

Укоренение черемухи зеленым черенком в зависимости от индуктора ризогенеза

(✉) Локтева А.В., Чооду Б.-Б.М.

Центральный сибирский ботанический сад Сибирского отделения Российской академии наук
Новосибирск, Россия

(✉) e-mail: Lokteva30@mail.ru

Черемуха обыкновенная и черемуха виргинская входят в число самых зимостойких плодовых растений. Эти виды влаголюбивы, но сравнительно хорошо переносят и недостаток влаги. В данной работе оценены методы наиболее простых и эффективных технологий выращивания посадочного материала. Один из доступных способов размножения черемухи – зеленое черенкование с применением различных стимуляторов роста. Проведены испытания раствора гумата калия, имеющегося в свободной реализации в качестве стимулятора корнеобразования у зеленых черенков отборных образцов черемухи. В сравнении с гуматами исследовано влияние растворов наночастиц биогенного ферригидрита в чистом виде и допированных марганцем (Feh + Mn), кобальтом (Feh + Co), кремнием (Feh + Si). Для предотвращения агрегации и повышения устойчивости коллоидного раствора наночастиц использовали лимонную кислоту. Установлено, что применение гуматов показывает высокую эффективность на черенках различных форм и сортов черемухи. Определено, что укореняемость зеленых черенков различных сортов и форм черемухи, обработанных растворами наночастиц, различается в зависимости от допирующего металла. Отмечена положительная реакция черенков, обработанных растворами наночастиц ферригидрита в различной модификации. Среди изучаемых модификаций наночастиц ферригидрит, допированный кобальтом, оказал наилучшее влияние на процент укоренения и качество корневой системы посадочного материала у трудноукореняемого гибридогенного сорта Розовая Мечта. Самый низкий показатель укореняемости (около 52%) у этого сорта отмечен в варианте с обработкой раствором наночастиц чистого ферригидрита, самый высокий (90%) – в варианте с обработкой раствором наночастиц ферригидрита, допированного кобальтом. В варианте с ферригидритом, допированным марганцем и кремнием, показатель укореняемости черенков был ниже на 6 и 9% по сравнению с контрольным вариантом (около 83%), в котором черенки были обработаны 3%-м раствором гумата калия.

Ключевые слова: зеленый черенок, черемуха, укоренение, наночастицы, гумат

Rooting of bird cherry green cuttings depending on the rhizogenesis inducer

(✉) Lokteva A.V., Choodu B.-B. M.

Central Siberian Botanical Garden of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences
Novosibirsk, Russia

(✉) e-mail: Lokteva30@mail.ru

European bird cherry and common chokeberry are among the most winter-hardy fruit plants. These species are moisture-loving but tolerate lack of moisture relatively well. This paper evaluates the methods of the simplest and most efficient technologies for growing the planting material. One of the available ways to propagate bird cherry is green cuttings with the use of various growth stimulants. The solution of potassium humate available in free realization as a stimulant of root formation in green cuttings of the selected samples of bird cherry was tested. The effect of solutions of biogenic ferrihydrite nanoparticles in pure form and doped with manganese (Feh + Mn), cobalt (Feh + Co), silicon (Feh + Si) was investigated in comparison with humates. Citric acid was used to prevent aggregation and increase the stability of the colloidal solution of nanoparticles. It was found that application of humates has high efficiency on the cuttings of different forms and varieties of bird cherry. It was determined that the rooting ability of green cuttings of different varieties and forms of bird cherry treated with nanoparticle solutions differs depending on the doping metal. The positive response of the cuttings treated with solutions of ferrihydrite nanoparticles in different modification was observed. Among the

studied modifications of nanoparticles, cobalt-doped ferrihydrite had the best effect on the percentage of rooting and quality of the root system of the planting material of the hard-to-root hybridized variety Rosovaya Mechta. The lowest rooting rate (about 52%) in this cultivar was observed in the variant treated with a solution of pure ferrihydrite nanoparticles, the highest (90%) in the variant treated with a solution of cobalt-doped ferrihydrite nanoparticles. In the variant with ferrihydrite doped with manganese and silicon, the rooting rate of the cuttings was lower by 6 and 9% compared to the control variant (about 83%), in which the cuttings were treated with 3% potassium humate solution.

Keywords: green cuttings, bird cherry, rooting, nanoparticles, humate

Для цитирования: Локтева А.В., Чооду Б.-Б.М. Укоренение черемухи зеленым черенком в зависимости от индуктора ризогенеза // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 2024. Т. 54. № 11. С. 39–48. <https://doi.org/10.26898/0370-8799-2024-11-4>

For citation: Lokteva A.V., Choodu B.-B. M. Rooting of bird cherry green cuttings depending on the rhizogenesis inducer. *Sibirskii vestnik sel'skokhozyaistvennoi nauki* = *Siberian Herald of Agricultural Science*, 2024, vol. 54, no. 11, pp. 39–48. <https://doi.org/10.26898/0370-8799-2024-11-4>

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.

Благодарность

Данное исследование профинансировано Министерством науки и высшего образования Российской Федерации в рамках программы научных исследований «Теоретические и прикладные аспекты изучения генофондов природных популяций растений и сохранения разнообразия растений вне типичной среды обитания (*ex situ*)» (AAAA-A21-121011290027-6).

Acknowledgments

This study was funded by the Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation under the research program "Theoretical and applied aspects of studying gene pools of natural plant populations and conservation of plant diversity outside the typical habitat (*ex situ*)" (AAAA-A21-121011290027-6).

ВВЕДЕНИЕ

Черемуха среди представителей родов *Prunus* – одно из самых холодостойких растений, широко распространенное в северных регионах мира. Местный вид *Padus avium* Mill. (синоним *Prunus padus* L.) обладает большим внутривидовым полиморфизмом, что дает ей хорошие перспективы для адаптации к изменяющимся условиям окружающей среды и хозяйственного использования как пищевого, лекарственного и декоративного растения [1, 2]. Установлено, что кора, листья и плоды черемухи могут быть недорогим и проэкологическим источником антиоксидантов с разнонаправленным действием и использоваться в пищевой и фармацевтической промышленности [3–5]. В большинстве регионов России, где произрастает *Padus avium*, плоды этого вида являются объектом организованных заготовок [6].

В настоящее время в условиях значительных климатических и экологических флуктуаций и при активном использовании химических средств сильно страдают промышленные плодовые насаждения, снижаются их качество и продуктивность. Вследствие влияния этих факторов падает качество посадочного материала, что требует совершенствования современных подходов размножения плодовых растений. Для плодовых и декоративных растений используют разные способы размножения: семенное, корневыми отводками, делением куста, прививкой черенком и др.¹ Среди наиболее распространенных в настоящее время способов получения корнесобственных саженцев можно отметить укоренение одревесневших, зеленых или корневых черенков, а также клональное микроразмножение *in vitro*. Для черемухи наиболее распространенным является укоренение зеленых черенков. Для этих целей под-

¹Еремин Г.В., Гасанов А.С. Новые декоративные сорта косточковых плодовых растений. Челябинск: НПО «Сад и огород», ОАО «Челябинский Дом печати», 2012. 128 с.

бирают оптимальные условия регенерации тканей стебля, приводящие к формированию адвентивных корней.

Регенерация и образование придаточных корней зависят от ряда факторов: возраста родительского растения, расположения побегов в кроне, качества черенков, сроков черенкования, подготовки субстрата, наличия и устройства теплиц или рассадников, режима и качества полива и др. [7]. Способность различных растений к ризогенезу во многом зависит от индивидуальных свойств вида и сорта, что необходимо учитывать и исследовать [8]. Роль листовой пластинки в процессе корнеобразования является решающей, поскольку от качества фотосинтеза в основном зависят процессы регенерации и формирования придаточных корней. Большая часть пластических веществ и регуляторов обеспечивается листом, поэтому без создания оптимальных условий, поддерживающих фотосинтез и снижающих транспирацию, черенок быстро утрачивает способность к ризогенезу. Разработка методов размножения черенкованием во многом направлена на подбор перечисленных условий [9].

Размножение зелеными черенками – один из методов, позволяющих быстро получать высококачественный посадочный материал плодовых растений. Этот способ производства посадочного материала обеспечивает большую часть потребностей питомников России в саженцах [10]. Помимо подбора оптимальных режимов регенерации черенков высокую эффективность показывает обработка различными регуляторами роста [9, 11, 12].

Ранее в условиях Центрального сибирского ботанического сада (ЦСБС) СО РАН изучена эффективность различных стимуляторов корнеобразования. Установлены оптимальные концентрации индолилмасляной кислоты (ИМК) (10–150 мг/л) и гетероауксина (20–250 мг/л), которые позволяли увеличить укореняемость и качественные показатели корней зеленых черенков гибри-

дов черемухи на 5–15%. На зеленые черенки черемухи кистевой эти вещества влияли слабо². Кроме того, на протяжении ряда лет мы исследовали возможность обработки зеленых черенков черемухи сухими смесями гуматов с вермикулитом, древесным углем и тальком. Установлено, что обработка срезов черенков порошками с концентрацией гумата 1–2 мг/г дает сопоставимую эффективность с обработкой растворами. Использование талька в качестве носителя способствовало росту числа корней первого порядка в 3–4 раза по сравнению с древесным углем и вермикулитом. Однако вместе с этим тальк задерживал начало корнеобразования на 40–45 дней, что не позволяет эффективно использовать этот носитель в наших климатических условиях.

Цель исследования – сравнительное исследование влияния растворов наночастиц биогенного ферригидрита, допированного марганцем, кобальтом, кремнием, в сравнении с растворами гумата калия и коллоидными растворами наночастиц биогенного ферригидрита без допирования на укореняемость и качество корней зеленых черенков различных сортов и отборных форм черемухи селекции ЦСБС СО РАН.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

В качестве объектов исследования использованы перспективные пищевые сорта и селекционные формы черемухи, созданные в ЦСБС СО РАН.

Одними из самых распространенных и экономичных стимуляторов роста и ризогенеза растений являются различные соли гуминовых кислот (гуматы). Наиболее эффективная концентрация калиевых и натриевых гуматов – от 250 до 400 мг/л. У обработанных такими растворами черенков в большей степени улучшаются качественные показатели корней. Еще одно существенное преимущество гуматов по сравнению с фитогормонами заключается в отсутствии токсического влияния даже в высоких концентрациях³.

²Симагин В.С., Локтева А.В. Способы размножения черемухи // Состояние и перспективы развития сибирского садоводства: материалы междунар. науч.-практ. конф. Новосибирск, 2013. С. 302–304.

³Никулин И.А., Корчагина О.С., Ратных О.А., Брюхова И.В. Параметры токсичности нового гуминового препарата – гумат калия (энерген) // Известия Горского государственного аграрного университета. 2012. Т. 49. № 3. С. 209–212.

В сравнении с гуматом калия мы изучили влияние биогенного ферригидрита без допирования и допированного наночастицами металлов (кобальт, кремний, марганец). Коллоидный раствор наночастиц ферригидрита получали из культуры бактерий *Delftia tsuruhatensis*⁴⁻⁶. Для предотвращения агрегации наночастиц и стабилизации коллоидного раствора применяли лимонную кислоту.

Исследования проводили на экспериментальном участке лаборатории интродукции пищевых растений ЦСБС СО РАН, расположенном в окрестностях Академгородка (Новосибирск). Оптимальный срок зеленого черенкования черемухи в этой зоне – III декада июня – I декада июля. Черенки нарезают по технологии, описанной нами

ранее⁷. В растворах гумата и наночастиц черенки выдерживали в течение 24 ч, далее высаживали на песчаные гряды в парниковой теплице с туманообразующей установкой (см. рис. 1).

Рабочие растворы наночастиц готовили в дистиллированной воде из стокового десятикратного коллоидного раствора (1 мг/л). Конечная концентрация составляла 0,1 мг/л.

В эксперименте использовали 3%-й раствор гумата калия, который выступал в качестве контроля укореняемости. Наши предыдущие исследования показали, что гумат калия в такой концентрации является эффективным и экономичным стимулятором укоренения зеленых черенков различных видов и гибридов черемухи⁸.



Рис. 1. Высадка черенков черемухи: *а* – зеленые черенки черемухи, высаженные в грядку для укоренения; *б* – зеленый черенок сорта Очарование

Fig. 1. Planting of bird cherry cuttings: *a* – green bird cherry cuttings planted in a bed for rooting; *b* – green cuttings of the Ocharovanie variety

⁴Teremova M.I., Petrakovskaya E.A., Romanchenko A.S., Tuzikov F.V., Gurevich Yu.L., Tsibina O.V., Yakubailik E.K., Abhilash Dr. Ferritization of industrial waste water and microbial synthesis of iron-based magnetic nanomaterials from sediments // *Environmental Progress & Sustainable Energy*. 2016. Vol. 35 (5). P. 1407–1414.

⁵Бонн В.Л., Мистратова Н.А., Петраковская Э.А. и др. Влияние наночастиц биогенного ферригидрита на укоренение одревесневших черенков ивы Ледебура // *Биофизика*. 2018. Т. 63. № 4. С. 786–794. DOI: 10.1134/S0006302918040154.

⁶Пат. № 2767952 С1 (Российская Федерация), МПК С01G 49/02, В82В 3/00, С12Р 3/00. Способ получения наночастиц ферригидрита / Ю.Л. Гуревич, М.И. Теремова. № 2021119875: заявл. 07.07.2021; опубл. 22.03.2022.

⁷Симагин В.С. Вишня и черемуха в Западной Сибири. Новосибирск: ЦСБС СО РАН, 2000. 219 с.

⁸Локтева А.В., Симагин В.С. Размножение зелеными черенками с помощью различных стимуляторов корнеобразования // *Сибирский вестник сельскохозяйственной науки*. 2015. № 5. С. 56–62.

Корневую систему черенков оценивали по длине и количеству корней первого и второго порядка. У корней третьего порядка учитывали их количество, длину корней не фиксировали, так как они были очень короткими (до 2 мм). У каждого сортаобразца оценивали качество корневой системы по выборкам в 50 черенков в вариантах с обработкой гуматом калия и по 30–50 черенков в вариантах с обработкой наночастицами (см. табл. 1, 2).

Учет укоренения черенков проводили в сентябре через 70 дней после высадки в субстрат. Эффективность укоренения определяли по наличию укорененных черенков и характеру сформировавшейся корневой системы.

Для математической обработки использовали пакет программ Microsoft 365. При подготовке публикации использовали материалы биоресурсной научной коллекции ЦСБС СО РАН «Коллекции живых растений в открытом и закрытом грунте» УНУ № USU 440534.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Все виды и гибриды черемухи имеют разную способность к укоренению зеленым че-

ренком. По нашим данным (см. сноску 8), зеленые черенки черемухи кистевой очень хорошо укореняются без стимуляторов корнеобразования, а отдельные генотипы черемухи виргинской или вообще не укореняются, или укореняются лишь единичные черенки. Большинство современных пищевых и декоративных сортов черемухи получены в ЦСБС СО РАН и являются межвидовыми гибридами этих видов⁹. При этом гибриды F_1 наследуют высокую способность к укореняемости черенков, у гибридов второго поколения отмечен большой разброс по этому признаку.

Проведенное нами сравнительное исследование влияния растворов наночастиц чистого биогенного ферригидрита и допированного марганцем, кобальтом, кремнием в сравнении с растворами гумата калия на укореняемость и качество корней зеленых черенков различных сортов и отборных форм черемухи нашей селекции показало, что все эти вещества обладают ризогенной активностью. В табл. 1 приведены данные по укоренению черемухи кистевой, черемухи виргинской и их гибридов F_1 с использованием гумата калия. Влияние препарата на процесс

Табл. 1. Качество корневой системы черенков черемухи при использовании гумата калия
Table 1. Quality of the root system of bird cherry cuttings when using potassium humate

Группа	Образец	Корни первого порядка		Корни второго порядка		Число растений с корнями третьего порядка
		число	средняя длина, см	число на черенок	число на один корень первого порядка	
		$M \pm m$		$M \pm m$		
Черемуха кистевая	13-3-91	$3,17 \pm 0,30$	6,3	$26,82 \pm 3,27$	8,4	23,5
	13-11-11	$6,02 \pm 0,33$	4,1	$33,8 \pm 2,59$	5,5	21,2
	13-14-43	$6,24 \pm 0,53$	3,5	$36,0 \pm 3,42$	5,7	0
Среднее по группе		5,14	4,63	32,21	6,53	14,9
Гибриды F_1	13-5-71	$5,78 \pm 0,60$	3,5	$33,5 \pm 3,54$	5,8	21,7
	13-8-34	$3,42 \pm 0,31$	5,6	$27,1 \pm 3,65$	8,4	13,1
	13-5-74	$3,76 \pm 0,50$	4,8	$23,17 \pm 2,28$	6,1	14,7
Среднее по группе		4,32	4,63	27,92	6,77	16,5
Черемуха виргинская	13-6-92	$2,78 \pm 0,39$	4,5	$9,60 \pm 2,02$	3,4	0
	13-7-94	$3,57 \pm 0,49$	4,3	$14,60 \pm 1,22$	4	9,1
	13-7-70	$1,75 \pm 0,23$	2,5	$4,4 \pm 1,27$	2,5	0
Среднее по группе		2,7	3,77	9,53	3,3	3,03

⁹Локтева А.В. Межвидовая гибридизация в интродукции черемухи // Генофонд и селекция растений: сб. материалов 6-й Междунар. конф. (Новосибирск, 23–25 ноября 2022 г.). Новосибирск: Институт цитологии и генетики СО РАН, 2022. С. 94–97.

ризогенеза у черенков в наших опытах для образцов черемухи кистевой и ее гибридов первого поколения с черемухой виргинской было примерно одинаковым. Изученные образцы делятся на три группы: черемуха кистевая, черемуха виргинская и их гибриды F_1 . Полученные результаты подтверждают выводы наших предыдущих исследований о том, что черемуха кистевая относится к хорошо укореняющимся культурам (см. сноску 8). Формы черемухи виргинской, напротив, имели слабую укореняемость, несмотря на обработку раствором гумата калия, при этом часть черенков не формировала корней второго и третьего порядка. К третьей группе можно отнести межвидовые гибриды этих видов, которые в данном исследовании показали среднюю укореняемость, формировали хорошие корни первого порядка с немногочисленными корнями второго (см. рис. 2).

Определение влияния растворов наночастиц чистого биогенного ферригидрита и допированного марганцем, кобальтом и кремнием проведено на декоративном сорте Розовая Мечта, который является гибридом F_2 черемухи кистевой и черемухи виргин-

ской, декоративном сорте черемухи кистевой Очарование и отборной форме черемухи кистевой Крупная от Бондарева (см. табл. 2, рис. 3). Как и ожидалось, наименьшая укореняемость зеленых черенков получена у гибридобенного сорта Розовая Мечта, что обусловлено влиянием родительского генома черемухи виргинской. Самый низкий показатель укореняемости (около 52%) у этого сорта отмечен в варианте с обработкой раствором наночастиц чистого ферригидрита, самый высокий (90%) – в варианте с обработкой раствором наночастиц ферригидрита, допированного кобальтом. В варианте с ферригидритом, допированным марганцем и кремнием, показатель укореняемости черенков Розовой Мечты был ниже на 6 и 9% по сравнению с контрольным вариантом (около 83%), в котором черенки были обработаны 3%-м раствором гумата калия. Полученные данные позволяют сделать вывод, что растворы ферригидрита, допированного марганцем, кобальтом и кремнием, оказывают стимулирующее влияние на ризогенез трудноукореняемого сорта Розовая Мечта, сопоставимое с влиянием гумата калия. Длина

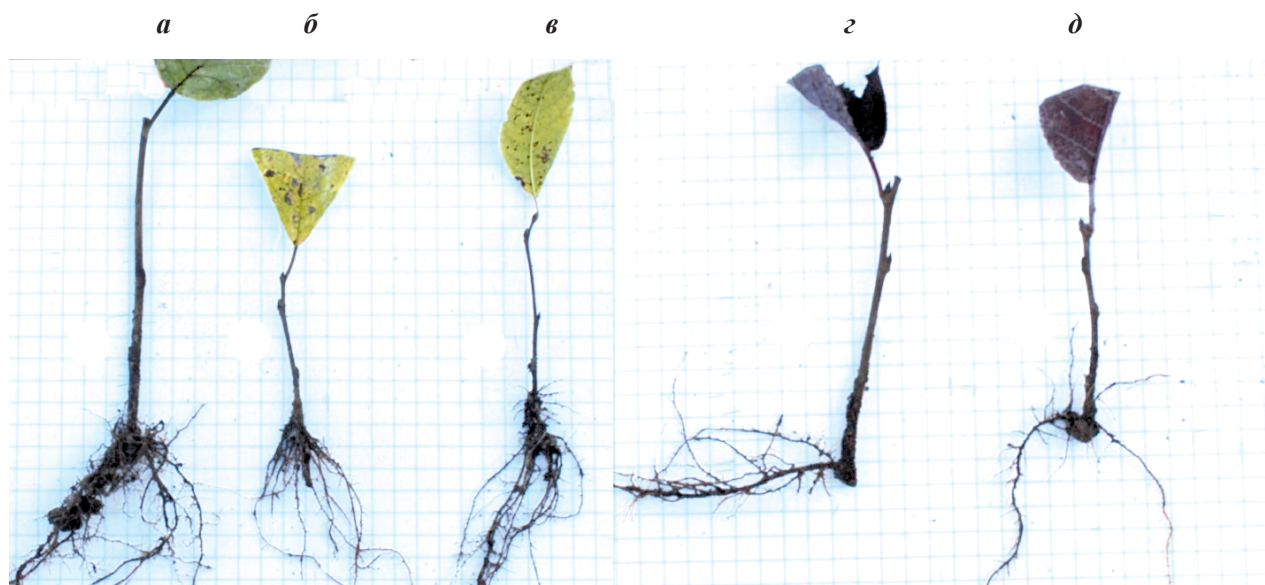


Рис. 2. Влияние гумата калия на развитие корневой системы укорененных черенков черемухи: *а* – отборная форма 13-3-91 (с использованием гумата калия); *б* – 13-3-91 (без стимулятора); *в* – 13-7-94 (с использованием гумата калия); *г* – отборная форма 13-8-34 (с использованием гумата калия); *д* – отборная форма 13-8-34 (без использования стимуляторов)

Fig. 2. The effect of potassium humate on the development of the root system of the rooted bird cherry cuttings: *a* – selected type 13-3-91 (using potassium humate); *b* – 13-3-91 (without stimulants); *c* – 13-7-94 (using potassium humate); *d* – selected type 13-8-34 (using potassium humate); *e* – selected type 13-8-34 (without stimulants)

Табл. 2. Качество корневой системы черенков черемухи при использовании наночастиц
Table 2. Quality of the root system of bird cherry cuttings when using nanoparticles

Образец	Способ обработки	Укореняемость, %	Длина корня первого порядка, см	
			средняя	max – min
Розовая Мечта	3%-й гумат калия (контроль)	82,7	8,77	17,5–1,5
Крупная от Бондарева		98	5,52	16–1,0
Очарование		100	7,05	22,5–1,0
Розовая Мечта	Чистый Feh	51,8	4,57	14–0,5
Крупная от Бондарева		100	5,72	19–0,5
Очарование		93,3	7,33	19–1,0
Розовая Мечта	Feh + Mn	76,6	6,41	21,5–1,0
Крупная от Бондарева		100	4,83	20–1,0
Очарование		100	6,93	19–1,0
Розовая Мечта	Feh + Si	73,3	5,85	19–1,0
Крупная от Бондарева		96,6	5,28	16–1,0
Очарование		100	6,70	20–0,5
Розовая Мечта	Feh + Co	90	6,59	19,5–1,5
Крупная от Бондарева		100	6,01	19–1,5
Очарование		100	7,23	24–1,0

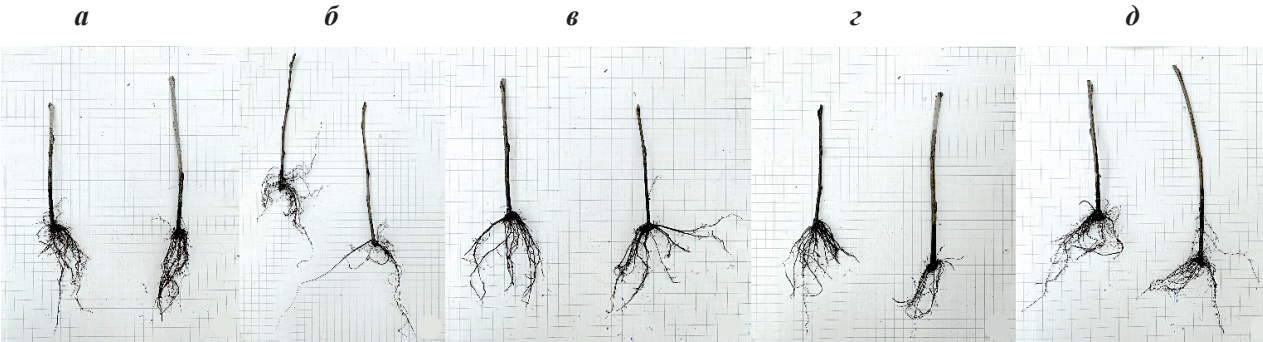


Рис. 3. Корневая система окоренившихся зеленых черенков отборной формы черемухи кистевой Крупная от Бондарева, обработанных наночастицами биогенного ферригидрита:
a – контроль (3%-й гумат калия); *б* – Feh + Co; *в* – Feh; *г* – Feh + Mn; *д* – Feh + Si
Fig. 3. Root system of the rooted green cuttings of the selected form of bird cherry Krupnaya from Bondareva treated with nanoparticles of biogenic ferrihydrite:
a – control (3% potassium humate); *б* – Feh + Co; *в* – Feh; *г* – Feh + Mn; *д* – Feh + Si

придаточные корни формировались в узлах пазушных почек.

В отличие от элементов в солевой форме наночастицы биологически активных металлов имеют пролонгированное действие, поскольку могут долго задерживаться в живых тканях, оказывая стимулирующее или токсическое влияние. Исследование биологической активности наночастиц в современных условиях имеет важное значение, поскольку они массово загрязняют окружающую среду в результате хозяйственной деятельности человека [13].

Эффективность различных стимуляторов роста во многом зависит не только от генотипа растений и подбора оптимальной концентрации и экспозиции стимулятора, но и соблюдения техники черенкования, сроков черенкования, подготовки черенков к высадке в грунт. Необходимо создать условия для обильного корнеобразования, соблюдая влажность, освещенность и тепловой режим, что обеспечивает наиболее активный рост и развитие. После пересадки в питомник черенки должны получать обильное корневое и внекорневое питание, полив и интенсивное освещение. При соблюдении всех условий в первый год жизни укорененные черенки сортов и отборных форм черемухи селекции ЦСБС СО РАН дают прирост 60–70 см и 2–3 побега ветвления.

ВЫВОДЫ

1. Подтверждено эффективное влияние 3%-го раствора гумата калия на качество корневой системы черенков черемухи кистевой, виргинской и их гибридов. Изученные образцы по качеству корневой системы черенков делятся на три группы: самая качественная у образцов черемухи кистевой, промежуточного качества – у гибридов F_1 черемухи кистевой и черемухи виргинской, посредственного качества – у образцов черемухи виргинской, черенки которой имели слабую укореняемость, при этом часть черенков не формировали корни второго и третьего порядка.

2. Установлено эффективное влияние 3%-го раствора гумата калия на укореня-

емость зеленых черенков гибридного сорта черемухи Розовая Мечта, сорта черемухи кистевой Очарование и отборной формы черемухи кистевой Крупная от Бондаря. Укореняемость составила 82,7; 98,0 и 100% соответственно.

3. Установлено стимулирующее влияние растворов наночастиц биогенного ферригидрита, допированного кобальтом, кремнием, марганцем, сопоставимое с эффективностью 3%-го раствора гумата калия на укореняемость зеленых черенков гибридного сорта черемухи Розовая Мечта, сорта черемухи кистевой Очарование и отборной формы черемухи кистевой Крупная от Бондаря. Наиболее трудноукореняемым оказался сорт Розовая Мечта, что обусловлено влиянием родительского генома черемухи виргинской. Самый низкий показатель укореняемости (около 52%) у этого сорта отмечен в варианте с обработкой раствором наночастиц чистого ферригидрита, самый высокий (90%) – в варианте с обработкой раствором наночастиц ферригидрита, допированного кобальтом. В варианте с ферригидритом, допированным марганцем и кремнием, показатель укореняемости черенков был ниже на 6 и 9% по сравнению с контрольным вариантом (около 83%), в котором черенки были обработаны 3%-м раствором гумата калия.

4. Для получения высокого процента корнесобственных саженцев черемухи путем зеленого черенкования рекомендуем использовать изученные нами сорта и селекционные формы, поскольку укореняемость зеленых черенков черемухи виргинской и ее гибридов с черемухой кистевой в значительной степени зависит от генотипа.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Вдовина Т.Ф., Лагус О.А. Хозяйственно-интродукционная оценка сортов и форм черемухи *Padus* Mill. в Алтайском ботаническом саду // Вестник КазНУ. Серия Биологическая. 2022. № 3 (92). С. 22–33. DOI: 10.26577/eb.2022.v92.i3.03.
2. Волкова О.Д., Хоциалова Л.И. Черемухи (*Prunus padus*) в коллекции лаборатории культурных растений Главного ботаническо-

- го сада имени Н.В. Цицина РАН (Москва) и особенности их плодоношения // Вестник ландшафтной архитектуры. 2024. № 37. С. 24–31.
3. Telichowska A., Kobus-Cisowska J., Szulc P. Phytopharmacological Possibilities of Bird Cherry *Prunus padus* L. and *Prunus serotina* L. // *Species and Their Bioactive Phytochemicals*. 2020. N 12. P. 1966. DOI: 10.3390/nu12071966.
4. Telichowska A., Kobus-Cisowska J., Szulc P., Wilk R., Szwajgier D., Szymanowska D. *Prunus padus* L. bark as a functional promoting component in functional herbal infusions—cyclooxygenase-2 inhibitory, antioxidant, and antimicrobial effects // *Open Chemistry*. 2021. Vol. 19. N 1. P. 1052–1061. DOI: 10.1515/chem-2021-0088.
5. Orlova S.Yu., Yushev A.A., Shelenga T.V. Chemical composition of bird cherry fruits in the Northwestern region of Russia // *Proceedings on Applied Botany, Gene tics and Breeding*. 2020. N 181 (2). P. 65–72. DOI: 10.30901/2227-8834-2020-2-65-72.
6. Егошина Т.Л. Ресурсная оценка рода Черемуха (*Padus*) в России // *The Scientific Heritage*. 2021. № 62-2 (62). С. 7–9. DOI: 10.24412/9215-0365-2021-62-2-7-9.
7. Самощенко Е.Г., Фесютин И.А., Гебре К.В., Буланов А.Е. Влияние различной обработки на укореняемость зеленых черенков клоновых подвоев сливы ОП 23-23 и ВСЛ 2 в условиях искусственного тумана // *Известия Тимирязевской сельскохозяйственной академии*. 2023. № 6. С. 86–102. DOI: 10.26897/0021-342X-2023-6-86-102.
8. Петухова Л.В., Григорьева Л.В., Нотов В.А., Степанова Е.Н. О зеленом черенковании роз // *Вестник Тверского государственного университета. Серия Биология и экология*. 2023. № 1 (69). С. 145–154. DOI: 10.26456/vtbio295.
9. Мистратова Н.А. Опыт использования наночастиц гидроксида железа при размножении *Ribes nigrum* L. зелеными черенками // *Вестник КрасГАУ*. 2019. Вып. 11. С. 16–23. DOI: 10.36718/1819-4036-2019-11-16-23.
10. Еремин Г.В. Косточковые плодовые культуры. Генофонд и его использование в селекции: монография. Краснодар: ООО «Просвещение-Юг», 2021. 558 с.
11. Плотникова Д.С. Рост в высоту культур сосны обыкновенной после обработки семян стимулятором роста Альбит // *Актуальные проблемы лесного комплекса*. 2021. № 60. С. 141–144.
12. Хмельниченко Д.С. Совершенствование технологии выращивания саженцев черешни на основе зеленого черенкования в условиях ООО «Крымский питомник» Краснодарского края // *Новости науки в АПК*. 2019. № 1-2 (12). С. 107–110. DOI: 10.25930/2rx4-dn61.
13. Ступко В.Ю., Зобова Н.В., Гуревич Ю.Л. Реакция клеток пшеницы на наночастицы ферригидрита в модельной системе *in vitro* // *Аграрный научный журнал*. 2020. № 11. С. 62–66. DOI: 10.28983/asj.y2020i11pp62-66.

REFERENCES

1. Vdovina T.F., Lagus O.A. Economic and introduction assessment of varieties and forms of bird cherry *Padus* Mill. in the Altai Botanical Garden. *Vestnik KazNU. Seriya Biologicheskaya = Experimental biology*, 2022, no. 3 (92), pp. 22–33. (In Russian). DOI: 10.26577/eb.2022.v92.i3.03.
2. Volkova O.D., Khotsialova L.I. Bird cherry (*Prunus padus*) in the collection of the laboratory of cultivated plants of the N.V. Tsitsin Main Botanical Garden of the Russian Academy of Sciences (Moscow) and the features of their fruiting. *Vestnik landshaftnoi arkhitektury = Bulletin of landscape architecture*, 2024, no. 37, pp. 24–31. (In Russian).
3. Telichowska A., Kobus-Cisowska J., Szulc P. Phytopharmacological Possibilities of Bird Cherry *Prunus padus* L. and *Prunus serotina* L. *Species and Their Bioactive Phytochemicals*, 2020, no. 12, p. 1966. DOI: 10.3390/nu12071966.
4. Telichowska A., Kobus-Cisowska J., Szulc P., Wilk R., Szwajgier D., Szymanowska D. *Prunus padus* L. bark as a functional promoting component in functional herbal infusions—cyclooxygenase-2 inhibitory, antioxidant, and antimicrobial effects. *Open Chemistry*, 2021, vol. 19, no. 1, pp. 1052–1061. DOI: 10.1515/chem-2021-0088.
5. Orlova S.Yu., Yushev A.A., Shelenga T.V. Chemical composition of bird cherry fruits in the Northwestern region of Russia. *Proceedings on Applied Botany, Gene tics and Breeding*, 2020, no. 181 (2), pp. 65–72. DOI: 10.30901/2227-8834-2020-2-65-72.
6. Egoshina T.L. Resource potential of Bird Cherry (*Padus*) genus in Russia. *The Scientific Heritage*, 2021, no. 62-2 (62), pp. 7–9. (In Russian). DOI: 10.24412/9215-0365-2021-62-2-7-9.
7. Samoshchenkov E.G., Fesyutin I.A., Gebre K.V., Bulanov A.E. Effect of different treat-

- ments on the rooting ability of herbaceous cuttings of clonal rootstocks of plum OP 23–23 and VSL 2 under artificial fog conditions. *Izvestiya Timiryazevskoi sel'skokhozyaistvennoi akademii = Izvestiya of Timiryazev Agricultural Academy*, 2023, no. 6, pp. 86–102. (In Russian). DOI: 10.26897/0021-342X-2023-6-86-102.
8. Petukhova L.V., Grigor'eva L.V., Notov V.A., Stepanova E.N. About the green cuttings of roses. *Vestnik Tverskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: Biologiya i ekologiya = Vestnik of Tver State University. Series: Biology and Ecology*, 2023, no. 1 (69), pp. 145–154. (In Russian). DOI: 10.26456/vtbio295.
 9. Mistratova N.A. The experience of using iron hydroxide nanoparticles while reproducing *Ribes nigrum* L. by green shanks. *Vestnik KrasGAU = Bulletin of KrasSAU*, 2019, is. 11, pp. 16–23. (In Russian). DOI: 10.36718/1819-4036-2019-11-16-23.
 10. Eremin G.V. *Stone fruit crops. The gene pool and its use in breeding*. Krasnodar, Prosveshchenie-Yug Publ., 2021, 558 p. (In Russian).
 11. Plotnikova D.S. Growth in height of the cultivars of common pine after treatment of seedlings with the growth stimulant Albit. *Aktual'nye problemy lesnogo kompleksa = Actual problems of the forest complex*, 2021, no. 60, pp. 141–144. (In Russian).
 12. Khmel'nichenko D.S. Improvement of the technology of growing bird cherry seedlings on the basis of green cuttings in the conditions of the OOO “Crimean nursery” of the Krasnodar Territory. *Novosti nauki v APK = Science news in the agro-industrial complex*, 2019, no. 1-2 (12), pp. 107–110. (In Russian). DOI: 10.25930/2rx4-dn61.
 13. Stupko V.Yu., Zobova N.V., Gurevich Yu.L. Response of wheat cells to ferrihydrite nanoparticles under model system in vitro. *Agrarnyi nauchnyi zhurnal = Agrarian Scientific Journal*, 2020, no. 11, pp. 62–66. (In Russian). DOI: 10.28983/asj.y2020i11pp62-66.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

✉ Локтева А.В., кандидат биологических наук, научный сотрудник; **адрес для переписки:** Россия, 630090, Новосибирск, Золотодолинская, 101; e-mail: Lokteva30@mail.ru

Чооду Б.-Б.М., аспирант

AUTHOR INFORMATION

✉ Anna V. Lokteva, Candidate of Science in Biology, Researcher; **address:** 101, Zolotodolinskaya, Novosibirsk, 630090, Russia; e-mail: Lokteva30@mail.ru

Baiyr-Belek M. Choodu, Post-graduate Student

Дата поступления статьи / Received by the editors 13.08.2024
Дата принятия к публикации / Accepted for publication 07.10.2024
Дата публикации / Published 13.12.2024