при выращивании за пределами ареала произрастания. На этапе «собственно микроразмножение» показано влияние состава питательной среды (WPM и WPM 1/2), а также концентрации 6-БАП (0,5 и 1,0 мг/л) на количество и длину побегов растений красники. Максимальное количество (4,7 шт.) и суммарная длина (18,3 см) микропобегов отмечены в варианте WPM 1/2 + 6-БАП 0,5 мг/л. На этапе «укоренение *in vitro*» показано влияние состава питательной среды и концентрации ИМК (0,5 и 1,0 мг/л) на количество и длину корней. Максимальная суммарная длина корней (7,7 см) отмечена в варианте WPM 1/2 + ИМК 0,5 мг/л. Количество и суммарная длина микропобегов и корней красники на питательной среде WPM 1/2 были больше, чем на среде WPM.

A. Chudetsky, I. Kuznetsova, S. Makarov, V. Surov

OBTAINING PLANTING MATERIAL FOR KAMCHATKA BILBERRY (*VACCINIUM PRAESTANS* LAMB.) BY CLONAL MICROPROPAGATION

Keywords: Kamchatka bilberry, *Vaccinium praestans* Lamb., *in vitro*, clonal micropropagation, nutrient medium, growth-regulating substances.

The results of research to study the effect of the composition of the nutrient medium and the addition of growth regulators of the cytokinin and auxin groups at various concentrations on the biometric parameters of the Kamchatka bilberry (*Vaccinium praestans* Lamb.) plants during clonal micropropagation. Clonal micropropagation is most effective for obtaining high quality, healthy planting material when grown outside the growing area. The influence of the nutrient medium composition (WPM, WPM 1/2) and the concentration of 6-BAP (0.5 and 1.0 mg/l) on the number and length of shoots of Kamchatka bilberry plants at the stage “proper micropropagation”. The maximum number (4.7 pcs.) and total length (18.3 cm) of microshoots is noted in the WPM 1/2 +

6-BAF 0.5 mg/l. The influence of the nutrient medium composition and the concentration of IMC (0.5 and 1.0 mg/l) on the number and length of roots at the stage of "rooting in vitro". The maximum total root length (7.7 cm) is noted in the WPM 1/2 + IMC 0.5 mg/l. The number and total length of microshoots and roots of the Kamchatka bilberry on the WPM 1/2 culture medium is greater than on the WPM.

Чудецкий Антон Игоревич¹, ведущий инженер, a.chudetsky@mail.ru

Anton I. Chudetsky, Leading Engineer, a.chudetsky@mail.ru

Кузнецова Ирина Борисовна², доцент кафедры агрохимии, почвоведения и защиты растений, sonnereiser@yandex.ru

Irina B. Kuznetsova, Associate Professor of Agrochemistry, Soil Science and Plant Protection Chair, sonnereiser@yandex.ru

Макаров Сергей Сергеевич¹, старший научный сотрудник группы недревесной продукции леса, makarov_serg44@mail.ru

Sergey S. Makarov, Senior Researcher of Non-timber Forest Products Group, makarov_serg44@mail.ru

Суров Владимир Викторович³, доцент кафедры растениеводства, земледелия и агрохимии, wladimirsurow@rambler.ru

Vladimir V. Surov, Associate Professor of Plant Growing, Agriculture and Agrochemistry Chair, wladimirsurow@rambler.ru

¹Филиал ФБУ «Всероссийский научно-исследовательский институт лесоводства и механизации лесного хозяйства», «Центрально-европейская лесная опытная станция», Кострома, Россия

Central European Forest Experiment Station-Branch of All-Russian Research Institute of Silviculture and Mechanization of Forestry, Kostroma, Russia

²Костромская государственная сельскохозяйственная академия», п. Караваево, Костромская обл., Россия

Kostroma State Agricultural Academy, Karavaevo village, Kostroma region, Russia

³Вологодская государственная молочно-хозяйственная академия имени Н.В. Верещагина, Вологда, Россия

Vologda State Dairy Academy named after N.V. Vereshchagin, Vologda, Russia

Введение. Красника (*Vaccinium praestans* Lamb.) (другие названия – клоповка сахалинская, сахалинская брусника, камчатская брусника, дымника) – это теневыносливый вегетативно-подвижный листопадный кустарничек. Произрастает на Сахалине и Курильских островах, в Приморье, Хабаровском крае и на Камчатке в тенистых местах тайги во влажных хвойных и смешанных лесах, в долинах и на горных склонах, на открытых местах и в полутени, на таежных прогалинах и вырубках, на моховых болотах, расположенных вдоль морского побережья, на старых лесных дорогах, просеках, тропинках и на облесенных окраинах болот. Растение успешно зимует под глубоким снежным покровом, может выдерживать довольно сильные морозы в бесснежные зимы, однако чувствительна к позднеле-

сенним заморозкам, поскольку на родине данного вида довольно длинный безморозный период [4, 6, 12, 14, 15].

Растения красники имеют одревесневшие короткие надземные побеги и длинное разветвленное корневище, от которого отходят несколько надземных побегов. Листья крупные. Плоды – ярко-красные глянцевые, с многочисленными семенами шаровидные ягоды, обладают уникальными вкусовыми качествами (сочные, сладковато-кислые и с резким запахом, сохраняющимся даже при варке и консервировании), созревают в августе-сентябре. Ягоды красники содержат 16 аминокислот (из них 7 незаменимых), клетчатку, сахара, витамин С (80–100 мг%), флавоноиды, соединения Р-витаминного комплекса, органические кислоты: винную, янтарную, щавелевую,

лимонную, яблочную, бензойную, а также калий, кальций, магний, фосфор, немного натрия, железо и марганец. В листьях количество протеина, клетчатки, зольных элементов выше, чем в плодах. В местах произрастания красники ее плоды широко используются местным населением для приготовления варенья, джемов, соков. В свежем виде из-за высокой кислотности и своеобразного запаха они употребляются в меньшей степени. В пищевой промышленности ягоды и сироп из них применяются для производства кондитерских изделий. В медицине сиропы, соки и морсы из ягод красники могут использоваться для нормализации артериального давления, для улучшения пищеварения, при простуде и заболеваниях печени [1, 3, 4, 7-9, 12].

Размножение красники происходит, в основном, вегетативным способом, реже – семенным. В настоящее время интерес к краснике, как к нетрадиционному виду ягодной культуры, возрастает за пределами районов ее произрастания. Ведутся работы по интродукции красники в других регионах страны: она имеется в коллекциях Главного ботанического сада РАН, ВСТИСП и др. Их опыт доказывает, что красника является перспективным лесным ягодным растением для выращивания в лесной зоне средней полосы европейской России [4, 5, 13]. В Северной Америке и Европе также практикуется выращивание красники в садах.

Наиболее перспективным методом для круглогодичного получения большего количества оздоровленного посадочного материала растений является клональное микроразмножение [10]. Разработкой способа клонального микроразмножения красники занимались исследователи из Литвы и Польши [16], а также, независимо от них, были подобные попытки и в России [1, 13]. С 2018 г. работы по введению в культуру *in vitro* красники ведутся на базе Центрально-европейской лесной опытной станции ВНИИЛМ.

Цель исследований – изучить влияние состава питательной среды и различных концентраций росторегулирующих

веществ при клональном размножении растений красники на биометрические показатели растений в культуре *in vitro*.

Объекты и методы. Исследования проводились в 2018–2020 гг. в Лаборатории клонального микроразмножения на базе Центрально-европейской лесной опытной станции ВНИИЛМ по общепринятым методикам [2]. В качестве эксплантов для введения в культуру *in vitro* использовали меристемы растений красники, отобранные на юге Сахалинской области в 2013–2015 гг. (рис. 1). В качестве питательной среды использовали WPM и WPM 1/2. На этапе «собственно микроразмножение» применяли цитокинин 6-БАП в концентрациях 0,5 и 1,0 мг/л, а на этапе «укоренение *in vitro*» – ауксин ИМК в таких же концентрациях. Определяли количество, среднюю и суммарную длину в расчете на одно растение. Повторность опыта 10-кратная. Статистическую обработку данных проводили с использованием программ AGROS v.2.11 и Microsoft Office 2016.

Результаты и обсуждение. В результате исследований выявлено, что на этапе «собственно микроразмножение» растения красники образовывали больше микропобегов на питательной среде WPM 1/2, их количество в среднем составляло 4,4 шт., а на среде WPM – 2,9 шт. (рис. 1). Существенных различий в зависимости от концентрации цитокинина 6-БАП не выявлено. При взаимодействии факторов следует отметить, что в варианте WPM 1/2 + 6-БАП 0,5 мг/л количество побегов было максимальным – 4,7 шт. (табл. 1).

Наибольшая средняя длина побегов на одно растение красники наблюдалась при использовании питательной среды WPM 1/2, она составляла 2,8 см, а на среде WPM – 2,4 см. При концентрации в питательной среде цитокинина 6-БАП 0,5 мг/л длина побегов достигала в среднем 3,6 см, а при 1,0 мг/л она была значительно меньше (1,6 см). В варианте WPM 1/2 + 6-БАП 0,5 мг/л побеги имели наибольшую среднюю длину – 3,9 см (табл. 2).

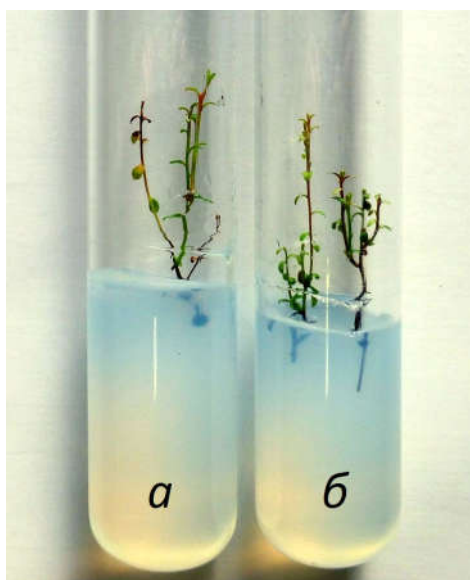


Рисунок 1. Микропобеги растений красники в культуре *in vitro* на питательных средах: а – WPM; б – WPM 1/2

Таблица 1 – Количество побегов на одно растение красники в зависимости от состава питательной среды и концентрации цитокинина 6-БАП, шт.

Питательная среда	Концентрация 6-БАП, мг/л		Среднее
	0,5	1,0	
WPM	2,8	3,0	2,9
WPM 1/2	4,7	4,1	4,4
Среднее	3,7	3,5	-
НСР ₀₅ фактор А = 0,49, фактор В = 0,38, общ. = 0,67			

Примечание: НСР₀₅ – наименьшая существенная разница на 5%-м уровне значимости

Таблица 2 – Средняя длина побегов на одно растение красники в зависимости от состава питательной среды и концентрации цитокинина 6-БАП, см

Питательная среда	Концентрация 6-БАП, мг/л		Среднее
	0,5	1,0	
WPM	3,4	1,5	2,4
WPM 1/2	3,9	1,8	2,8
Среднее	3,6	1,6	-
НСР ₀₅ фактор А = 0,40, фактор В = 0,29, общ. = 0,51			

Максимальная суммарная длина побегов на одно растение красники (в среднем 12,8 см) отмечена при культивировании растений-регенерантов красники на питательной среде WPM 1/2, тогда как на среде WPM она составила 7,0 см. При добавлении в питательную среду цитокинина 6-БАП в концентрации 0,5 мг/л суммарная длина побегов была в 2,4 раза больше, чем при концентрации 1,0 мг/л. По взаимодействию факторов снова выделяется вариант WPM 1/2 + 6-БАП в концент-

рации 0,5 мг/л, в котором суммарная длина побегов была наибольшей и достигала 18,3 см на одно растение (табл. 3).

На этапе укоренения *in vitro* статистически значимых различий по количеству корней в зависимости от состава среды и концентрации ауксина ИМК не выявлено. Можно отметить вариант WPM 1/2 с добавлением ауксина ИМК в концентрации 0,5 мг/л, где количество корней было наибольшим – 2,5 шт. (табл. 4).

Таблица 3 – Суммарная длина побегов на одно растение красники в зависимости от состава питательной среды и концентрации цитокинина 6-БАП, см

Питательная среда	Концентрация 6-БАП, мг/л		Среднее
	0,5	1,0	
WPM	9,5	4,5	7,0
WPM 1/2	18,3	7,4	12,8
Среднее	13,9	5,9	-
НСР ₀₅ фактор А = 0,17, фактор В = 0,10, общ. = 0,12			

Таблица 4 – Количество корней на одно растение красники в зависимости от состава питательной среды и концентрации ауксина ИМК, шт.

Питательная среда	Концентрация ИМК, мг/л		Среднее
	0,5	1,0	
WPM	2,0	1,8	1,9
WPM 1/2	2,5	2,0	2,2
Среднее	2,2	1,9	-
НСР ₀₅ фактор А = 0,55, фактор В = 0,45, общ. = 0,78			

Средняя длина корней красники статистически значимо не различалась в зависимости от состава питательной среды. При концентрации в питательной среде ауксина ИМК 0,5 мг/л средняя длина побегов на одно растение была больше,

чем при концентрации 1,0 мг/л, и составляла 2,5 и 1,8 см соответственно. В варианте WPM 1/2 + ИМК 0,5 мг/л отмечена максимальная длина корней на одно растение – 2,8 см (табл. 5).

Таблица 5 – Средняя длина корней на одно растение красники в зависимости от состава питательной среды и концентрации ауксина ИМК, см

Питательная среда	Концентрация ИМК, мг/л		Среднее
	0,5	1,0	
WPM	2,3	1,9	2,1
WPM 1/2	2,8	1,7	2,2
Среднее	2,5	1,8	-
НСР ₀₅ фактор А = 0,56, фактор В = 0,46, общ. = 0,83			

Суммарная длина корней на одно растение красники была больше при использовании питательной среды WPM 1/2, в среднем составив 5,6 см, а при WPM – 4,1 см (табл. 6). При концентрации аукси-

на ИМК в питательной среде 0,5 мг/л суммарная длина корней была в 1,7 раз больше, чем при 1,0 мг/л. Максимальная суммарная длина корней (7,7 см) отмечена в варианте WPM 1/2 + ИМК 0,5 мг/л.

Таблица 6 – Суммарная длина корней на одно растение красники в зависимости от состава питательной среды и концентрации ауксина ИМК, см

Питательная среда	Концентрация ИМК, мг/л		Среднее
	0,5	1,0	
WPM	4,6	3,6	4,1
WPM 1/2	7,7	3,5	5,6
Среднее	6,1	3,5	-
НСР ₀₅ фактор А = 0,09, фактор В = 0,07, общ. = 0,12			

Таким образом, по результатам проведенных исследований можно сделать следующие **выводы**:

1. При клонировании растений красники на этапе «собственно микроразмножение» наибольшее количество микропобегов, их средняя и суммарная длина отмечены при культивировании на питательной среде WPM 1/2 с добавлением цитокинина 6-БАП в концентрации 0,5 мг/л.

2. На этапе «укоренение *in vitro*» наибольшее количество корней красники, их средняя и суммарная длина выявлены при использовании питательной среды WPM 1/2 с ауксином ИМК в концентрации 0,5 мг/л.

3. Процессы образования побегов и корней при клональном микроразмножении красники на питательной среде WPM 1/2 проходили лучше, чем на WPM.

Список источников

1. Исаева И.С. Красника – удар по гипертонии // Сады России. 2012. № 7 (28). С. 26–32.

2. Калашникова Е.А. Клеточная инженерия растений: учеб. пособие. Москва : РГАУ-МСХА, 2012. 318 с.

3. Кострыкина С.А. Использование красники (*Vaccinium praestans* Lamb.) в производстве мучных кондитерских изделий // Технологии производства и переработки сельскохозяйственной продукции: сб. науч. тр. Благовещенск: ДГАУ, 2019. С. 77–81.

4. Красикова В.И. Биология и рациональное использование красники (*Vaccinium praestans* Lamb.) на Сахалине. Владивосток: ДВНЦ АН СССР, 1987. 108 с.

5. Красикова В.И., Денисова Я.В. Основные направления повышения продуктивности и восстановления естественных зарослей красники *Vaccinium praestans* Lamb. на острове Сахалин // Сохранение биоразнообразия Камчатки и прилегающих морей: мат-лы XX Междунар. науч. конф. Петропавловск-Камчатский, 2019. С. 257–261.

6. Красикова В.И., Корнева И.Г., Алексеева Л.М. Изучение брусничных на Сахалине // Брусничные в СССР: сб. науч. тр. Новосибирск: Наука, СО, 1990. С. 28–32.

7. Крышняя С.В., Красикова В.И. Химический состав плодов и листьев *Vaccinium praestans* // Наземные экосистемы острова

Сахалина: современное состояние, природно-антропогенное изменение, охрана и рациональное использование природных ресурсов. Южно-Сахалинск, 1999. С. 121–128.

8. Плаксен Н.В., Степанов С.В., Устинова Л.В. Гепатопротекторное действие сиропа из плодов *Vaccinium* превосходного // Тихоокеанский медицинский журнал. 2014. № 2. С. 59–61.

9. Саликова А.А., Зайцева Е.А., Устинова Л.В. Влияние сока из плодов *Vaccinium* превосходного на грамположительные бактерии // Инновационные технологии в медицине и фармакологии: сб. науч. тр. Междунар. науч.-практич. конф. Хабаровск, 2016. № 1. С. 65–70.

10. Сельскохозяйственная биотехнология: учеб. / В.С. Шевелуха [и др.]. Москва : Высшая школа, 2008. 416 с.

11. Смирнов И.Ю. Красника // Наука и жизнь. 1999. № 10. С. 49–52.

12. Смирнов И.Ю. Перспективы окультуривания красники // Плодоводство и ягодоводство России. 2001. Т. 8. С. 94–99.

13. Смирнов И.Ю. Способы размножения красники // Адаптивные технологии в растениеводстве: мат-лы Всерос. науч.-практ. конф. Ижевск, 2005. С. 312–316.

14. Чернягина О.А. Красника *Vaccinium praestans* на Камчатке // Сохранение биоразнообразия Камчатки и прилегающих морей: мат-лы XIII Междунар. науч. конф. Петропавловск-Камчатский : Камчатпресс, 2012. С. 124–128.

15. Nechaeva V.A., Nechaev A.A. Wild Berry Plants and Carnivorous Birds in the Taiga Zone of the Southern Russian Far East // Contemporary Problems of Ecology. 2012. Vol. 5 (1). P. 71–77.

16. Stanienn G., Stanys V., Kaweck Z. Peculiarities of Propagation In Vitro of *Vaccinium vitis-idaea* L. and *V. praestans* Lamb. // Biologija. 2002. Vol. 1. P. 84–86.

1. Isaeva I.S. Krasnika – udar po gipertonii [Kamchatka Bilberry – A Blow to Hypertension]. *Sady Rossii [Gardens of Russia]*. 2012; 7 (28): 26–32 (in Russ.).

2. Kalashnikova E.A. Kletochnaya inzheneriya rastenij [Cell Plant Engineering]. Moscow, RSAU-MMA Publ., 2012. 318 p. (in Russ.).

3. Kostrykina S.A. The Use of Kamchatka Bilberry (*Vaccinium praestans* Lamb.) in the Production of Flour Confectionery. *Tehnologii*

производства и переработки сельскохозяйственной продукции [Technologies of Production and Processing of Agricultural Products]. Blagoveshensk. Far Eastern State Agrarian University Publ., 2019. 77–81 (in Russ.).

4. Krasikova V.I. Biologija i racionalnoe ispolzovanie krasniki (*Vaccinium praestans* Lamb.) na Sahaline [Biology and Rational Use of the Kamchatka Bilberry (*Vaccinium praestans* Lamb.) in Sakhalin]. Vladivostok, Far East Scientific Center of the Academy of Sciences of the USSR Publ., 1987. 108 p. (in Russ.).

5. Krasikova V.I., Denisova Ya.V. The Main Directions of Productivity Increase and Restoration of Natural Thickets of the Grass of Knavhatka Bilberry (*Vaccinium praestans* Lamb.) on Sakhalin Island. *Proc. of XX Int. Conf. "Sohranenie bioraznoobrazija Kamchatki i privilegajushhih morej"*, Petropavlovsk-Kamchatsky. 2019. 257–261 (in Russ.).

6. Krasikova V.I., Korneva I. G., Alekseeva L. M. Izuchenie brusnichnyh na Sahaline [Study of Lingonberries in Sakhalin]. *Brusnichnye v SSSR [Lingonberries in the USSR]*. Novosibirsk, Nauka, Siberian branch, 1990. 28–32 (in Russ.).

7. Kryshnjaja S.V., Krasikova V.I. Himicheskij sostav plodov i list'ev *Vaccinium praestans* [Chemical Composition of Fruits and Leaves of *Vaccinium praestans*]. *Nazemnye jekosistemy ostrova Sahalina: sovremennoe sostojanie, prirodno-antropogennoe izmenenie, ohrana i racionalnoe ispolzovanie prirodnyh resursov [Terrestrial Ecosystems of Sakhalin Island: Current State, Natural and Anthropogenic Change, Protection and Rational Use of Natural Resources]*. Yuzhno-Sakhalinsk, 1999. 121–128 (in Russ.).

8. Plaksen N.V., Stepanov S.V., Ustinova L.V. Hepatoprotective Effect of Syrup from the

Fruits of Excellent *Vaccinium*. *Tihookeanskij medicinskij zhurnal [Pacific Medical Journal]*. 2014; 2: 59–61 (in Russ.).

9. Salikova A.A., Zajceva E.A., Ustinova L.V. Influence of Juice from Fruits of Excellent *Vaccinium* on Gram-positive Bacteria. *Proc. of Int. Conf. "Innovacionnye tehnologii v medicine i farmakologii"*. Khabarovsk, 2016; 1: 65–70 (in Russ.).

10. Sheveluha V.S. [et al.]. *Selskohozyajstvennaya biotekhnologiya [Agricultural Biotechnology]*. Moscow, Vysshaya shkola, 2008. 416 p. (in Russ.).

11. Smirnov I.Yu. Krasnika [Kamchatka Bilberry]. *Nauka i zhizn [Science and Life]*. 1999; 10: 49–52 (in Russ.).

12. Smirnov I.Yu. Prospects for the Cultivation of Kamchatka Bilberry. *Plodovodstvo i jagodovodstvo Rossii [Fruit and Berry Growing in Russia]*. 2001; 8: 94–99 (in Russ.).

13. Smirnov I.Yu. Sposoby razmnozhenija krasniki [Reproduction Methods of Kamchatka Bilberry]. *Proc. of All-Russian Conf. "Adaptivnye tehnologii v rastenievodstve"*. Izhevsk, 2004. 312–316 (in Russ.).

14. Chernjagina O.A. Kamchatka Bilberry (*Vaccinium praestans*) in Kamchatka. *Proc. of XIII Int. Conf. "Sohranenie bioraznoobrazija Kamchatki i privilegajushhih morej"*. Petropavlovsk-Kamchatsky, 2012. 124–128 (in Russ.).

15. Nechaeva V.A., Nechaev A.A. Wild Berry Plants and Carpophagous Birds in the Taiga Zone of the Southern Russian Far East. *Contemporary Problems of Ecology*. 2012; 5(1): 71–77.

16. Stanienl G., Stanys V., Kawecky Z. Peculiarities of Propagation In Vitro of *Vaccinium vitis-idaea* L. and *V. praestans* Lamb. *Biologija*. 2002; 1: 84–86.