

4.1.4. САДОВОДСТВО, ОВОЩЕВОДСТВО,
ВИНОГРАДАРСТВО И ЛЕКАРСТВЕННЫЕ КУЛЬТУРЫ
(СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫЕ НАУКИ)

Научная статья

УДК 634.74:631.8

DOI: 10.53914/issn2071-2243_2023_4_85

EDN: AUSVPM

**Размножение жимолости зелеными черенками
с использованием наночастиц биогенного ферригидрита**Валентина Леонидовна Бопп^{1✉}¹ Красноярский государственный аграрный университет, Красноярск, Россия¹ vl_kolesnikova@mail.ru[✉]

Аннотация. Представлены результаты исследований, проведенных с целью выявления влияния наночастиц биогенного ферригидрита на ризогенез зеленых черенков и развитие корневой системы (количество корней, длина корней) окорененных черенков жимолости сорта Васюганская. Исследования проведены в ООО «Садовый центр Аграрного университета» (Красноярская лесостепь), охватывают период 2020–2022 гг. Зеленое черенкование проводили по общепринятой методике. Для стимулирования корнеобразовательной деятельности применяли индол-3-уксусную кислоту (ИУК) (контроль), а также композиции с добавлением к ИУК наночастиц биогенного ферригидрита (Feh) различных модификаций, в том числе допированных алюминием, кобальтом, молибденом, марганцем: ИУК + Feh, ИУК + Feh_Al, ИУК + Feh_Co, ИУК + Feh_Mo, ИУК + Feh_Mn. Экспозиция обработки черенкового материала – 12 часов. Подготовленные черенки высаживали в теплицу с мелкокапельным поливом. Установлено, что на ризогенную способность стеблевых черенков оказывают влияние стимулятор корнеобразования (сила влияния фактора составила 36,3%), условия вегетации периода регенерации корней (сила влияния фактора – 33,2%), а также взаимодействие данных факторов (сила влияния – 13,8%). Показано, что за период наблюдений максимальная окореняемость черенков, достоверно превышающая контрольные значения, отмечена на варианте использования ИУК + Feh_Mo и ИУК + Feh_Mn – соответственно 95,6 и 96,7%. Статистически значимого влияния растворов с наноматериалами, иницирующими ризогенез, на формирование количества корней 1-го порядка ветвления не выявлено, за исключением композиции ИУК + Feh_Al: на этом варианте корней образовалось на 11,8 шт. меньше, чем на контроле. Наибольшая суммарная длина корней 1-го порядка ветвления зафиксирована на варианте использования ИУК + Feh_Mn – 554,1 см, что на 44,7% превышает контрольные значения. Применение ИУК + Feh_Al способствовало снижению регенерационной способности зеленых черенков, уменьшению количества и длины корней.

Ключевые слова: жимолость, зеленые черенки, окоренение, придаточные корни, количество корней, длина корней, наночастицы, биогенный ферригидрит

Для цитирования: Бопп В.Л. Размножение жимолости зелеными черенками с использованием наночастиц биогенного ферригидрита // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. 2023. Т. 16, № 4(79). С. 85–92. https://doi.org/10.53914/issn2071-2243_2023_4_85-92.

4.1.4. HORTICULTURE, OLERICULTURE, VITICULTURE
AND MEDICINAL PLANTS (AGRICULTURAL SCIENCES)

Original article

**Propagation of honeysuckle from softwood
cuttings using biogenic ferrihydrite nanoparticles**Valentina L. Bopp^{1✉}¹ Krasnoyarsk State Agrarian University, Krasnoyarsk, Russia¹ vl_kolesnikova@mail.ru[✉]

Abstract. The author presents the results of research conducted in order to determine the influence of biogenic ferrihydrite nanoparticles on rhizogenesis of softwood cuttings and the development of root system (number of roots and root length) of rooted cuttings of honeysuckle of the Vasyuganskaya variety. The research was performed at the Garden Center of the Agrarian University, LLC (Krasnoyarsk forest-steppe) within the period of 2020-2022. Propagation by softwood cutting was carried out using the conventional technique. In order to stimulate the root formation activity, the author used indolyl-3-acetic acid (IAA) (control), as well as combinations of IAA with biogenic ferrihydrite (Feh) nanoparticles of various modifications, including those doped with aluminum, cobalt, molybdenum, and manganese: IAA + Feh, IAA + Feh_Al, IAA + Feh_Co, IAA + Feh_Mo, and IAA + Feh_Mn. Exposure of cuttings was 12 hours. The treated cuttings were planted in a greenhouse with mist irrigation. It has been established that the

rhizogenic ability of stem cuttings is influenced by the root stimulating agent (the power of factor influence was 36.3%), as well as the growing season conditions during the period of root regeneration (the power of factor influence was 33.2%) and the interaction of these factors (the power of influence was 13.8 %). It has been shown that over the observation period the maximum rooting rate of cuttings, which significantly exceeded the control values, was obtained in the variants of using IAA + Feh_Mo and IAA + Feh_Mn (95.6% and 96.7%, respectively). There was no statistically significant effect of solutions with nanomaterials that initiate rhizogenesis on the formation of the number of roots of the first branching order, with the exception of the IAA + Feh_Al composition, where 11.8 less roots were formed compared to control. The largest total length of roots of the first branching order was recorded in the IAA + Feh_Mn variant (554.1 cm), which is 44.7% higher than control values. The application of IAA + Feh_Al caused a decrease in the regenerative capacity of softwood cuttings and a decrease in the number and length of roots.

Key words: honeysuckle, softwood cuttings, rooting, adventitious roots, number of roots, root length, nanoparticles, biogenic ferrihydrite

For citation: Bopp V.L. Propagation of honeysuckle from softwood cuttings using biogenic ferrihydrite nanoparticles. *Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta = Vestnik of Voronezh State Agrarian University*. 2023;16(4):85-92. (In Russ.). https://doi.org/10.53914/issn2071-2243_2023_4_85-92.

Введение

Жимолость представляет собой листопадный кустарник с пригодными в пищу плодами, растущий в Сибири, на Дальнем Востоке, в Корее, Китае. Плодоносит в начале лета, на 1–2 недели раньше земляники. Садоводы ценят жимолость за неприхотливость и способность выдерживать самые суровые зимы. Ягоды этого удивительного кустарника богаты витаминами и другими биологически активными веществами.

В настоящее время в промышленном садоводстве отмечается масштабное использование жимолости (*Lonicera L.*). Несмотря на тот факт, что жимолость является молодым культиваром (период возделывания в культуре не превышает 40 лет) [6], ее доля в структуре валового сбора ягод в нашей стране значительна и составляет 15%. По данным, приведенным президентом Ассоциации производителей жимолости А.А. Сорокиным в рамках конференции «Мировой рынок жимолости 2020. Проблемы и тенденции», рост валового сбора ягод к 2025 г. увеличится со 150 до 1000 т, или в 6,7 раза [10].

Повышение интереса к культуре обусловлено широкой популяризацией здорового образа жизни населения и, соответственно, увеличением спроса на поливитаминную продукцию на внутреннем и внешнем рынках. Свежие ягоды и продукты их переработки применяются для профилактики и лечения ряда заболеваний, защищают организм от продуктов радиации и интоксикаций (отравлений) солями тяжелых металлов [17].

Существенное наращивание объемов производства ягод жимолости, учитывая относительно низкую урожайность культуры, требует и прироста производства саженцев.

Один из основных способов вегетативного размножения жимолости – зеленое черенкование, позволяющее обеспечить высокий выход генетически однородного посадочного материала [13].

В результате поиска путей повышения эффективности питомниководства садовых растений были разработаны экспериментальные модели использования наноматериалов в технологии размножения [4, 5, 9, 11], однако изыскания носят, в основном, фрагментарный характер.

Цель проведенных исследований – изучить влияние наночастиц биогенного ферригидрита на ризогенез зеленых черенков и развитие корневой системы окорененных черенков жимолости.

Материалы и методы

Эксперимент проведен в 2020–2022 гг. в ООО «Садовый центр Аграрного университета», землепользование которого расположено в Красноярской лесостепи.

Объекты исследований:

- жимолость сорта Васюганская;
- стимуляторы корнеобразования с применением наночастиц биогенного ферригидрита, в том числе допированных алюминием, кобальтом, молибденом, марганцем.

Зеленое черенкование проводили по общепринятой методике [7]. Заготовленные черенки замачивали в растворе индолил-3-уксусной кислоты (ИУК) и ИУК с добавлением наночастиц биогенного ферригидрита (Feh) (доза 1 мл/л раствора), экспозиция 12 часов.

В опыте использовали композиции ИУК с добавлением наночастиц биогенного ферригидрита по вариантам.

1. ИУК (контроль).
2. ИУК + Feh.
3. ИУК + Feh_Al.
4. ИУК + Feh_Co.
5. ИУК + Feh_Mo.
6. ИУК + Feh_Mn.

Размещение делянок – систематическое, повторность опыта – трехкратная. В каждой повторности высаживали по 30 черенков.

Учет приживаемости черенкового материала проводили в конце 3-й декады сентября, биометрические параметры корневой системы окоренных черенков оценивали в 1-й декаде мая следующего года перед посадкой в открытый грунт на доращивание.

Математическую обработку экспериментальных данных проводили с помощью компьютерных программ Microsoft Excel и Snedecor.

Результаты и их обсуждение

Эффективность ризогенеза зеленых черенков зависит от условий вегетационного периода, а также от биологических особенностей культуры и сорта, применяемых препаратов для стимулирования корнеобразования.

По мнению Е.Н. Кубарева, Г.Р. Балашова [8], Л.А. Хохряковой [14], жимолость относится к легко окореняющимся культурам. Однако для стимулирования корнеобразования на стеблевых черенках необходимо применять специальные фитогормоны ауксиновой природы, что подтверждено многочисленными экспериментами. Так, В.А. Бардунаева отмечает, что окореняемость зеленых черенков жимолости без использования стимуляторов роста находилась в пределах от 18,0 до 25,2%, обработка черенкового материала гетероауксином и корневином повысила ризогенную активность соответственно до 70,3–86,3% и 83,1–93,1% [2].

В экспериментах С.В. Акимовой, О.Н. Аладиной и Н.А. Семеновой приживаемость высаженных контрольных черенков жимолости в зависимости от сорта находилась в пределах 12,0–45,2%, замачивание в растворе индолилмасляной кислоты увеличило эффективность до 30,0–51,4% [1]. Оценка регенерационной способности зеленых черенков перспективных сортов жимолости различных экологических групп, проведенная Л.А. Хохряковой, показала, что в среднем окореняемость черенкового материала, обработанного стимуляторами роста, составила 70,5–99,3%, предельные значения показателя – 66,7–100% [14].

В нашем эксперименте в среднем за период наблюдений окореняемость зеленых черенков жимолости сорта Васюганская при замачивании в ИУК находилась на уровне 88,9% (табл. 1), что согласуется с ранее опубликованными данными [12] и позволяет отнести анализируемый сорт к группе легко окореняемых.

Композиции ИУК с наночастицами биогенного ферригидрита в основном оказали влияние на корнеобразовательную способность черенкового материала. Использование ИУК + Feh_Mo и ИУК + Feh_Mn способствовало достоверному увеличению окоренения черенков: ризогенез зафиксирован на уровне соответственно 95,6 и 96,7%, что превышает контрольные значения на 6,7 и 7,8%. Обработка зеленых черенков раствором ИУК + Feh_Al приводила к снижению ризогенной активности на 10,0%.

Таблица 1. Влияние наночастиц биогенного ферригидрита на ризогенез зеленых черенков жимолости, %

Стимуляторы корнеобразования (фактор В)	Год (фактор А)			Среднее по фактору В
	2020	2021	2022	
1. ИУК (контроль)	83,3	84,4	98,9	88,9
2. ИУК + Fe _h	78,9	85,6	100,0	88,2
3. ИУК + Fe _h _Al	73,3	76,7	86,7	78,9
4. ИУК + Fe _h _Co	84,4	74,4	98,9	85,9
5. ИУК + Fe _h _Mo	96,7	92,2	97,8	95,6
6. ИУК + Fe _h _Mn	97,8	92,2	100,0	96,7
Среднее по фактору А	85,7	84,3	97,1	
НСР ₀₅ факторов: А – 3,3; В – 5,0				

Направленное воздействие фитогормонов на черенки проявляется в активизации развития имеющихся корневых зачатков на стеблевой части однолетнего прироста и возникновении новых меристематических образований, из которых образуются придаточные корни [16]. Применение иницирующих растворов, включающих смесь ИУК с наноматериалами железа, допированного молибденом и марганцем, вероятно, оказало положительное влияние на преобразование камбия и паренхимы, активизировав формирование корневых зачатков. Воздействие модификации наночастиц биогенного ферригидрита с добавлением алюминия выразилось в некотором ингибировании образования меристематических очагов и, соответственно, процесса регенерации адвентивных корней.

Сила влияния фактора «стимулятор корнеобразования» на регулирование органогебеза стеблевых черенков жимолости оценена как значительная – 36,3%, значение силы влияния фактора «год», определенное на основании полученных данных о влиянии условий вегетационного периода регенерации корней на окореняемость черенкового материала, было незначительно меньше – 33,2%, взаимодействие этих двух факторов составило 13,8%.

На дальнейшее развитие культуры, возделываемой из окорененных черенков, на получение качественного посадочного материала оказывает влияние исходное состояние их корневой системы – количество и длина корней.

По сравнению с некоторыми другими ягодными растениями, как, например, крыжовник, облепиха и др., жимолость образует на стеблевых черенках значительно большее количество придаточных корней, за счет того, что они формируются не только в узлах, но и дополнительно на участках стебля между узлами.

Эта особенность обусловлена отличительной чертой культуры – продольным растрескиванием коры (рис. 1), из-за которого разрушается целостность кольца внешнего слоя пробки и первичной склеренхимы [15], соответственно усиливается меристематическая активность камбия благодаря притоку воздуха и воды к его клеткам, что стимулирует продуцирование лучевой паренхимы и появление корней в зоне междоузлия.

Следует отметить, что на формирование корней на зеленых черенках оказывают влияние и генотипические особенности сорта. По данным Л.А. Хохряковой, на окорененных зеленых черенках жимолости сорта Берель количество корней составило 10–13 шт., сорта Герда – 17–20 шт. [14]. В экспериментах С.А. Сучковой и С.И. Михайловой максимальное количество придаточных корней на черенках сорта Югана не превышало 29 шт. [13].

В нашем эксперименте отмечена более высокая способность к образованию адвентивных корней на зеленых черенках жимолости сорта Васюганская.



Рис. 1. Продольное растрескивание коры на зеленом черенке жимолости сорта Васюганская на 16-й день окоренения. Стимулятор корнеобразования – ИУК + Feh_Mn

Учет количества корней 1-го порядка ветвления показал, что в среднем за период исследований на контрольном варианте окорененные черенки образовали по 54,0 шт. корней, при этом заметны значительные различия показателя между годами исследования (табл. 2). Наиболее благоприятные условия для стимулирования корнеобразовательного процесса отмечены в 2020 г. – в среднем на окорененных черенках насчитывалось по 73,0 шт. корней. В 2021 г. количество придаточных корней было в 3 раза меньше – 24,7 шт.

Таблица 2. Влияние наночастиц биогенного ферригидрита на образование корней 1-го порядка ветвления, шт.

Стимуляторы корнеобразования (фактор В)	Год (фактор А)			Среднее по фактору В
	2020	2021	2022	
1. ИУК (контроль)	73,0	24,7	64,2	54,0
2. ИУК + Feh	65,5	32,0	62,2	53,2
3. ИУК + Feh_Al	52,9	21,7	52,1	42,2
4. ИУК + Feh_Co	61,7	42,0	63,3	53,1
5. ИУК + Feh_Mo	78,5	29,2	72,9	60,2
6. ИУК + Feh_Mn	68,8	32,9	80,9	60,9
Среднее по фактору А	66,7	29,2	65,9	

НСР₀₅ факторов: А – 7,2; В – 7,8

Обработка черенкового материала фитогормонами с наноматериалами не оказала статистически значимого влияния на количество образованных корней 1-го порядка ветвления, исключение составила композиция ИУК + Feh_Al: на этом варианте корней зафиксировано на 11,8 шт. меньше, чем на контроле.

На фоне применения ИУК сорт Васюганская показал высокий тонус формирования зачатков придаточных корней и реализовал свои биологические возможности. Добавление к раствору ИУК наночастиц биогенного ферригидрита не явилось стимулом для еще большего усиления меристематической активности камбия и продуцирования дополнительного количества адвентивных корней. Вероятно, резервы органогенеза практически исчерпаны. Сила влияния фактора «условия вегетации» составила 75,8%, сила влияния фактора «стимулятор роста» – 9,3%, взаимодействие факторов – $F_T < F_\Phi$.

Суммарная длина корней 1-го порядка ветвления у контрольных растений в среднем за период эксперимента насчитывала 382,8 см (табл. 3). Применение смеси ИУК с наночастицами ферригидрита в чистом виде, а также допированного молибденом и марганцем оказало положительное достоверное влияние на темпы линейного роста придаточных корней.

Таблица 3. Влияние наночастиц биогенного ферригидрита на суммарную длину корней 1-го порядка ветвления, см

Стимуляторы корнеобразования (фактор В)	Год (фактор А)			Среднее по фактору В
	2020	2021	2022	
1. ИУК (контроль)	479,8	213,1	455,5	382,8
2. ИУК + Feh	747,0	284,1	482,1	504,4
3. ИУК + Feh_Al	417,9	167,4	410,5	331,9
4. ИУК + Feh_Co	464,6	303,5	482,5	416,9
5. ИУК + Feh_Mo	651,4	218,1	637,7	502,4
6. ИУК + Feh_Mn	538,9	433,3	690,1	554,1
Среднее по фактору А	549,9	269,9	526,4	

НСР₀₅ факторов: А – 68,8; В – 61,3

Известно, что железо входит в состав ферментов, обеспечивающих растяжение клеток, марганец стимулирует передвижение ассимилянтов к корням, а все перечисленные элементы участвуют в синтезе хлорофилла [3], что в итоге усиливает влияние метаболитов на ростовые процессы поглощающей поверхности окоренных черенков.

Максимальная суммарная длина корней 1-го порядка ветвления отмечена на варианте обработки черенкового материала ИУК + Feh_Mn (рис. 2, а) – 554,1 см, что на 171,3 см превышает контрольные значения. На вариантах применения композиций с включением алюминия и кобальта (рис. 2, б) статистически значимого влияния на длину корней не выявлено.



Рис. 2. Окоренные черенки жимолости, сорт Васюганская: а – обработанные стимуляторами корнеобразования ИУК + Feh_Mn; б – обработанные стимулятором корнеобразования ИУК + Feh_Co

Рост корней в большей степени зависел от условий вегетации, чем от обработки черенкового материала регуляторами роста. Так, сила влияния фактора А составила 55,2%, фактора В – 20,7%, взаимодействие факторов АВ – 14,6%.

Заключение

Обработка зеленых черенков жимолости легкоокореняемого сорта Васюганская смесью ИУК с наночастицами биогенного ферригидрита, допированного молибденом и марганцем, способствовала достоверному повышению регенерационной способности черенкового материала – соответственно до 95,6 и 96,7%, что на 6,7 и 7,8% выше контрольных значений.

Выявлен ингибирующий эффект композиции ИУК + Feh_Al: окоренение черенков на 10,0% ниже контроля.

Формирование корней 1-го порядка ветвления в основном зависело от условий вегетации: сила влияния фактора составила 75,8%, при незначительной силе влияния фактора «стимулятор корнеобразования» – 9,3%.

Использование смеси фитогормона с Feh, Feh_Mo и Feh_Mn оказало положительное достоверное влияние на суммарную длину корней 1-го порядка ветвления. Максимальный результат отмечен на варианте использования ИУК + Feh_Mn – 554,1 см.

Список источников

1. Акимова С.В., Аладина О.Н., Семенова Н.А. Разработка новых элементов технологии размножения жимолости зелеными черенками // Плодоводство и ягодоводство России. 2014. Т. 38, № 1. С. 14–20.
2. Бардунаева В.А. Размножение жимолости съедобной с применением технологии зеленого черенкования // Рациональное использование почвенных и растительных ресурсов в экстремальных природных условиях: материалы научно-практической конференции, посвященной 70-летию агрономического факультета ФГБОУ ВО «Бурятская государственная сельскохозяйственная академия им. В.Р. Филиппова» (Улан-Удэ, 17 июня 2022 г.). Улан-Удэ: Бурятская ГСХА им. В.Р. Филиппова, 2022. С. 122–125.
3. Битюцкий Н.П. Микроэлементы высших растений. 2-е изд. Санкт-Петербург: Изд-во Санкт-Петербургского государственного ун-та, 2020. 368 с.
4. Бопп В.Л., Гуревич Ю.Л., Мистратова Н.А. и др. Влияние ауксинов и наночастиц ферригидрита на окоренение и корнеобразование зеленых черенков вишни степной // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. 2018. № 5. С. 72–76.
5. Бопп В.Л., Мистратова Н.А., Макарская Г.В. и др. Исследование влияния наночастиц биогенного ферригидрита на ризогенез черенкового материала садовых культур // Адаптивность сельскохозяйственных культур в экстремальных условиях Центрально- и Восточно-Азиатского макрорегиона: материалы симпозиума с международным участием (Красноярск, 17–18 августа 2017 г.). Красноярск: Изд-во КрасГАУ, 2018. С. 149–160.
6. Брыксин Д.М., Колесников С.А. Результаты селекции жимолости в северо-восточной части Центрального Черноземья // Вестник Красноярского государственного аграрного университета. 2017. № 1. С. 9–13.
7. Ермаков Б.С. Размножение древесных и кустарниковых растений зеленым черенкованием. Кишинев: Штиинца, 1981. 222 с.
8. Кубарев Е.Н., Балашов Г.Р. Теоретические и практические основы приемов интенсификации развития черенков медленно растущих кустарников // Проблемы агрохимии и экологии. 2023. № 1. С. 47–57. DOI: 10.26178/AE.2023.82.57.007.
9. Мистратова Н.А., Самарокова А.В. Влияние наночастиц ферригидрита и его модификаций на ризогенез зеленых черенков жимолости // Ботанические сады как центры изучения и сохранения фитообразия: труды международной научной конференции, посвященной 140-летию Сибирского ботанического сада Томского государственного университета (Томск, 28–30 сентября 2020 г.). Томск: Национальный исследовательский Томский государственный университет, 2020. С. 129–131. DOI: 10.17223/978-5-94621-956-3-2020-41.
10. Сорокин А.А., Черненко А.А. Рынок жимолости России 2020 [Электронный ресурс] // Сайт Ассоциации производителей жимолости. URL: <https://haskapru.com/2021/01/25> (дата обращения: 25.01.2023).
11. Сучкова С.А., Астафурова Т.П. Морфологические изменения в черенках смородины черной под влиянием наночастиц оксида цинка // Новые и нетрадиционные растения и перспективы их использования. 2017. № S13. С. 312–314.
12. Сучкова С.А., Михайлова С.И. Ускоренное размножение ягодных культур в условиях Сибири // Научные труды Государственного Никитского ботанического сада. 2017. Т. 144-2. С. 96–100.
13. Сучкова С.А. Совершенствование технологии размножения нетрадиционных плодовых и ягодных культур в Томской области // Вестник Томского государственного университета. 2007. № 305. С. 215–218.
14. Хохрякова Л.А. Оценка регенерационной способности зеленых черенков перспективных сортов жимолости // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. 2020. № 1(183). С. 55–60.
15. Хохрякова Л.А. Пути повышения производительности труда при черенковании жимолости синей // Вестник Российской академии сельскохозяйственных наук. 2009. Т. 22, № 2. С. 353–357.
16. Gilliam C.H., Dozier W.A., Knowles J.W. «Bradford» pear propagation by softwood cuttings // Journal of Environmental Horticulture. 1988. Vol. 6(3). Pp. 81–83. DOI: 10.24266/0738-2898-6.3.81.
17. Raafat K., Samy W.M. Phytochemical and Biological Evaluation of Ultrasound-Assisted Spray Dried *Lonicera etrusca* for Potential Management of Diabetes // Records of Natural Products. 2018. Vol. 12(4). Pp. 367–379. DOI: 10.25135/rnp.40.17.10.171.

References

1. Akimova S.V., Aladina O.N., Semenova N.A. Razrabotka novykh elementov tekhnologii razmnozheniya zhimolosti zelenymi cherenkami [Development of new elements of technology for propagation of blue-berried honeysuckle with green cuttings]. *Plodovodstvo i yagodovodstvo Rossii = Pomiculture and small fruits culture in Russia*. 2014;38(1):14-20. (In Russ.).
2. Bardunaeva V.A. Razmnozhenie zhimolosti s"edobnoj s primeneniem tekhnologii zelenogo cherenkovaniya [Reproduction of honeysuckle using green cuttings technology]. *Ratsional'noe ispol'zovanie pochvennykh i rastitel'nykh resursov v ekstremal'nykh prirodnykh usloviyakh: materialy nauchno-prakticheskoy konferentsii, posvyashchennoj 70-letiyu agronomicheskogo fakul'teta FGBOU VO "Buryatskaya gosudarstvennaya sel'skokhozyajstvennaya akademiya im. V.R. Filippova"* (Ulan-Ude, 17 iyunya 2022 g.) [Rational use of soil and plant resources in extreme natural conditions: Proceedings of Research-to-Practice Conference dedicated to the 70th anniversary of the Faculty of Agronomy of Buryat State Agricultural Academy named after V.R. Philippov (Ulan-Ude, June 17, 2022)]. Ulan-Ude: Buryat State Agricultural Academy named after V.R. Philippov Press; 2022:122-125. (In Russ.).

3. Bityutsky N.P. Mikroelementy vysshikh rastenij. 2-e izd. [Micronutrients of higher plants. 2nd edition]. Saint-Petersburg: Saint-Petersburg State University; 2020. 368 p. (In Russ.).
4. Bopp V.L., Gurevich Yu.L., Mistratova N.A. et al. Vliyanie auksinov i nanochastits ferridrita na okorenenie i korneobrazovanie zelenykh cherenkov vishni stepnoj [The impact of auxins and ferrihydrite nanoparticles on propagation and root formation of green cuttings of ground cherry]. *Vestnik Kurskoj gosudarstvennoj sel'skokhozyajstvennoj akademii = Bulletin of the Kursk State Agricultural Academy*. 2018;5:72-76. (In Russ.).
5. Bopp V.L., Mistratova N.A., Makarskaya G.V. et al. Issledovanie vliyaniya nanochastits biogenogo ferridrita na rizogenez cherenkovogo materiala sadovykh kul'tur [Investigation of the influence of biogenic ferrihydrite nanoparticles on the rhizogenesis of green cuttings of garden crops]. *Adaptivnost' sel'skokhozyajstvennykh kul'tur v ekstremal'nykh usloviyakh Tsentral'no- i Vostochno-Aziatskogo makroregiona: materialy simpoziuma s mezhdunarodnym uchastiem (Krasnoyarsk, 17–18 avgusta 2017 g.) [Adaptability of agricultural crops in extreme conditions of the Central and East Asian macroregions: Proceedings of a Symposium with International Participation (Krasnoyarsk, August 17-18, 2017)]*. Krasnoyarsk: Krasnoyarsk State Agrarian University; 2018:149-160. (In Russ.).
6. Bryksin D.M., Kolesnikov S.A. Rezul'taty seleksii zhimolosti v severo-vostochnoj chasti Tsentral'nogo Chernozem'ya [The results of the selection of honeysuckle in the north-eastern part of the Central Chernozem Region]. *Vestnik Krasnoyarskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta = Bulletin of KrasSAU*. 2017;1: 9-13. (In Russ.).
7. Ermakov B.S. Razmnozhenie drevesnykh i kustarnikovyx rastenij zelenym cherenkovaniem [Reproduction of woody and shrubby plants by green cuttings]. Kishinev: Shtiintsa; 1981. 222 p. (In Russ.).
8. Kubarev E.N., Balashov G.R. Teoreticheskie i prakticheskie osnovy priemov intensivifikatsii razvitiya cherenkov medlenno rastushchikh kustarnikov [Theoretical and practical foundations of techniques for intensification of development of cuttings of slowly growing shrubs]. *Problemy agrokhimii i ekologii = Agrochemistry and Ecology Problems*. 2023;1:47-57. DOI: 10.26178/AE.2023.82.57.007. (In Russ.).
9. Mistratova N.A., Samarokova A.V. Vliyanie nanochastits ferridrita i ego modifikatsij na rizogenez zelenykh cherenkov zhimolosti. Botanicheskie sady kak tsentry izucheniya i sokhraneniya fitoraznobraziya: trudy mezhdunarodnoj nauchnoj konferencii, posvyashchennoj 140-letiyu Sibirskogo botanicheskogo sada Tomskogo gosudarstvennogo universiteta (Tomsk, 28–30 sentyabrya 2020 g.) [The influence of ferrihydrite nanoparticles and its modifications on the rhizogenesis of green honeysuckle cuttings. Botanical gardens as centers for the study and conservation of phytodiversity: Proceedings of the International Scientific Conference dedicated to the 140th anniversary of the Siberian Botanical Garden of Tomsk State University (Tomsk, September 28-30, 2020)]. Tomsk: Tomsk State University; 2020:129-131. DOI: 10.17223/978-5-94621-956-3-2020-41. (In Russ.).
10. Sorokin A.A., Chernenko A.A. Rynok zhimolosti Rossii 2020. Sajt Assotsiatsii proizvozhitelej zhimolosti [The honeysuckle market of Russia. 2020. Website of the Association of Honeysuckle Producers]. URL: <https://haskapru.com/2021/01/25/>. (In Russ.).
11. Suchkova S.A., Astafurova T.P. Morfologicheskie izmeneniya v cherenkakh smorodiny chernoj pod vliyaniem nanochastits oksida tsinka [Morphological changes in black currant cuttings under the influence of zinc oxide nanoparticles]. *Novye i netraditsionnye rasteniya i perspektivy ikh ispol'zovaniya = New and Nontraditional Plants and Prospects of their Utilization*. 2017;S13:312-314. (In Russ.).
12. Suchkova S.A., Mikhaylova S.I. Uskorennoe razmnozhenie yagodnykh kul'tur v usloviyakh Sibiri [Rapid reproduction of berry cultures in Siberia]. *Nauchnye trudy Gosudarstvennogo Nikitskogo botanicheskogo sada = Works of the State Nikitsky Botanical Garden*. 2017;144(2):96-100. (In Russ.).
13. Suchkova S.A. Sovershenstvovanie tekhnologii razmnozheniya netraditsionnykh plodovykh i yagodnykh kul'tur v Tomskoj oblasti [Perfection of technology of duplication of nonconventional fruit and berry cultures in Tomsk area]. *Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo universiteta = Tomsk State University Journal*. 2007;305:215-218. (In Russ.).
14. Khokhryakova L.A. Otsenka regeneratsionnoj sposobnosti zelenykh cherenkov perspektivnykh sortov zhimolosti [Regenerative ability evaluation of green cuttings of promising honeysuckle varieties]. *Vestnik Altajskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta = Bulletin of Altai State Agricultural University*. 2020;1(183):55-60. (In Russ.).
15. Khokhryakova L.A. Puti povysheniya proizvoditel'nosti truda pri cherenkovanii zhimolosti sinej [Ways to increase labor productivity when cutting blue honeysuckle]. *Vestnik Rossijskoj akademii sel'skokhozyajstvennykh nauk = Vestnik of the Russian Agricultural Science*. 2009;22(2):353-357. (In Russ.).
16. Gilliam C.H., Dozier W.A., Knowles J.W. "Bradford" pear propagation by softwood cuttings. *Journal of Environmental Horticulture*. 1988;6(3):81-83. DOI: 10.24266/0738-2898-6.3.81.
17. Raafat K., Samy W.M. Phytochemical and Biological Evaluation of Ultrasound-Assisted Spray Dried *Lonicera etrusca* for Potential Management of Diabetes. *Records of Natural Products*. 2018;12(4):367-379. DOI: 10.25135/rnp.40.17.10.171.

Информация об авторе

В.Л. Бопп – кандидат биологических наук, доцент, доцент кафедры растениеводства, селекции и семеноводства ФГБОУ ВО «Красноярский государственный аграрный университет», vl_kolesnikova@mail.ru.

Information about the author

V.L. Bopp, Candidate of Biological Sciences, Docent, the Dept. of Crop Science, Breeding of Plants and Seed Production, Krasnoyarsk State Agrarian University, vl_kolesnikova@mail.ru.

Статья поступила в редакцию 09.10.2023; одобрена после рецензирования 14.11.2023; принята к публикации 20.11.2023.

The article was submitted 09.10.2023; approved after reviewing 14.11.2023; accepted for publication 20.11.2023.

© Бопп В.Л., 2023