

Сергей Сергеевич Макаров^{1✉}, Вера Сергеевна Виноградова², Антон Игоревич Чудецкий³

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

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

¹s.makarov@rgau-msha.ru

²verochka_54@list.ru

³a.chudetsky@mail.ru

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ РАЗЛИЧНЫХ ВИДОВ УДОБРЕНИЙ ПРИ ВЫРАЩИВАНИИ КНЯЖЕНИКИ АРКТИЧЕСКОЙ (*RUBUS ARCTICUS* L.)

Цель исследований – разработка системы питания для княженики арктической. Приведены результаты исследований по выращиванию княженики арктической (*Rubus arcticus* L.) на кислых легких дерново-подзолистых почвах в природно-климатических условиях Костромской области. Использовали 2 варианта удобрения почвы: 1) азофоска 400 кг/га ($N_{60}P_{60}K_{60}$ как основное удобрение + подкормка $N_{30}P_{30}K_{30}$); 2) разработанная система питания, включающая основное органоминеральное удобрение с содержанием гуминовых веществ и спор бактерий (*Bacillus subtilis*, *Bacillus tucilaginosis*) и 3 подкормки растворами минерального удобрения «Акварин» в мае, в июне и в сентябре (10 %, 6 и 3 % соответственно). Локальное применение органоминеральных удобрений в дозе 500 кг/га с 3 подкормками водорастворимыми минеральными удобрениями марки «Акварин», содержащими макро- и микроэлементы, благоприятно влияет на повышение микробиологической активности почвы, аммонификаторов на 25,8 %, фосфатмобилизующих бактерий на 39,1 %, ее агрохимические показатели, в том числе содержания органического вещества на 0,4 %, подвижного фосфора и обменного калия на 7,6–12,4 мг/кг, приживаемость растений *R. arcticus*, формирование габитуса куста, с дополнительным образованием парциальных побегов на 35 шт/куст, физиологическую активность растений, выражающуюся в повышении продуктивности фотосинтеза на 38 % и существенное увеличение урожайности ягод до 53,2 г/м² (на 47,6 %). Расширение возможности формирования плантаций *R. arcticus* на кислых дерново-подзолистых почвах позволит повысить коэффициент занятости залежных почв и ввести их в эксплуатацию. Производство ягодной продукции в Костромской области как экологически безопасном регионе позволит обеспечить предприятия, занимающиеся приготовлением детского и диетического питания, высококачественным целебным сырьем.

Ключевые слова: княженика арктическая, органоминеральные удобрения, минеральные удобрения, микробиологическая активность почвы, агрохимические показатели почвы, физиологическая активность растений, урожайность ягод

Для цитирования: Макаров С.С., Виноградова В.С., Чудецкий А.И. Эффективность применения различных видов удобрений при выращивании княженики арктической (*Rubus arcticus* L.) // Вестник КрасГАУ. 2024. № 6. С. 45–52. DOI: 10.36718/1819-4036-2024-6-45-52.

Благодарности: работа проведена в рамках Тематического плана-задания на выполнение научно-исследовательских работ по заказу Минсельхоза России за счет средств федерального бюджета в 2024 году.

Sergei Sergeevich Makarov^{1✉}, Vera Sergeevna Vinogradova², Anton Igorevich Chudetsky³^{1,3}Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy, Moscow, Russia²Kostroma State Agricultural Academy, Karavaevo village, Kostroma Region, Russia¹s.makarov@rgau-msha.ru²verochka_54@list.ru³a.chudetsky@mail.ru

EFFICIENCY OF APPLYING DIFFERENT TYPES OF FERTILIZERS IN ARCTIC BRAKE (*RUBUS ARCTICUS* L.) CULTIVATION

The objective of research is to develop a nutrition system for Arctic brake. The paper presents the results of research on growing Arctic brake (*Rubus arcticus* L.) on acidic light sod-podzolic soils in the natural and climatic conditions of the Kostroma Region. Two soil fertilization options were used: 1) azophoska 400 kg/ha ($N_{60}P_{60}K_{60}$ as the main fertilizer + $N_{30}P_{30}K_{30}$ top dressing); 2) the developed nutrition system, including the main organomineral fertilizer containing humic substances and bacterial spores (*Bacillus subtilis*, *Bacillus mucilaginosus*) and 3 top dressings with solutions of the mineral fertilizer Akvarin in May, June and September (10 %, 6 and 3 %, respectively). Local application of organomineral fertilizers at a dose of 500 kg/ha with 3 additional feedings of water-soluble mineral fertilizers of the Akvarin brand containing macro- and microelements has a beneficial effect on increasing the microbiological activity of the soil, ammonifiers by 25.8 %, phosphate-mobilizing bacteria by 39.1 %, its agrochemical indicators, including the content of organic matter by 0.4 %, mobile phosphorus and exchangeable potassium by 7.6–12.4 mg/kg, the survival rate of *R. arcticus* plants, the formation of the bush habitus, with the additional formation of partial shoots by 35 pcs/bush, the physiological activity of plants, expressed in an increase in the productivity of photosynthesis by 38 % and a significant increase in the yield of berries to 53.2 g/m² (by 47.6 %). Expanding the possibility of forming *R. arcticus* plantations on acidic sod-podzolic soils will increase the occupancy rate of fallow soils and put them into operation. Production of berry products in the Kostroma Region as an ecologically safe region will provide enterprises engaged in the preparation of baby and dietary food with high-quality medicinal raw materials.

Keywords: Arctic brake, organomineral fertilizers, mineral fertilizers, microbiological activity of the soil, agrochemical indicators of the soil, physiological activity of plants, berry yield

For citation: Makarov S.S., Vinogradova V.S., Chudetsky A.I. Efficiency of applying different types of fertilizers in arctic brake (*Rubus arcticus* L.) cultivation // Bulliten KrasSAU. 2024;(6): 45–52 (In Russ.). DOI: 10.36718/1819-4036-2024-6-45-52.

Acknowledgments: the work has been carried out within the framework of the Thematic plan-assignment for the performance of research and development work ordered by the Ministry of Agriculture of Russia at the expense of the federal budget in 2024.

Введение. Интерес к различным видам растений, которые используют в декоративных, пищевых и даже целебных целях, в т. ч. и к культуре княженики арктической (*Rubus arcticus* L.), ежегодно возрастает как среди ученых, так и у специалистов-практиков. Многие исследователи отмечают, что ягоды княженики, наряду с выраженными вкусовыми качествами, обладают и целебными свойствами. Княженика – многолетнее травянистое растение, имеющее надземные побеги высотой 15–25 см, прямостоячий трехгранный стебель с чешуйками у основания. Листья тройчатые, морщинистые, зубчики края

листочков острые, цветок обоеполюй, один очный, плод – сборная костянка [1–3].

Возможность выращивать княженику на кислых, мало используемых в сельском хозяйстве почвах позволяет расширить набор возделываемых культур и получать высокий экономический доход. Как свидетельствуют некоторые авторы, экономический эффект от княженики в 5 раз выше, чем от малины, и в 6 раз превышает доходы от выращивания земляники [4–7]. Однако, несмотря на неприхотливость культуры княженики к условиям выращивания, сбор ягод в большой степени зависит от уровня прихода

питательных элементов к растениям во время вегетации.

Известно, что в почвах с высокой кислотностью многие элементы слабо удерживаются в растворе в доступной для растений форме, в связи с чем для подкормки применяют минеральные удобрения [8, 9]. При этом их эффективность составляет только 30–40 %. Применение органоминеральных удобрений может способствовать пролонгированному поступлению элементов питания в почвенный раствор и препятствовать их потерям.

Цель исследований – разработка системы питания для княженики арктической.

Объекты и методы. Исследования по выращиванию княженики арктической проводились в период 2019–2023 гг. в лабораторных условиях и в полевых условиях – в Костромском районе Костромской области, на кислых ($pH_{KCl} = 4,3$) дерново-подзолистых почвах с содержанием органического вещества 1,6 %, подвижного фосфора – 98 мг/кг, обменного калия – 65 мг/кг.

Климат Костромской области можно охарактеризовать как умеренно континентальный, с коротким сравнительно теплым летом, продолжительной холодной и многоснежной зимой. Регион преимущественно находится под воздействием масс воздуха умеренных широт, переносимых господствующими юго-западными ветрами. Продолжительность периода со среднесуточной температурой выше 10 °С составляет 120–130 дней. Сумма положительных температур за этот период на территории области колеблется от 1700 до 1900 °С. Безморозный период длится около 112 дней, а холодный – 160 дней. Весенние заморозки на открытых местах прекращаются в среднем 10–20 мая, а осенние начинаются в 3-й декаде сентября [10]. Метеорологические наблюдения в период исследований были в пределах среднепогодных.

В качестве объекта исследований рассматривали растения княженики арктической (*Rubus arcticus* L.) сорта Галина [3]. В качестве посадочного материала использовали черенковые саженцы с длиной побега 3,1–3,3 см, количество листьев на побеге составляло 3,0 шт. со средней длиной 2,1 см. Саженцы высадили 19.05.2021 г. Схема посадки – 30 × 100 см.

Заложили два варианта опыта:

1) контроль – азофоска 400 кг/га ($N_{60}P_{60}K_{60}$ – как основное удобрение с заделкой в почву + 2 подкормки $N_{30}P_{30}K_{30}$ – вразброс);

2) система питания:

– основное удобрение ОМУ (гуминовые вещества – 10,5 %; $N_{13}P_9K_4Mg_{0,5}Cu_{0,2}Zn_{0,25}Fe_{0,03}Mn_{0,5}$ + *Bacillus subtilis* 700 тыс. КОЕ/г, *Bacillus mucilaginosus* 300 тыс. КОЕ/г) – 500 кг/га вносили локально при высадке саженцев (20 г/шт.);

– 1-я подкормка (май) – Акварин 10 % ($N_{20}P_5K_{10}Mg_{1,5}S_{8,4}$ Cu(ЭДТА)_{0,01} Zn(ЭДТА)_{0,014} Fe(ДТПА)_{0,054} Mn(ЭДТА)_{0,04}; Mo_{0,004} B_{0,02}) – 3кг/га;

– 2-я подкормка (июнь) – Акварин 6 % ($N_{15}P_5K_{30}Mg_{1,7}S_{1,5}$ Cu(ЭДТА)_{0,01} Zn(ЭДТА)_{0,014} Fe(ДТПА)_{0,054} Mn(ЭДТА)_{0,04}; Mo_{0,004} B_{0,02}) – 3кг/га;

– 3-я подкормка (сентябрь) – Акварин 3 % ($N_3P_{11}K_{35}Mg_{4,0}S_{9,0}$ Cu (ЭДТА)_{0,01} Zn(ЭДТА)_{0,014} Fe(ДТПА)_{0,054} Mn(ЭДТА)_{0,04}; Mo_{0,004} B_{0,02}) – 3кг/га.

Минеральные удобрения вносили при посадке вразброс с заделкой в почву, ОМУ вносили локально по 20 г в лунку.

Исследования проводили в соответствии с общепринятыми методиками [11–13]. Анализ агрохимических образцов почвы и растительного материала проводили в лаборатории массовых анализов ГСАС «Костромская» с использованием государственных стандартов: ГОСТ 26483 (рН солевой вытяжки); ГОСТ Р 54650, п. 9.2, п. 9.3 (подвижный фосфор и подвижный калий по методу Кирсанова); ГОСТ 26951 (азот нитратов); ГОСТ 26213 (органическое вещество). Статистическую обработку полученных экспериментальных данных проводили с использованием программы MS Excel.

Результаты и их обсуждение. В первый месяц выращивания растения княженики росли и развивались очень медленно, хотя погодные условия благоприятствовали – было тепло (18–20 °С днем и 6–10 °С ночью). Приживаемость растений составила 94 % в обоих вариантах удобрений. Наиболее активно развитие растений началось в середине июня и продолжалось до сентября. Микробиологическая активность почвы способствовала переводу сложных соединений в доступную для растений форму, тем самым улучшая их условия питания. Особенно отличалась высокая численность фосфорных бактерий, которая превышала на 122 тыс. КОЕ/г данные контрольного варианта (табл. 1, рис. 1).

Содержание элементов питания в почве разных вариантов отличалось по накоплению органического вещества, калия и подвижного фосфора, которое было выше на 0,4 % (2,4 и 7,6 мг/кг соответственно), чем в варианте с применением системы питания (табл. 2).

В растениях, выращенных на системе питания, накопление микроэлементов было значительно выше, исключение составил только по-

казатель по марганцу, содержание которого снизилось на 16 мг/кг (табл. 3).

Хорошо обеспеченные элементами питания растения княженики отличались высокой физиологической активностью. Хотя содержание хлорофилла в растениях с применением системы питания было ниже на 0,26 мг/г, продуктивность фотосинтеза достигала 0,343 мгС/дм², что на 127 мг выше контрольных показателей (табл. 4).

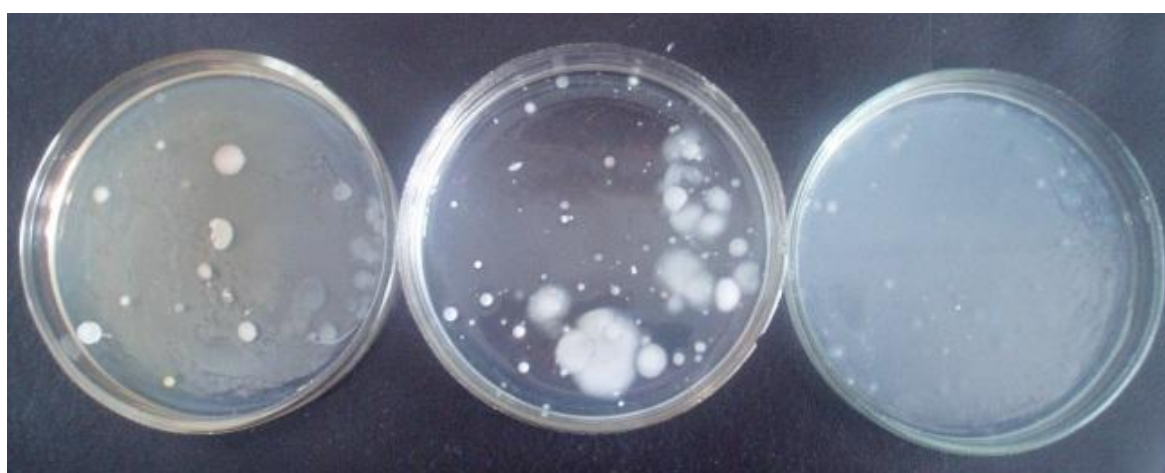
Таблица 1

Численность физиологически ценных групп микроорганизмов почвы

Численность групп микроорганизмов, тыс. КОЕ/г	Контроль (азофоска 400кг/га + подкормка N ₃₀ P ₃₀ K ₃₀)	Система питания
Аммонификаторы (МПА)	1 950,0	2 300,0
Фосфатмобилизующие (ГАА)	183,0	305,0
Азотфиксаторы (среда Эшби)	220,0	218,0



а



б

Рис. 1. Результаты посева почвенной микрофлоры на твердые питательные среды (слева направо): МПА(мясо-пептонный агар), ГАА (глюкозо-аспарагиновый агар), среда Эшби: а – контроль; б – система питания

Содержание элементов питания в почве

Показатель	Контроль (азофоска 400 кг/га + подкормка N ₃₀ P ₃₀ K ₃₀)	Система питания
Нитраты, мг/кг	< 2,5	
Органическое вещество, %	1,3	1,7
Фосфор, мг/кг	102,2	109,8
Калий, мг/кг	81,4	93,8
pH солевой вытяжки	4,3	

Таблица 3

Содержание элементов питания в растениях княженики, мг/кг

Вариант	P	K	Mg	Ca	Cu	Fe	Mn	B
Контроль (азофоска 400 кг/га + подкормка N ₃₀ P ₃₀ K ₃₀)	1520	11678	3824	3044	4,9	21,0	986	22,31
Система питания	2356	11964	4248	3241	6,7	23,4	970	40,7

Таблица 4

Физиологические показатели растений княженики

Показатель	Вариант	
	Контроль (азофоска 400 кг/га + подкормка N ₃₀ P ₃₀ K ₃₀)	Система питания
Содержание хлорофилла, мг/г	0,298	0,272
Содержание каротина, мг/г	0,019	0,058
Продуктивность фотосинтеза, мг С/дм ²	0,216	0,343
ККС, %	6,3	9,9
ПОД, кПа	518,0	836,7
Потеря воды, %/ч	5,4	3,7

Растения княженики очень плохо переносят недостаток влаги. Оптимальное потенциальное осмотическое давление (ПОД) в клетках тканей растений развивается при концентрации клеточного сока (ККС) на уровне 9–14 % и составляет 700–1220 кПа. Изменяя обмен веществ, недостаток воды может влиять и на продуктивность культуры, и на вкусовые качества плодов [14]. При высокой концентрации клеточного сока растений, выращенных с использованием системы питания (9,9 %), потенциальное осмотическое

давление составило 836,7 кПа, а потеря воды снизилась на 1,7 %, что свидетельствует о благоприятном водном режиме растений княженики.

В конце 1-го года вегетации растения существенно различались по вариантам (табл. 5).

К осени в варианте с применением системы питания сформировались растения с числом побегов 18,7 шт/растение и длиной 5,6 см, что существенно выше относительно контрольных (рис. 2).

Таблица 5

Биометрические показатели растений княженики в 1-й год вегетации

Вариант	Кол-во парциальных побегов, шт.	Длина побега, см	Длина среднего листа, см
Контроль (азофоска 400 кг/га + подкормка N ₃₀ P ₃₀ K ₃₀)	11,4	3,8	2,4
Система питания	18,7	5,6	3,3
НСР ₀₅	6,23	1,14	0,78



Рис. 2. Внешний вид растений княженики: а – система питания; б – контроль

Во второй и третий годы вегетации растения развивались достаточно активно, рядки сомкнулись. Цветение (40 % в контроле и 55 % в опыте с системой питания) и плодоношение во 2-й год было незначительное, а на 3-й год число побегов, длина побега и среднего листа растений княженики достоверно положительно отличалась от контрольных показателей. Во второй год растения княженики, выращенные с использо-

ванием системы питания, сформировали кусты с диаметром в 1,7 раза больше контрольных. Значительно выше было количество побегов, плодов и масса ягоды. В третий год количество побегов существенно возросло у растений на системе питания и составило 72,5 шт. Количество ягод увеличилось на 3,7 шт., а масса ягод прибавилась несущественно и колебалась на уровне 1,40–1,52 г (табл. 6, рис. 3).

Таблица 6

Биометрические данные растений княженики во 2-й и 3-й годы вегетации

Вариант	Год вегетации	Диаметр куста, см	Количество парциальных побегов, шт.	Кол-во ягод, шт/куст	Средняя масса ягоды, г
Контроль (азофоска 400 кг/га + подкормка N ₃₀ P ₃₀ K ₃₀)	2-й	31,6 × 24,0	18,3	7,9	1,42
	3-й		49,0	10,3	1,40
Система питания	2-й	54,3 × 47,1	24,9	11,3	1,46
	3-й		72,5	14,0	1,52
НСР ₀₅	2-й	–	3,46	2,06	0,09
	3-й		18,22	3,12	0,14



а



б

Рис. 3. Внешний вид куста княженики (осень, 2-й год выращивания): а – контроль; б – система питания

Урожайность и качественные показатели ягод княженики арктической были выше у растений, выращенных с использованием системы питания. На 3-й год было собрано ягод 53,2 г/м²,

что на 32,3 % больше, чем в контрольном варианте (табл. 7).

Отмечено, что содержание витамина С увеличилось на 3,3 % и составило 23,98 мг%.

Таблица 7

Урожайность ягод княженики арктической (2-й/3-й год) и показатели качества (3-й год)

Вариант	Урожайность ягод, г/м ²	Сухое вещество, %	Общая кислотность, %	Содержание витамина С, мг/%
Контроль (азофоска 400 кг/га + подкормка N ₃₀ P ₃₀ K ₃₀)	28,05/36,04	10,1	2,74	23,20
Система питания	41,25/53,20	10,3	2,72	23,98
НСР ₀₅	12,70/16,05	–	–	–

Заключение. По результатам проведенных исследований установлено, что кислые дерново-подзолистые почвы могут быть использованы для выращивания княженики арктической (сорт Галина) с использованием разработанной системы питания, которая включает основное удобрение ОМУ, содержащее гуминовые вещества и споры бактерий (*Bacillus subtilis*, *Bacillus tuiciliginosus*) и 3 подкормки растворами минеральных удобрений Акварин – в мае (10 %), в июне (6 %) и в сентябре (3 %). При этом отмечена прибавка урожая ягод более чем на 47 %, с высокими показателями качества.

Список источников

1. Ragnar M., Rytkonen P., Hedh J. Åkerbär. Sweden: Black Island Books, 2017. 169 p.
2. Иванова Т.Н., Путинцева Л.Ф. Лесная кладовая. Тула: Приок. кн. изд-во, 1993. 351 с.
3. Макаров С.С., Тяк Г.В. Княженика обыкновенная (*Rubus arcticus* L.): разработка методики проведения испытаний на отличимость, однородность и стабильность // Вестник Курской ГСХА. 2023. № 7. С. 79–85.
4. Теория и практика размножения и плантационного выращивания лесных ягодных растений *Rubus arcticus* L., *Oxycoccus palustris* Pers и *Vaccinium angustifolium* Ait.: монография / С.С. Макаров [и др.]. Караваево: Костромская ГСХА, 2021. 394 с.
5. Повышение эффективности многоцелевого лесопользования на выработанных торфяниках / С.С. Макаров [и др.] // ИВУЗ. Лесной журнал. 2022. № 3. С. 91–102. DOI: 10.37482/0536-1036-2022-3-91-102.
6. Особенности клонального микроразмножения княженики арктической на этапах укоренения *in vitro* и адаптации к нестерильным условиям / С.С. Макаров [и др.] //

- Вестник Бурятской ГСХА им. В.П. Филиппова. 2022. № 4 (69). С. 117–124. DOI: 10.34655/bgsha.2022.69.4.015.
7. Description of Three New Arctic Bramble Cultivars and Proposal for Cultivar Identification / H. Pirinen [et al.] // Agricultural and Food Science in Finland. 1998. Vol. 7. № 4. P. 455–468.
8. Тяк Г.В., Курлович Л.Е., Тяк А.В. Биологическая рекультивация выработанных торфяников путем создания посадок лесных ягодных растений // Вестник Казанского государственного аграрного университета. 2016. Т. 11, № 2. С. 43–46. DOI: 10.12737/20633.
9. Тяк Г.В., Курлович Л.Е., Тяк А.В. Оценка роста и развития княженики арктической (*Rubus arcticus* L.) при использовании минеральных удобрений [Электрон. ресурс] // Лесохозяйственная информация. 2020. № 1. С. 85–91. DOI: 10.24419/LHI.2304-3083.2020.1.09. URL: <http://lhi.vniilm.ru> (дата обращения: 21.03.2023).
10. Агроклиматический справочник Костромской области / Гл. упр. гидрометеорол. службы при Совете Министров СССР; Верхне-Волж. упр. гидрометеорол. службы; Горьк. гидрометеорол. обсерватория. Л.: Гидрометеоздат, 1961. 168 с.
11. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). Изд. 6-е. М.: Альянс, 2011. 350 с.
12. Практикум по физиологии растений / сост. Н.Н. Третьяков, Т.В. Карнаухова, Л.А. Паничкин. Изд. 3-е, перераб. и доп. М.: Агропромиздат, 1990. 272 с.
13. Сзги Й. Методы почвенной микробиологии / пер. с венг. И.Ф. Куренного; под ред. Г.С. Муромцева. М.: Колос, 1983. 296 с.
14. Полевой В.В. Физиология растений: учебник. М.: Высш. шк., 1989. 464 с.

References

1. Ragnar M., Rytkonen P., Hedh J. Åkerbär. Sweden: Black Island Books, 2017. 169 p.
2. Ivanova T.N., Putinceva L.F. Lesnaya kladovaya. Tula: Priok. kn. izd-vo, 1993. 351 s.
3. Makarov S.S., Tyak G.V. Knyazhenika obyknovennaya (*Rubus arcticus* L.): razrabotka metodiki provedeniya ispytaniy na otlichimost', odnorodnost' i stabil'nost' // Vestnik Kurskoj GSHA. 2023. № 7. S. 79–85.
4. Teoriya i praktika razmnozheniya i plantacionnogo vyraschivaniya lesnyh yagodnyh rastenij *Rubus arcticus* L., *Oxycoccus palustris* Pers i *Vaccinium angustifolium* Ait.: monografiya / S.S. Makarov [i dr.]. Karavaevo: Kostromskaya GSHA, 2021. 394 s.
5. Povyshenie `effektivnosti mnogocelevogo lesopol'zovaniya na vyrabotannyh torfyanikah / S.S. Makarov [i dr.] // IVUZ. Lesnoj zhurnal. 2022. № 3. S. 91–102. DOI: 10.37482/0536-1036-2022-3-91-102.
6. Osobennosti klonal'nogo mikrorazmnozheniya knyazheniki arkticheskoy na `etapah ukoreneniya *in vitro* i adaptacii k nesteril'nym usloviyam / S.S. Makarov [i dr.] // Vestnik Buryatskoj GSHA im. V.R. Filippova. 2022. № 4 (69). S. 117–124. DOI: 10.34655/bgsha.2022.69.4.015.
7. Description of Three New Arctic Bramble Cultivars and Proposal for Cultivar Identification / H. Pirinen [et al.] // Agricultural and Food Science in Finland. 1998. Vol. 7. № 4. P. 455–468.
8. Tyak G.V., Kurlovich L.E., Tyak A.V. Biologicheskaya rekul'tivaciya vyrabotannyh torfyanikov putem sozdaniya posadok lesnyh yagodnyh rastenij // Vestnik Kazanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2016. T. 11, № 2. S. 43–46. DOI: 10.12737/20633.
9. Tyak G.V., Kurlovich L.E., Tyak A.V. Ocenka rosta i razvitiya knyazheniki arkticheskoy (*Rubus arcticus* L.) pri ispol'zovanii mineral'nyh udobrenij [Elektron. resurs] // Lesohozyajstvennaya informaciya. 2020. № 1. S. 85–91. DOI: 10.24419/LHI.2304-3083.2020.1.09. URL: <http://hi.vniilm.ru> (data obrascheniya: 21.03.2023).
10. Agroklimaticheskij spravochnik Kostromskoj oblasti / Gl. upr. gidrometeorol. sluzhby pri Sovete Ministrov SSSR; Verhne-Volz. upr. gidrometeorol. sluzhby; Gor'k. gidrometeorol. observatoriya. L.: Gidrometeoizdat, 1961. 168 s.
11. Dosphehov B.A. Metodika polevogo opyta (s osnovami statisticheskoy obrabotki rezul'tatov issledovaniy). Izd. 6-e. M.: Al'yans, 2011. 350 s.
12. Praktikum po fiziologii rastenij / sost. N.N. Tret'yakov, T.V. Kamauhova, L.A. Panichkin. Izd. 3-e, pererab. i dop. M.: Agropromizdat, 1990. 272 s.
13. S`egi J. Metody pochvennoj mikrobiologii / per. s veng. I.F. Kurenogo; pod red. G.S. Muromceva. M.: Kolos, 1983. 296 s.
14. Polevoj V.V. Fiziologiya rastenij: uchebnik. M.: Vyssh. shk., 1989. 464 s.

Статья принята к публикации 12.01.2024 / The article accepted for publication 12.01.2024.

Информация об авторах:

Сергей Сергеевич Макаров¹, заведующий кафедрой декоративного садоводства и газоноведения, профессор кафедры ландшафтной архитектуры и искусственных лесов, доктор сельскохозяйственных наук

Вера Сергеевна Виноградова², профессор кафедры агрохимии, биологии и защиты растений, доктор сельскохозяйственных наук, профессор

Антон Игоревич Чудецкий³, доцент кафедры декоративного садоводства и газоноведения, кандидат сельскохозяйственных наук

Information about the authors:

Sergei Sergeevich Makarov¹, Head of the Department of Ornamental Horticulture and Lawn Science, Professor at the Department of Landscape Architecture and Artificial Forests, Doctor of Agricultural Sciences

Vera Sergeevna Vinogradova², Professor at the Department of Agrochemistry, Biology and Plant Protection, Doctor of Agricultural Sciences, Professor

Anton Igorevich Chudetsky³, Associate Professor at the Department of Ornamental Horticulture and Lawn Science, Candidate of Agricultural Sciences