

СИНЕРГИЧЕСКИЙ ЭФФЕКТ ПРИМЕНЕНИЯ СТИМУЛЯТОРОВ РИЗОГЕНЕЗА И ПОДОГРЕВА СУБСТРАТА ПРИ ЗЕЛЕНОМ ЧЕРЕНКОВАНИИ ХВОЙНЫХ ПОРОД

кандидат сельскохозяйственных наук **А.Н. Цепляев**

доктор сельскохозяйственных наук, доцент **Э.И. Трещевская**

ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет

имени Г.Ф. Морозова», г. Воронеж, Российская Федерация

В статье приведены результаты исследований влияния стимуляторов ризогенеза и подогрева субстрата на укоренение различных сортов можжевельника. Установлено значительное увеличение эффективности зеленого черенкования при совместном применении подогрева субстрата стимуляторов корнеобразования. В условиях теплицы на грядах с использованием подогрева и без него установлено, что при помощи подогревающих элементов обеспечивались наиболее комфортные условия укоренения и роста растений, разница температур в среднем составляла 4-7 °С. Совместное применение подогрева субстрата и БАВ при поздних сроках черенкования можжевельников достоверно стимулирует укоренение (в 1,5-3 раза относительно контроля). Синергический эффект применения ростовых веществ и подогрева повышает интенсивность корнеобразования, увеличивая протяженность корневой системы и среднюю длину корней первого порядка укорененных черенков. Использование Корневина и подогрева в 4 раза увеличивают длину корней первого порядка относительно контроля. Стимулятор корнеобразования «Циркон», положительное действие которого усиливается высокими температурами субстрата, продемонстрировал положительный эффект при укоренении черенков всех сортов можжевельников.

Ключевые слова: ризогенез, стимуляторы корнеобразования, черенки, подогрев субстрата, можжевельник

SYNERGISTIC EFFECT OF RHISOGENESIS STIMULATOR APPLICATION AND SUBSTRATE HEATING DURING PROPAGATION BY HERBACEOUS CUTTINGS OF CONIFEROUS SPECIES

PhD (Agriculture) **A.N. Tseplyaev**

DSc (Agriculture), Associate Professor **E.I. Treshchevskaya**

FSBEI HE Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov,

Voronezh, Russian Federation

Abstract

The article presents the research results of the influence of rhizogenesis stimulants and substrate heating on the rooting of various varieties of juniper. A significant increase in the effectiveness of propagation by softwood cutting has been found with the combined use of substrate heating of root formation stimulants. It is seen that the most comfortable conditions for plant rooting and growth were provided with the help of heating elements in greenhouse conditions in planting beds with and without heating. The temperature difference averaged 4-7 °C. The combined use of substrate heating and biologically active substances during late periods of juniper cuttings reliably stimulates rooting (1,5-3 times relative to the control specimens). The synergistic effect of the use of growth substances and heating increases the intensity of root formation by increasing the length of the root system and the average length of the first order roots of rooted cuttings. The use of Kornevin and heating increases the length of the roots of the first order relative to the control specimens in 4 times. Zircon rooting stimulator (the positive effect of which is enhanced by the high temperatures of the substrate) has shown a positive effect when rooting cuttings of all the varieties of junipers.

Keywords: rhizogenesis, root formation stimulants, cuttings, substrate heating, juniper

Введение

Использование в озеленении представителей рода Можжевельник (*Juniperus*) семейства Кипарисовые (*Cupressaceae*) в последнее время приобретает особую популярность. Большинство видов и сортов можжевельника, присутствующих на российском рынке, являются интродуцентами, введенными из европейских питомников, размножение их возможно только вегетативным способом. Зеленое черенкование является одним из наиболее перспективных видов вегетативного размножения хвойных растений [3], при котором потомству в полном объеме передаются свойства родительского организма, частично теряющиеся при семенном размножении из-за расщепления признаков у потомства [4, 6, 7, 8, 12, 15]. В практике вегетативного репродуцирования основной задачей является создание необходимых условий для активизации процесса корнеобразования у черенков. Одним из способов повышения эффективности зеленого черенкования является применение синтетических гормонов роста [1, 5, 7, 9, 13, 14].

Многие породы по-разному реагируют на применение регуляторов роста растений [6, 12, 14], поэтому постоянно проводятся исследования в направлении изучения различных методов стимуляции адвентивного корнеобразования. В настоящий момент, кроме ауксинов, открыты и проходят активную апробацию различные группы БАВ, стимулирующие адвентивное корнеобразование, к ним можно отнести гидроксикоричные кислоты из эхинацеи.

Однако не всегда применение биологически активных веществ имеет высокую эффективность. Так, ряд исследований [6, 8] выявили, что в условиях, когда субстрат имеет температуру 8-10° С и ниже, интенсивность укоренения заметно падает. Зачастую в теплицах при невысоком испарении субстрат имеет повышенную влажность, что, в свою очередь, вызывает загнивание и отпад черенков.

Повышение температуры субстрата в корневой зоне черенка на 5-7 °С относительно температуры воздуха вызывает приток ауксинов в базальную часть черенка, что усиливает ризогенез.

Одним из перспективных способов, направленных на интенсификацию адвентивного корнеобразования, является подогрев субстрата [2, 6, 10]. Данный способ особенно эффективен, когда ростовая активность растения снижается за счет синтеза эндогенных стимуляторов. Совместное применение подогрева субстрата и регуляторов роста активизирует ростовые процессы и стимулирует формирование и рост корней [1, 10, 11].

Целью настоящей работы было определение наличия совместного стимулирующего эффекта от применения подогрева субстрата и синтетических стимуляторов корнеобразования.

Объекты и методы

Работы по зеленому черенкованию проводились в производственном питомнике ООО «Объединенные питомники» (Воронежская область).

В качестве объектов исследования были выбраны черенки следующих хвойных пород: можжевельник обыкновенный 'Хиберника' (*Juniperus communis* 'Hibernica'), можжевельник чешуйчатый 'Блю Карпет' (*Juniperus squamata* 'Blue Carpet'), можжевельник горизонтальный 'Вилтони' (*Juniperus horizontalis* 'Wiltonii'), можжевельник казацкий 'Глаука' (*Juniperus sabina* 'Glauca'). Черенки заготавливались в летний период 2015 года (03.08.15 – 07.08.15). Данные сроки черенкования обусловлены тем, что в часто в питомниках ранневесенняя заготовка черенков невозможна по причине отсутствия качественного растительного материала, вследствие весенних ожогов маточных растений, и запланированного проведения второго тура черенкования.

В каждом варианте опыта отобралось по 100 черенков в трехкратной повторности. Черенки были взяты «с пяткой», укороченной перед замачиванием в растворе стимулятора. Перед высадкой в субстрат черенки погружались базальной частью в растворы стимуляторов на 24 часа. В качестве контроля применялась дистиллированная вода. В эксперименте использовались препараты, сертифицированные в РФ: «Корневин» (д. в. индолилмасляная кислота (5 г/кг), «Циркон» (гидроксикоричные кислоты:

хлорогеновая, цикориевая и кафтаровая, в концентрации 100 мг/л).

Работы по черенкованию проводились в летних теплицах, представляющих собой каркас из металлического оцинкованного профиля, покрытого сотовым поликарбонатом (6 мм). Туман создавался автоматической ирригационной системой, режим полива задавался и контролировался при помощи программатора Hunter PCC-901-E (США). Система подогрева субстрата (рис. 1) представляла собой конструкцию, состоящую из: нагревательного кабеля DEVI Deviflex DTIP-18 (Дания), датчика DEVI (+5/+45 °С), контролера DIN D-330 оцинкованной сварной сетки. На сетку с прикрепленным кабелем был уложен пятнадцатисантиметровый слой субстрата, представляющего собой смесь речного крупнозернистого песка и низинного торфа (2:1).

Влажность воздуха в теплице контролировалась при помощи психрометрического гигрометра ВИТ-2 и поддерживалась в пределах 80-95 %. Для измерения температуры субстрата применялись электронные термометры для твердых сред TP 3001 (-50 ... +300 °С), длина щупа 150 мм.

Выкопка черенков была проведена в октябре 2015 года. Укорененные черенки выкапывались, отмывались и отсортировывались на укоренившиеся и неукоренившиеся. У окорененных черенков измерялись все корни первого порядка, данные заносились в журнал с последующим вычислением общей длины корней.

Статистическая обработка данных проводилась с использованием специальных компьютерных программ для ПВМ: Excel 2010, Stadia 6.2, Statistica Trial 13.3.

Результаты исследований

В связи с тем, что черенкование проводилось во второй половине лета, но ночные значения температуры не опускались ниже 14-15 °С, температура субстрата после высадки черенков в ночные часы в теплице не опускалась ниже 17 °С. Использование подогрева позволило поддерживать температуру субстрата на уровне 25-30 °С. Анализ

динамики среднедневной температуры, фиксируемой в течение августа – первой половины сентября 2015 г. (рис. 1) в условиях теплицы на грядах с использованием подогрева и без него, показывает, что при помощи подогревающих элементов обеспечивались наиболее комфортные условия укоренения и роста растений, разница температур в среднем составляла 4-7 °С.

Градиент температур (отношение температуры субстрата к температуре воздуха) максимально приближается к единице в утренние и вечерние часы, когда солнечная энергия поступает в минимальном количестве. Величина указанного показателя положительно коррелирует с процессом укоренения. При анализе данных по укоренению рассматриваемых сортов можжевельников следует отметить, что у трех культур подогрев стимулирует процесс корнеобразования, количество укорененных черенков превышает контроль на 24-64 %.

Исключение составляет можжевельник горизонтальный 'Вилтони' (*Juniperus horizontalis* 'Wiltonii') (укоренение ниже контроля на 28 %). Действие стимуляторов без подогрева выражено не явно, расчет критерия Фишера установил отсутствие достоверных различий между выборочными дисперсиями контроль-корневин ($F = 0,61$, значимость 0,35), контроль-циркон ($F = 1,86$, значимость 0,31), корневин-циркон ($F = 3$, значимость 0,2). Использование подогрева и стимуляторов во всех вариантах превышает контроль, в случае с можжевельником казацким «Глаука», обработанным цирконом, практически в три раза. Расчет критерия соответствия (χ^2) (К. Пирсона) показывает различия средних значений укоренения всех опытных вариантов ($\chi^2_{\phi} = 10,79 - 13,56 > \chi^2_{0,05} = 7,81$) по сравнению с контролем.

Анализ данных замеров длины корней первого порядка и процента укоренения показывает, что подогрев субстрата стимулирует ризогенез большинства рассматриваемых сортов можжевельника.



Рис. 1. Процесс монтажа нагревательного кабеля и подготовки субстрата в грядках

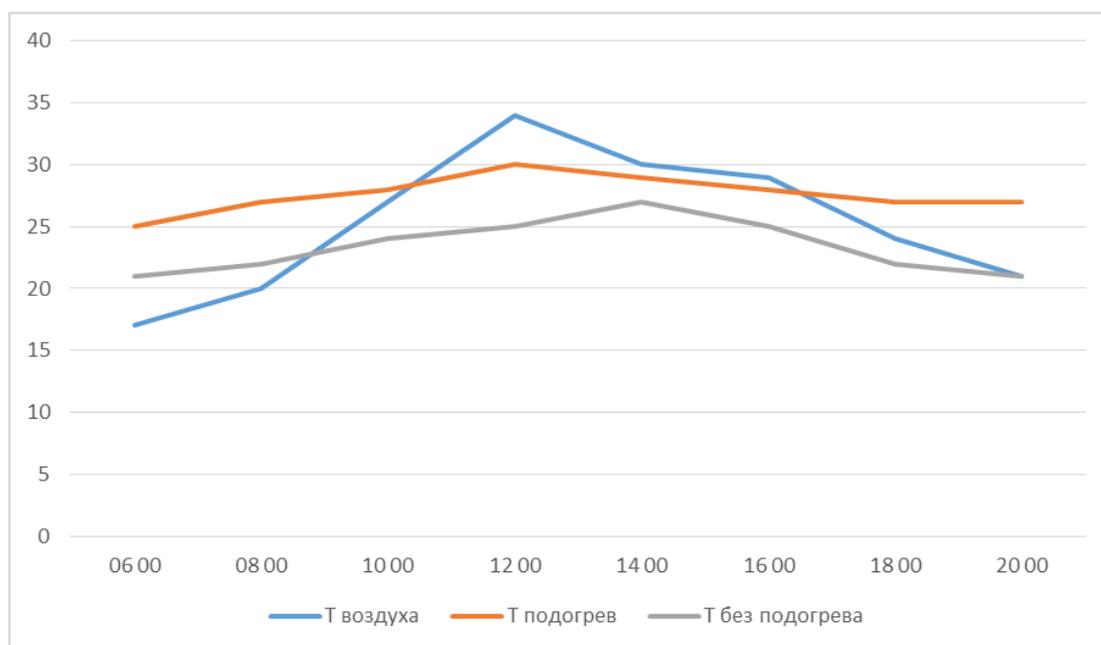


Рис. 2. Средняя дневная динамика температуры субстрата с использованием подогрева и в контроле

Среднее значение общей длины корней первого порядка при использовании подогрева достоверно отличается от контроля ($\chi^2_{\phi}=9,75-128,6 > \chi^2_{0,05}=7,83$). Аналогичная ситуация складывается при сравнении общей длины корней первого порядка ($\chi^2_{\phi}=49,7-134,6 > \chi^2_{0,05}=7,83$). В случае с можжевельником чешуйчатым 'Блю Карпет' стимулирующего эффекта не установлено, что, по-видимому, связано с сортовыми особенностями.

Для определения влияния совместного применения стимуляторов корнеобразования и подогрева субстрата был проведен двухфакторный дисперсионный анализ и рассчитан показатель силы влияния (η^2), показывающий долю влияния изучаемого фактора среди множества других.

Сила влияния на укоренение фактора А (БАВ) – $\eta^2 = 0,8 \%$, фактора В (подогрев субстрата) значительно выше – $\eta^2 = 24\%$. Совместное применение ФАВ и подогрева (фактор АВ) составляет 36 % от суммы воздействующих факторов. Полученные результаты показывают, что при черенковании различных сортов можже-вельников во второй половине вегетативного периода большое значение имеет высокая температура в зоне базальной части черенка, которая усиливает действие БАВ и стимулирует адвентивное корнеобразование. Низкие температуры субстрата ингибируют процесс ризогенеза и снижают эффективность применения стимуляторов корнеобразования.

Таблица 1

Укоренение и развитие корней черенков можжевельников при обработке стимуляторами ризогенеза и подогрева субстрата

Наименование	Общая длина корней I порядка			Средняя длина корней I порядка			Процент укоренения		
	контроль	корневин	Циркон	контроль	корневин	Циркон	контроль	корневин	Циркон
Можжевельник обыкновенный 'Хиберника' (<i>Juniperus communis</i> 'Hibernica')									
С подогревом	335	824	359	5,5±1,3	8,6±1,01	6,2±1,6	61	72	58
Без подогрева	214	324	296	3,3±1,2	6,0±1,7	5,2±1,1	48	44	31
Можжевельник чешуйчатый 'Блю Карпет' (<i>Juniperus squamata</i> 'Blue Carpet')									
С подогревом	151	87	93	6,4±1,2	5,3±1	6,7±1,1	96	98	97
Без подогрева	123	44	100	6,8±1,3	4,8±1,4	4,2±0,9	62	65	51
Можжевельник горизонтальный 'Вилтони' (<i>Juniperus horizontalis</i> 'Wiltonii')									
С подогревом	80	56	48	10,7±1,9	6,0±1,1	7,3±1,2	49	64	98
Без подогрева	50	107	50	6,9±1,7	7,50±1,2	5,5±0,9	63	68	62
Можжевельник казацкий 'Глаука' (<i>Juniperus sabina</i> 'Glauca')									
С подогревом	132	111	294	11,8±1,9	13,8±2,2	9,3±1,5	41	47	74
Без подогрева	58	24	123	5,1±1,2	7,7±1,4	9±1,4	25	19	52

Выводы

1. Совместное применение подогрева субстрата и БАВ при поздних сроках черенкования можжевельников достоверно стимулируют укоренение (в 1,5-3 раза относительно контроля).

2. Использование подогрева при укоренении можжевельника чешуйчатого 'Блю Карпет' (*Juniperus squamata* 'Blue Carpet') оказалось наиболее эффективным, воздействие стимуляторов и повышенной температуры увеличивает процент укорененных черенков на 50-90 %.

3. Синергический эффект применения ростовых веществ и подогрева повышает интенсивность корнеобразования, увеличивая протяженность корневой системы и среднюю длину корней первого порядка укорененных черенков.

4. Положительная ответная реакция на использование стимуляторов установлена у можжевельников 'Хиберника' *Juniperus communis* 'Hibernica' и *Juniperus communis* 'Glausa', которая выразилась в формировании большей протяженности корневой системы по сравнению с контролем.

5. Использование Корневина и подогрева в 4 раза увеличивают длину корней первого порядка.

6. Стимулятор корнеобразования «Циркон» в сумме с высокими температурами субстрата продемонстрировал положительный эффект при укоренении черенков всех рассматриваемых сортов можжевельников.

Библиографический список

1. Аладина, О. Н. Новые элементы в технологии размножения садовых растений зелеными черенками / О. Н. Аладина // Сб. докл. V ежегодной конференции Ассоциации Производителей Посадочного Материала. – М.: АППМ, 2012. – С. 51-58.
2. Боровков, В. В. Размножение растений методом укоренения зеленых черенков в условиях искусственного тумана в ООО «Садовый питомник Кутепова» / В. В. Боровков, И. А. Цибулевский, Б. В. Гончаров // Сб. докл. VI ежегодной конференции Ассоциации Производителей Посадочного Материала «Российские питомники: перспективы роста». – М.: АППМ, 2013. – С. 55-64.
3. Докучаева, М. И. Вегетативное размножение хвойных пород / М. И. Докучаева. – М. : Лесн. пром-сть, 1967. – 105 с.
4. Ермаков, Б. С. Выращивание саженцев методом черенкования / Б. С. Ермаков. – М. : Лесн. пром-сть, 1975. – 152 с.
5. Панюшкина, Н. В. Стимуляция корнеобразования перспективных интродуцентов / Н. В. Панюшкина, М. А. Карасева // Актуальные проблемы лесного комплекса : сб. науч. тр. по итогам междунар. науч.-техн. конференции. – 2007. – Вып. 17. – С. 62-67.
6. Поликарпова, Ф. Я. Размножение плодовых и ягодных культур зелеными черенками / Ф. Я. Поликарпова. – М. : Агропромиздат, 1990. – 96 с.
7. Сиволапов, А. И. Тополь сереющий: генетика, селекция, размножение / А. И. Сиволапов. – Воронеж, 2005. – 157 с.
8. Тарасенко, М. Т. Размножение растений зелеными черенками / М. Т. Тарасенко. – М. : Колос, 1967. – 352 с.
9. Турецкая, Р. Х. Инструкция по применению стимуляторов роста при вегетативном размножении растений / Р. Х. Турецкая. – М. : Изд-во Академии наук, 1963. – 70 с.
10. Цепляев, А. Н. Комплексное применение стимуляторов корнеобразования и системы подогрева субстрата при укоренении хвойных интродуцентов в условиях подогрева субстрата при укоренении хвойных интродуцентов в условиях производственного питомника / А. Н. Цепляев // Вестник ИРГСХА. – 2011. – № 44-5. – С. 130-132.

11. Цепляев, А. Н. Применение стимуляторов корнеобразования и подогрева субстрата при укоренении перспективных интродуцентов в условиях ЦЧР / А. Н. Цепляев // *Ландшафтная архитектура в ботанических садах и дендропарках* : VI Междунар. науч. конференция. Ялта, 27-30 мая 2014 г. – Ялта, 2014. – С. 96-100.
12. MacDonald, B. *Practical woody plant propagation for nursery growers* / B. MacDonald. – Timber Press, Portland, Oregon, 1989. – 669 p.
13. Pacholczak, A. The effect of stock plant shading on rhizogenesis in stem cuttings of cornus alba l. cultivars / A. Pacholczak, W. Szydlo // *Propagation of Ornamental Plants*. – 2010. – Vol. 10. – № 1. – P. 37-41.
14. Spethmann, W. *Die Baumschule: ein praktisches Handbuch für Anzucht, Vermehrung, Kultur und Absatz der Baumschulpflanzen* / W. Spethmann. – Berlin : Parey Buchverlag, 1997. – 982 p.
15. Spethmann, W. *Herkunftsforchung bei Straucharten – Beispiele zeigen Unterschiede* / W. Spethmann // *Deutsche Baumschule*. – 2003. – 55 (3) – P. 28-29.

References

1. Aladina O. N. *Novie element v tehnologii razmnozeniya sadovyh rasteniy zelenymi cherenkami* [New elements in the technology of propagation of garden plants with green cuttings]. *Sbornik докладов V ezhegodnoy konferencii Associacii Proizvoditeley Posadocnogo Materiala* [Collection of reports of the V Annual Conference of the Association of Planting Material Producers]. Moscow, 2012, pp. 51-58 (in Russian).
2. Borovkov V. V. *Razmnojenie rasteniy metodom ukoreneniya zelenyh cherenkov v usloviyah isskustvennogo tumana v OOO «Sadoviy pitomnik Kutepovo»* [Plant reproduction by rooting of green cuttings in artificial fog conditions in Kutepovo Garden Nursery LLC.]. *Sbornik докладов VI ezhegodnoy konferencii Associacii Proizvoditeley Posadocnogo Materiala «Rossiyskie pitomniki: perspektivy rosta»* [Collection of reports of the VI annual conference of the Association of Planting Material Producers "Russian nurseries: growth prospects"]. Moscow, 2013, pp. 55-64. (in Russian).
3. Dokuchaeva M. I. *Vegetativnoe pazmnojenie hvoynih porod* [Vegetative reproduction of conifers]. Moscow, 1967, 105 p. (in Russian).
4. Ermakov B. S. *Vyraschivanie sazencev metodom cherenkovaniy* [Growing seedlings by cutting]. Moscow, 1975, 152 p. (in Russian).
5. Panyushkina N. V., Karaseva M. A. *Stimulyacia korneobrazovaniya perspektivnyh introducentov* [Stimulation of rooting of promising introductions]. *Sbornik nauchnyh trudov po itogam mezhdunarodnoy nauchno-tehnicheskoy konferencii «Aktualnye problem lesnogo kompleksa»* [Collection of scientific papers on the basis of the international scientific-technical conference "Actual problems of the forest complex"]. Bryansk, 2007, Issue 17, pp. 62-67 (in Russian).
6. Polikarpova F. Ya. *Razmnozenie plodovyh i yagodnyh kultur zelenymy cherenkami* [Reproduction of fruit and berry crops with green cuttings]. Moscow, 1990, 96 p. (in Russian).
7. Sivolapov A. I. *Topol sereuschiy: genetika, selekcia, pazmnojenie* [Graywood: genetics, selection, reproduction]. Voronezh, 2005, 157 p. (in Russian).
8. Tarasenko M. T. *Razmnozenie rasteniy zelenymi cherenkami* [Reproduction of plants with green cuttings]. Moscow, 1967, 352 p. (in Russian).
9. Tureckaya R. Kh. *Instrukciya po primeneniю stimulyatorov rosta pri vegetativnom razmnozenii pasteniy* [Instructions for the use of growth stimulants in vegetative propagation of plants]. Moscow, 1963, 70 p. (in Russian).
10. Tseplyaev A. N. *Kompleksnoe primeneniye stimulyatorov korneobrazovaniya i sistemy podogreva substrata pri ukorenenii hvoynyh introducentov v usloviyah proizvodstvennogo pitomnika* [Integrated application of root formation stimulants and the system for heating the substrate when rooting coniferous introducents in conditions of heating the substrate when rooting coniferous aliens in a production nursery]. *Vestnik IrGSHA* [Bulletin of the Institute of State Property and Economy]. Irkutsk, 2011. № 44-5, pp. 130-132 (in Russian).

11. Tseplyaev A. N. *Primenenie stimulyatorov korneobrazovaniya i podogreva substrata pri ukorenanii perspektivnykh introducentov v usloviyah CCHR* [The use of stimulants for root formation and substrate heating during the rooting of promising introducents in conditions of CCA]. *VI Mezhdunarodnaya nauchnaya konferenciya «Landschaftnaya arhitektura v botanicheskikh sadah i dendroparkah»* [VI International Scientific Conference "Landscape Architecture in Botanical Gardens and Arboretums"]. Yalta, 2014, pp. 96-100 (in Russian).
12. MacDonald B. Practical woody plant propagation for nursery growers. Timber Press, Portland, Oregon, 1989, 669 p.
13. Pacholczak A., Szydlo W. The effect of stock plant shading on rhizogenesis in stem cuttings of cornus alba l. cultivars. *Propagation of Ornamental Plants*, 2010, Vol. 10, № 1, p. 37-41.
14. Spethmann W. Die Baumschule: ein praktisches Handbuch für Anzucht, Vermehrung, Kultur und Absatz der Baumschulpflanzen. Berlin, Parey Buchverlag, 1997, 982 p.
15. Spethmann W. Herkunftsforschung bei Straucharten – Beispiele zeigen Unterschiede. *Deutsche Baumschule*. 2003, 55 (3), p. 28-29.

Сведения об авторах

Цепляев Алексей Николаевич – кандидат сельскохозяйственных наук, докторант кафедры лесных культур, селекции и лесомелиорации ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова», г. Воронеж, Российская Федерация; e-mail: abies@mail.ru.

Трещевская Элла Игоревна – профессор кафедры лесных культур, селекции и лесомелиорации ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова», доктор сельскохозяйственных наук, доцент, г. Воронеж, Российская Федерация; e-mail: lesomel@yandex.ru.

Information about authors

Tseplyaev Alexey Nikolaevich – PhD in Agriculture, doctoral candidate of the Department of Forest Crops, Selection and Forest, FSBEI HE «Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov», Voronezh, Russian Federation; e-mail: abies@mail.ru.

Treshchevskaya Ella Igorevna – Associate Professor of Forest Crops, Selection and Afforestation Department of FSBEI HE «Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov», PhD in Agriculture, Associate Professor, Voronezh, Russian Federation; e-mail: lesomel@yandex.ru.