

## Краткие сообщения

УДК 635.9:631.535(045)

*Т.Г. Леконцева, А.В. Федоров, В.А. Кузнецова*

### ТОНКОДИСПЕРСНАЯ СУСПЕНЗИЯ МЕТАЛЛ/УГЛЕРОДНОГО НАНОКОМПОЗИТА МЕДИ КАК СТИМУЛЯТОР КОРНЕОБРАЗОВАНИЯ ПРИ ЧЕРЕНКОВАНИИ ДЕКОРАТИВНЫХ КУЛЬТУР

Исследования посвящены изучению металл/углеродного нанокompозита меди в качестве стимулятора корнеобразования при вегетативном размножении Чубушника гибридного (*Philadelphus x hybridus hort.*) сортов Комсомолец (Komsomolec) и Снежная Буря (Snezhnaja Burja), Туи западной сорта Пирамидалис Компакта (*Thuja occidentalis L. Pyramidalis Compacta*). На примере зеленых черенков декоративных культур при всех концентрациях тонкодисперсной суспензии металл/углеродного нанокompозита меди (ТДС Ме/С НК) показано стимулирующее действие на их приживаемость. В вариантах обработки черенков суспензией НК в концентрации 0,05, 0,5 и 1,0 % укоренилось 68,2, 72,8 и 65,4 % черенков, что было больше по сравнению с контролем (вода) на 18,4, 23,0 и 15,6 % соответственно ( $HCp_{05}=7,8$ ).

*Ключевые слова:* металл/углеродный нанокompозит меди, черенкование, стимулятор корнеобразования, Чубушник гибридный, Туя западная.

DOI: 10.35634/2412-9518-2020-30-3-357-363

Растение является целостным организмом и при благоприятных условиях имеет хорошо развитую корневую систему и надземную часть. Такое растение имеет прекрасный внешний вид, своевременно вступает в генеративную фазу и характеризуется высокой продуктивностью. Установлено, что растения способны поглощать до 70 химических элементов таблицы Д.И. Менделеева. Важна также функция меди. Медь поступает в растения в ионной форме. При достаточной обеспеченности растений медью в них увеличивается содержание сахаров, аскорбиновой кислоты и хлорофилла. Очень важна роль меди в процессе фотосинтеза. При ее недостатке наблюдается побеление и засыхание верхушек молодых листьев. У плодовых культур наблюдается суховершинность. Этот микроэлемент способствует повышению устойчивости растений к грибным и бактериальным заболеваниям [1]. Медь, являясь наиболее токсичным тяжелым металлом, в растениях входит в состав пластоцианина, участвующего в фотосинтезе, и некоторых других медьсодержащих белков и окислительных ферментов. Она повышает засухо-, морозо- и жароустойчивость растений. Однако интервал концентраций Cu, при которых этот металл не проявляет своего токсического действия, очень небольшой. Даже двукратное превышение оптимальных концентраций Cu может вызвать негативное действие. Повышенное содержание меди проявляется в снижении накопления фитомассы, уменьшении оводненности тканей и содержания хлорофилла [2].

Нанопорошки металлов имеют большую удельную поверхность, поэтому их можно применять в микродозах. Токсичность нанопорошков металлов в 10-40 раз ниже, чем солей этих же металлов [3; 4]. Полевой опыт по повышению всхожести семян *Pinus silvestris L.* показал перспективность применения тонкодисперсной суспензии металл/углеродного нанокompозита меди в качестве стимулятора ростовых процессов [5]. Мерзляковой В.М. с соавторами был отмечен положительный эффект применения ТДС Ме/С НК меди при размножении луковичных культур на примере лилии условиях защищенного грунта [6]. Также был отмечен положительный эффект при зеленом черенковании *Vitis vinifera L.* на корнеобразование [7]. Замачивание черенков винограда суспензией нанокompозита способствовало улучшению таких морфометрических показателей, как количество и суммарная длина корней. [8].

Металл/углеродный нанокompозит представляет собой наночастицы металла, стабилизированные в углеродных нанопленочных структурах, образованных углеродными аморфными нановолокнами, ассоциированными с металлсодержащей фазой. По внешнему виду это суспензия с мелкими взвешенными частицами черного цвета. По своей природе это фуллерен.

Фуллерены – молекулярные соединения, принадлежащие классу аллотропных форм углерода (другие – алмаз, карбин, графит) и представляющие собой выпуклые замкнутые многогранники, составленные из чётного числа трёх координированных атомов углерода, содержащего ненасыщенные связи и фрагменты с делокализованными электронами. Вероятно, такое строение способствует применению их в качестве активных агентов в реакциях рекомбинации и в процессах митоза. Так как в ряду инициаторов процессов рекомбинации эффективны стабильные свободные радикалы или вещества, содержащие ненасыщенные углерод-углеродные связи, которые взаимодействуют с активными радикалами и тем самым «гасят» их активность [8].

Цель исследований – изучение действия тонкодисперсной суспензии металл/углеродного нанокompозита меди на корнеобразование черенков двух сортов Чубушника гибридного и Туи западной.

### Материалы и методы исследований

Для проведения исследований препарат тонкодисперсной суспензии Me/C НК меди был предоставлен Лабораторией природоохранных и ресурсосберегающих технологий Института механики УрО РАН и Научно-инновационным центром ОАО «ИЭМЗ «Купол». Использована суспензия Me/C НК меди, стабилизированная 5 % раствором сахара. В качестве вариантов исследований были взяты три концентрации ТДС Me/C НК меди (%): 0,05, 0,5, 1,0. В качестве контроля использовали замачивание черенков в водопроводной воде. В качестве объектов исследования выбраны Чубушник гибридный (*Philadelphus x hybridus hort.*) сортов Komsomolec и Snezhnaja Burja и Туя западная (*Thuja occidentalis L.*) сорта Pyramidalis Compacta

Чубушник «жасмин садовый» один из наиболее популярных красивоцветущих кустарников в озеленении средней полосы России. Чубушник, благодаря своей пластичности по отношению к условиям произрастания, является очень ценной культурой для зеленого строительства. Может расти на бедных и плодородных почвах, в тени и на солнце. Чаще всего применяется для создания декоративных древесных групп, цветущих ароматных куртин (по 5–10 штук), при формировке в живых изгородях – средних и высоких, а также в свободнорастущих изгородях, низкорослые и карликовые формы для низких бордюров и кадочной культуры [9].

Туя западная (*Thuja occidentalis L.*) сорта Pyramidalis Compacta представляет собой дерево высотой 8–10 м, диаметр кроны до 4 м. Форма кроны пирамидальная, хвоя светло-зеленая. Влаголюбива, морозостойкость высокая, теневынослива. Побеги короткие и плотно прижаты друг к другу. Ежегодный прирост 20 см. Продолжительность жизни не менее 140 лет. Отличительной особенностью этого сорта является то, что дерево может состоять из 2–3 верхушек [10].

Черенкование проводили в первой декаде июля. Черенки заготавливали длиной до 10 см, с нижней части черенков удаляли листья и хвою. Черенки Туи западной брали с пяткой [11].

Черенки замачивали в исследуемых растворах в течение 20 часов. Перед посадкой нижнюю часть черенков от остатков исследуемых растворов промывали под проточной водой. По каждому варианту было заложено 20–40 шт. черенков. Корнеобразование черенков проводили в условиях череночника, закрытого полиэтиленовой пленкой, с мелкодисперсным опрыскиванием для создания эффекта искусственного тумана с относительной влажностью воздуха 90 %. Основание череночника состояло из дренирующего слоя толщиной 15 см из щебня фракции 2–3 см. Плодородный слой толщиной 20 см состоял из органо-минерального субстрата на основе низинного торфа. В качестве субстрата для укоренения использовали крупнозернистый речной песок. Успешность корнеобразования учитывали как процентное соотношение укоренившихся черенков к общему количеству высаженных в субстрат. У черенков сортов Чубушника гибридного учет проводили в осенний период того же года, черенков Туи западной – через год. Статистическую обработку экспериментальных данных проводили по рекомендуемой методике [12].

### Результаты и их обсуждение

Применение ТДС Me/C НК меди для зеленого черенкования двух сортов Чубушника гибридного и Туи западной показало его положительное влияние на укореняемость черенков (рис. 1).

Было выявлено, что ТДС Me/C НК меди на укореняемость черенков Чубушника гибридного сорта Komsomolec оказала слабое влияние, отличия от контрольного варианта не были существенными. Обработка черенков Чубушника гибридного сорта Komsomolec в концентрации 0,05 % раствором

опытного препарата показала результаты на уровне контроля, а увеличение концентрации до 0,5 и 1,0 % приводило к тенденции повышения укореняемости – на 9,4 % и 6,4 % соответственно ( $НСР_{05} = 13,4\%$ ). Полагаем, что слабое влияние препарата на укореняемость черенков Чубушника гибридного данного сорта связано с сортовыми особенностями – высокорослость, длинные междоузлия, высокая естественная склонность черенков к укоренению. В контрольном варианте укореняемость черенков Чубушника гибридного сорта *Komsomolec* составляла 62,7 % и была выше по сравнению с данным показателем у Чубушника гибридного сорта *Snezhnaja Burja* и Туи западной *Pyramidalis Compacta*.

На сорте Чубушника гибридного сорта *Snezhnaja Burja*, отличающегося карликовостью, обработка черенков ТДС Ме/С НК меди привела к существенному увеличению укореняемости. Наибольшее стимулирующее влияние ТДС Ме/С НК меди на укореняемость черенков данного сорта отмечено в концентрации 0,05 % – на 32,0 % по сравнению с контрольным вариантом. Повышение концентрации ТДС Ме/С НК меди до 0,5 % и 1,0 % также приводило к существенному повышению укореняемости по сравнению с контрольным вариантом, но уже в меньшей степени, на 19,4 % и 20,0 % соответственно.

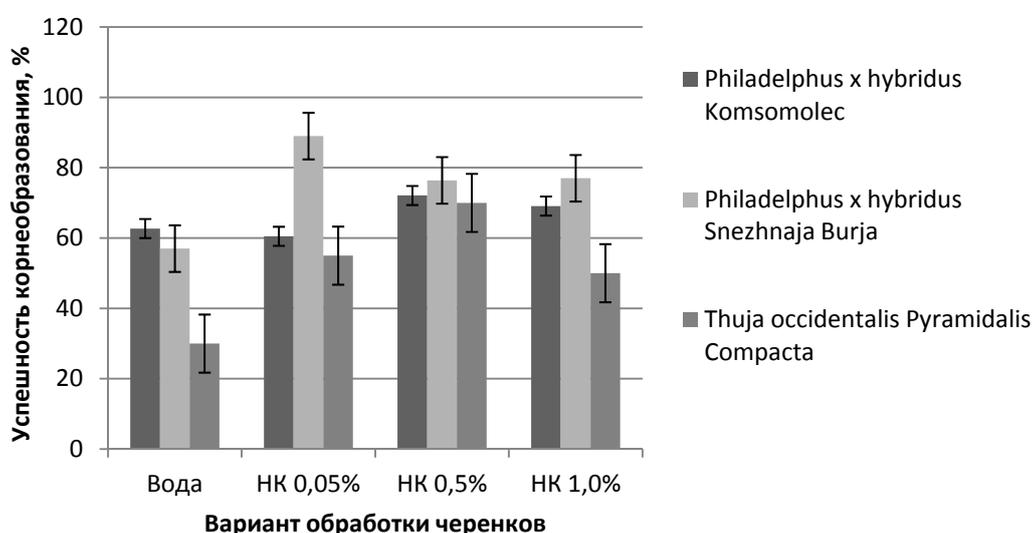


Рис. 1. Успешность корнеобразования черенков в зависимости от концентрации Ме/С НК меди

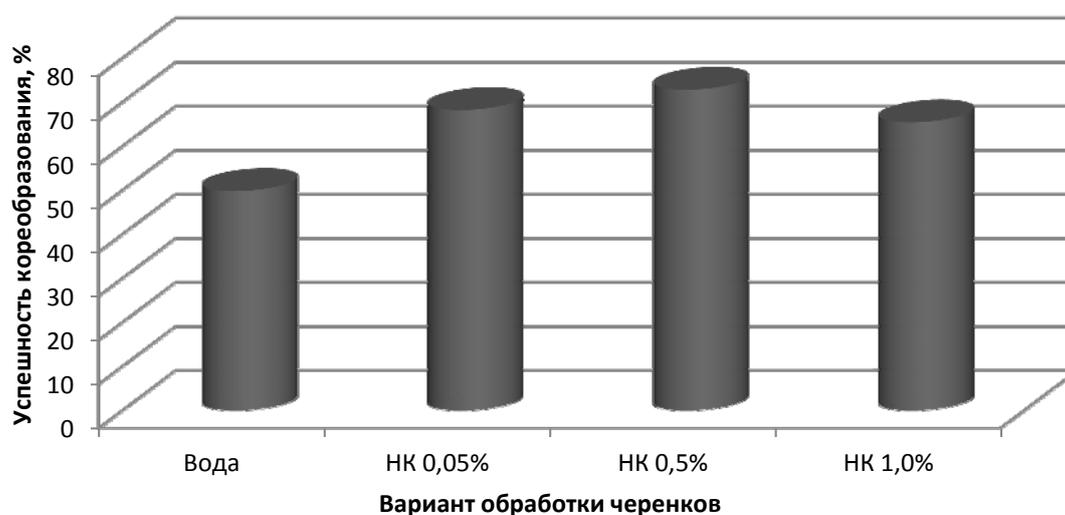


Рис. 2. Успешность корнеобразования черенков *Philadelphia x hybridus hort. cv. Komsomolec* и *Snezhnaja Burja*, *Thuja occidentalis L. Pyramidalis Compacta* в зависимости от концентрации Ме/С НК меди

Заслуживают внимания данные, полученные по применению ТДС Ме/С НК меди на черенках Туи западной. Хотя культура и отличается по своим биологическим особенностям от Чубушника гибридного, но также получены положительные данные по влиянию на укореняемость черенков. Отличительной особенностью влияния ТДС Ме/С НК меди на черенках Туи западной является то, что самый высокий показатель укореняемости черенков данного вида получен в варианте концентрации препарата 0,5 %. При этом все исследуемые концентрации ТДС Ме/С НК меди на черенках Туи западной показали существенное улучшение укореняемости – на 20–40 % ( $НСР_{05} = 13,4\%$ ) в зависимости от варианта исследований.

В среднем из двух сортов Чубушника гибридного при обработке исследуемыми растворами лучше прижились черенки сорта *Snezhnaja Burja*, успешность корнеобразования составила 74,8 %, для сорта *Komsomolec* – 66,1 %. Для черенков Туи западной данный показатель составил 51,7 %.

Средний показатель успешности корнеобразования для исследуемых культур в двухфакторном опыте в контрольном варианте замачивания черенков водопроводной водой составил 49,8 % (рис. 2).



Рис. 3. Внешний вид саженцев: а) *Thuja occidentalis L. Pyramidalis Compacta*; б) *Philadelphus x hybridus hort. cv. Snezhnaja Burja*

Во всех вариантах обработки черенков суспензией ТДС Ме/С НК меди 0,05, 0,5 и 1,0 % концентрации укореняемость была существенно выше по сравнению с контрольным вариантом) на 18,4, 23,0 и 15,6 % соответственно ( $НСР_{05}=7,8$ ). Таким образом, в результате обработки черенков древесных растений суспензией ТДС Ме/С НК меди получено существенное увеличение их укореняемости.

Положительное действие Ме/С НК при вегетативном размножении растений подтверждается нашими предыдущими исследованиями на примере зеленых черенков винограда культурного сорта Мускат розовый. Предпосадочное замачивание черенков наноккомпозитом по сравнению с контролем

(индоллил-3-уксусная кислота, 20 мг/л) способствовала увеличению количества развившихся корней на один черенок, показатели суммарная длина и среднее количество корней также улучшились [7; 13].

Исследование морфометрических показателей надземной части растений в рамках работы не проводилось. Однако, в сравнении с контрольным вариантом (вода) внешний вид 2-летних саженцев в вариантах обработки черенков ТДС Ме/С НК меди был лучше по высоте, облиственности (рис. 3).

## Заключение

В результате проведенных исследований по применению препарата нового уровня тонкодисперсной суспензии металл/углеродного нанокompозита меди при зеленом черенковании Чубушника гибридного сортов Komsomolec и Snezhnaja Burja, Туи западной сорта Pyramidalis Compacta получено существенное увеличение укореняемости по сравнению с контрольным вариантом – обработка водой.

Выявлены сортоспецифические особенности при обработке черенков Чубушника гибридного суспензией препарата Ме/С НК меди: на сорт Komsomolec, имеющего естественно высокую укореняемость, было отмечено слабое влияние, а на сорте Snezhnaja Burja, отличающегося карликовостью, обработка черенков привела к существенному увеличению укореняемости. Обработка черенков хвойного растения Туи западной сорта Pyramidalis Compacta суспензией Ме/С НК меди во всех исследуемых концентрациях приводила к существенному улучшению укореняемости черенков.

Таким образом, применение Ме/С НК меди в испытанных концентрациях как стимулятора корнеобразования при вегетативном размножении древесных декоративных культур в питомниководстве является перспективным.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бортник Т.Ю., Строт Т.А., Федоров А.В. Чего не хватает растению: практическое пособие. Ижевск: Изд-во ИжГСХА, 2009. 158 с.
2. Семенова И.Н., Сингизова Г.Ш., Зулкарнаев А.Б., Ильбулова Г.Р. Влияние меди и свинца на рост и развитие растений на примере *Anethum graveolens* L. // Современные проблемы науки и образования. 2015. № 3. URL: <https://science-education.ru/ru/issue/view?id=123> (дата обращения: 05.09.2020).
3. Глущенко Н.Н., Богославская О.А., Ольховская И.П. Сравнительная токсичность солей и наночастиц металлов и особенность их биологического действия // Нанотехнологии и информационные технологии – технологии XXI века: материалы междунар. науч.-практ. конф. М., 2006. С. 93–95.
4. Райкова А.П., Паничкин Л.А., Райкова Н.Н. Исследование влияния ультрадисперсных порошков металлов, полученных различными способами, на рост и развитие растений // Нанотехнологии и информационные технологии – технологии XXI века: материалы междунар. науч.-практ. конф. М., 2006. С. 108–111.
5. Корепанов Д.А., Чиркова Н.М., Руденок В.А. [и др.] Влияние тонкодисперсной суспензии на основе металл/углеродного нанокompозита меди на посевные качества семян *Pinus sylvestris* L. // Вестн. Удм. ун-та. 2013. Вып. 2. С. 3–7.
6. Мерзлякова В.М., Ковязина О.А., Тринеева В.В. Опыт применения металл/углеродных нанокompозитов при выращивании цветов в защищенном грунте (на примере лилии) // От наноструктур, наноматериалов и нанотехнологий к nanoиндустрии: матер. междунар. конф. Ижевск, 2015. С. 122.
7. Федоров А.В., Леконцева Т.Г., Зорин Д.А., Худякова А.В., Тринеева В.В. Эффективность медь/углеродного нанокompозита в качестве стимулятора корнеобразования на зеленых черенках винограда культурного // Материалы междунар. электрон. науч.-практ. журнала «Современные научные исследования и разработки», Научный центр «Олимп», 2017. № 7(15). С. 345–347.
8. Альес М.Ю., Федоров А.В., Леконцева Т.Г., Худякова А.В. Результаты и перспективы исследований применения металл/углеродного нанокompозита меди в растениеводстве // Мясное скотоводство – приоритеты и перспективы развития: материалы междунар. науч.-практ. конф. / под общ. ред. С.А. Мирошникова. 2018. С. 145-149
9. Березкина И.В. История культуры, селекция и направления использования чубушника (жасмина садового) // Тенденции развития науки и образования. 2020. № 62-1. С.7-10. doi: 10.18411/lj-06-2020-02.
10. Туя западная Пирамидалис Компакта. URL: <https://fermer.blog/bok/hvoynye-derevya/tuya/vidy-tui/tuya-zapadnaya/14342-tuya-piramidalis-kompakta.htm> (дата обращения: 05.09.2020).
11. Тарасенко М.Т. Зеленое черенкование садовых и лесных культур. М.: Изд-во МСХА, 1991. 272 с.
12. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта. М.: Колос, 1985. 351 с.
13. Федоров А.В., Леконцева Т.Г., Худякова А.В., Тринеева В.В. Тонкодисперсная суспензия металл / углеродного нанокompозита меди как стимулятор корнеобразования при черенковании *Vitis vinifera* L. // Магарач. Виноградарство и виноделие. 2018. № 2. С. 18-20.

Леконцева Татьяна Германовна, научный сотрудник Отдела интродукции и акклиматизации растений,  
E-mail: t.lekontseva@yandex.ru

Федоров Александр Владимирович, доктор сельскохозяйственных наук,  
главный научный сотрудник Отдела интродукции и акклиматизации растений  
E-mail: udmgarden@mail.ru

ФГБУН «Удмуртский федеральный исследовательский центр Уральского отделения РАН»  
426067, Россия, г. Ижевск, ул. Т. Барамзиной, 34

Кузнецова Валентина Алексеевна, заведующая Лабораторией декоративных и цветочных культур Учеб-  
ный ботанический сад ФГБОУ ВО «Удмуртский государственный университет»  
426034, Россия, г. Ижевск, ул. Университетская, 1  
E-mail: bot.sad@mail.ru

*T.G. Lekontseva, A.V. Fedorov, V.A. Kuznetsova*

### FINE SUSPENSION OF METAL/CARBON NANOCOMPOSITE OF COPPER AS A STIMULATOR OF ROOT FORMATION DURING GRAFTING OF ORNAMENTAL CROPS

DOI: 10.35634/2412-9518-2020-30-3-357-363

Research is devoted to the study of a metal/carbon nanocomposite of copper as a stimulator of root formation during vegetative propagation of the Mock-orange (Garden jasmine) hybrid (*Philadelphus x hybridus* hort.) of cultivars Komsomolec and Snezhnaja Burja, western Thuja (Northern whitecedar) of cultivar Pyramidalis Compacta (*Thuja occidentalis* L. Pyramidalis Compacta). Using the example of green cuttings of ornamental crops at all concentrations of a finely dispersed suspension of metal/carbon nanocomposite of copper (TDS Me/C NC), a stimulating effect on their survival is shown. In the variants of treatment of cuttings with a NC suspension of 0.05, 0.5 and 1.0 % concentration, 68.2, 72.8 and 65.4 %% of cuttings rooted, which was 18.4, 23.0 and 15.6 %%, respectively, more than in the control (water) (HCP<sub>05</sub> = 7.8).

*Keywords:* metal/carbon copper nanocomposite, grafting, stimulator of root formation, *Philadelphus x hybridus* hort., *Thuja occidentalis* L.

#### REFERENCES

1. Bortnik T.Yu., Strot T.A., Fedorov A.V. *Chego ne khvataet rasteniyu: prakticheskoe posobie* [What the plant lacks: a practical guide], Izhevsk: Izhevsk. Gos. Sel'skokhoz. Akademiya, 2009. 158 p. (in Russ.).
2. Semenova I.N., Singizova G.Sh., Zulkarnaev A.B., Il'bulova G.R. [Influence of copper and lead on plant growth and development on the example of *Anethum graveolens* L.], in *Sovremennye problemy nauki i obrazovaniya*, 2015, no. 3. Available at: <https://science-education.ru/ru/issue/view?id=123> (accessed 05.09.2020) (in Russ.).
3. Glushchenko N.N., Bogoslavskaya O.A., Ol'khovskaya I.P. [Comparative toxicity of metal salts and nanoparticles and the peculiarity of their biological action], in *Mater. mezhd. nauch.-prakt. konf. "Nanotekhnologii i informatsionnye tekhnologii – tekhnologii XXI veka"*, Moscow, 2006. P. 93-95 (in Russ.).
4. Raykova A.P., Panichkin L.A., Raykova N.N. [Research of the influence of ultrafine metal powders obtained by various methods on the growth and development of plants], in *Mater. mezhd. nauch.-prakt. konf. "Nanotekhnologii i informatsionnye tekhnologii – tekhnologii XXI veka"*, Moscow, 2006. P. 108-111 (in Russ.).
5. Korepanov D.A., Chirkova N.M., Rudenok V.A. et al. [The influence of a fine suspension based on metal / carbon nanocomposite of copper on the sowing qualities of *Pinus sylvestris* L. seeds], in *Vestn. Udmurt. Univ.*, 2013. Iss. 2. P. 3-7 (in Russ.).
6. Merzlyakova V.M., Kovyazina O.A., Trineeva V.V. [Experience in the use of metal / carbon nanocomposites in growing flowers in protected ground (on the example of lilies)], in *Mater. mezhd. konf. "Ot nanostruktur, nanomaterialov i nanotekhnologii k nanoindustrii"*, Izhevsk, 2015. P. 122 (in Russ.).
7. Fedorov A.V., Lekontseva T.G., Zorin D.A., Khudyakova A.V., Trineeva V.V. [The effectiveness of copper / carbon nanocomposite as a root formation stimulator on green cuttings of cultural grapes], in *Mater. Mezhd. elektron. nauch.-prakt. zhurnala "Sovremennye nauchnye issledovaniya i razrabotki"*, Nauchnyy tsentr "Olimp", 2015, no. 7 (15). P. 345-347 (in Russ.).
8. Al'es M.Yu., Fedorov A.V., Lekontseva T.G., Khudyakova A.V. [Results and prospects of research on the use of metal / carbon nanocomposite of copper in crop production], in *Mater. mezhd. nauch.-prakt. konf. "Myasnoe skotovodstvo – priority i perspektivy razvitiya"*, Miroshnikov S.A. (ed), 2018. P. 145-149 (in Russ.).
9. Berezkina I.V. [History of culture, selection and directions of use of chubushnik (garden jasmine)], in *Tendentsii razvitiya nauki i obrazovaniya*, 2020, no. 62-1. P. 7-10. doi: 10.18411 / lj-06-2020-02 (in Russ.).

10. *Tuya zapadnaya Piramidalis Kompakta* [Thuja western Pyramidalis Compact], Available at: <https://fermer.blog/bok/hvoynye-derevyta/tuya/vidy-tui/tuya-zapadnaya/14342-tuya-piramidalis-kompakta.htm> (accessed 05.09.2020) (in Russ.).
11. Tarasenko M.T. *Zelenoe cherenkovanie sadovykh i lesnykh kul'tur* [Green cuttings of horticultural and forest crops], Moscow: Moskov. Sel'skokhoz. Akad., 1991. 272 p. (in Russ.).
12. Dospikhov B.A. *Metodika polevogo opyta* [Technique of field experiment], Moscow: Kolos, 1985. 351 p. (in Russ.).
13. Fedorov A.V., Lekontseva T.G., Khudyakova A.V., Trineeva V.V. [Finely-dispersed suspension of metal / carbon copper nanocomposite as a root-formation stimulating substance in propagation of *Vitis vinifera* L. by cuttings], in *Magarach. Vinogradarstvo i vinodelie*, 2018, no. 2. P. 18-20 (in Russ.).

Received 10.09.2020

Lekontseva T.G., Research associate of the Department of plant introduction and acclimatization

E-mail: t.lekонтseva@yandex.ru

Fedorov A.V., Doctor of Agricultural Sciences,

Chief researcher at Department of plant introduction and acclimatization

E-mail: udmgarden@mail.ru

Udmurt Federal Research Center of the Ural branch of the Russian Academy of Sciences

T. Baramzina st., 34, Izhevsk, Russia, 426067

Kuznetsova V.A., Head of the Laboratory of decorative and flower cultures

Educational Botanical Garden of Udmurt State University

Universitetskaya st., 1, Izhevsk, Russia, 426034

E-mail: bot.sad@mail.ru