

УДК 631.535

DOI: 10.17238/issn0536-1036.2018.3.28

КОРРЕЛЯЦИЯ ПОКАЗАТЕЛЕЙ КОРНЕОБРАЗОВАНИЯ И ПОСТРЕГЕНЕРАЦИОННОГО РАЗВИТИЯ ЧЕРЕНКОВ ЕЛИ ЕВРОПЕЙСКОЙ (*PICEA ABIES* (L.) H. KARST.)****А.В. Кулькова, аспирант***

Нижегородская государственная сельскохозяйственная академия, просп. Гагарина, д. 97, г. Нижний Новгород, Россия, 603107; kulkova12@gmail.com

Исследована зависимость между корнеобразованием и пострегенерационным развитием корневых систем и надземной части однолетних черенков ели европейской. Укоренение проведено в субстратах с разными водно-физическими свойствами (агроперлит, вермикулит, речной песок). Установлена изменчивость анализируемых признаков, которая в отношении линейных параметров черенков отнесена к низкому и среднему уровню шкалы Мамаева. Варьирование значений каллюсогенеза соответствовало очень высокому уровню той же шкалы. Наличие изменчивости признаков обусловило потребность и целесообразность определения характера взаимосвязи их варьирования. Формой исследования выбран корреляционный и регрессионный анализ, выполненный по традиционным методическим схемам. Зафиксирована корреляционная зависимость между показателями регенерационных процессов, происходящих при укоренении черенков, и последующего их развития. Количественные оценки парных коэффициентов корреляции Пирсона позволили выразить тесноту связи в качественных категориях шкалы Чеддока. Связь между линейными параметрами черенков определена как положительная сильная. Достоверная положительная связь, оцениваемая как умеренная, отмечена между интенсивностью каллюсогенеза и процентом укоренившихся черенков. Зависимость изменений одного показателя регенерационной способности черенков от характера варьирования другого адекватно описывают уравнения прямой линии. Высота надземной части укорененных черенков связана с их диаметром ($R^2 = 0,521$) и мало зависит от значений других анализируемых признаков ($R^2 < 0,055$). Укореняемость черенков связана с суммарным текущим приростом побегов в длину ($R^2 = 0,378$). Интенсивность образования каллюса оказалась весьма индифферентной по отношению к другим рассматриваемым признакам.

Ключевые слова: ель европейская, черенки, укоренение, субстрат, перлит, вермикулит, речной песок, корреляция, регрессия.

Введение

Переход к устойчивому управлению выступает главным направлением развития мирового лесного хозяйства. Этот вектор был задан XI и XII всемирными лесными конгрессами, определившими особую значимость план-

*Статья подготовлена по материалам международного симпозиума «Лесное хозяйство: интеграция и вклад в развитие сельских территорий» (15–16 мая 2018 г., г. Нижний Новгород).

Работа выполнена под руководством д-ра с.-х. наук Н.Н. Бессчетновой и д-ра биол. наук В.П. Бессчетнова.

Для цитирования: Кулькова А.В. Корреляция показателей корнеобразования и пострегенерационного развития черенков ели европейской (*Picea abies* (L.) H. Karst.) // Лесн. журн. 2018. № 3. С. 28–36. (Изв. высш. учеб. заведений). DOI: 10.17238/issn0536-1036.2018.3.28

тационного лесоводства как формы эффективного использования одного из важнейших природных ресурсов – леса. В контексте указанных стратегий лесное хозяйство Российской Федерации ориентировано на непрерывное и неистощительное лесопользование, что последовательно отражается в директивных отраслевых материалах, определено государственными программными документами. Научно обоснованное воспроизводство лесов в России на текущий момент весьма актуально, о чем свидетельствует активное создание селекционных лесосеменных центров во многих регионах страны. Особое значение эффективного лесовосстановления обозначилось в связи с чрезвычайной лесопожарной обстановкой, сложившейся в 2010 г. в нашей стране, и в Нижегородской области в том числе, и возникшей вследствие этого необходимостью создания искусственных насаждений. Объемы подобных работ в Нижегородской области значительны: площадь лесных культур всех типов, назначений и конструкций – более 0,5 млн га, или около 1/5 всех ее лесов. Лесные культуры хвойных (в числе которых значительную долю занимает ель) в регионе проектируются на 80...90 % хвойных и на 5...10 % мягколиственных вырубках, что обуславливает устойчивый спрос на высококачественный посадочный материал.

Являясь одной из главных пород на территории Российской Федерации, ель европейская (*Picea abies* (L.) Н. Karst.) широко представлена в составе естественных и искусственных насаждений многих европейских стран [8, 10, 13]. Она активно вовлекается в ассортимент плантаций разного целевого назначения, включается в структуры защитных насаждений различной конструкции, городские озеленительные посадки, где с успехом выполняет декоративно-эстетические и санитарно-гигиенические функции. Уникальное сочетание полезных признаков и свойств ели европейской обуславливает ее непрерывное изучение как у нас в стране [3, 6, 7], так и за рубежом [9, 11, 12]. Важную роль ель европейская играет в составе лесов Среднего Поволжья, в связи с чем интерес к ней со стороны лесоводов Нижегородской области не ослабевает [1–4].

Цель исследования – выявление факта наличия и определение степени проявления корреляций и регрессии между показателями корнеобразования и пострегенерационного развития корневых систем и надземной части однолетних черенков ели европейской при укоренении в различных субстратах.

Объекты и методы исследования

Объектом изучения выступали однолетние черенки, заготовленные в состоянии покоя с деревьев ели европейской, произрастающих на территории дендропарка Нижегородской ГСХА.

Методологическую основу исследования составили общепризнанные представления о принципах единственного логического различия, пригодности и целесообразности опыта. Элиминация эффекта фонового влияния пестроты экологических условий на возможное проявление неоднородности материала предусматривала включение в схему опыта только тех учетных деревьев, которые произрастали на одинаковых по своим характеристикам почвах в пределах одного участка. Подавление дифференцирующего влияния фактора времени, вызывающего хронографическую изменчивость, достигалось одновременной заготовкой черенков с одновозрастных деревьев и последующим одновременным выполнением всех операций, связанных с установкой черенков

в вегетационные сооружения. Местом заготовки черенков был определен периферийный участок среднего яруса хорошо освещенной части кроны. В апреле 2016 г. было заготовлено по 20 типичных однолетних побегов с 15 учетных деревьев. Всего протестировано 300 образцов.

В целях соблюдения принципа единственного логического различия все черенки получали одинаковую стимулирующую обработку, а их последующее выращивание в летней неотапливаемой теплице происходило с едиными схемами размещения, глубиной заделки, режимами освещения и орошения. Черенки устанавливали в раствор β -индолилуксусной кислоты (гетероауксин) на 24 ч, а затем фиксировали в субстрат (рис. 1).



Рис. 1. Типичные однолетние побеги ели европейской, установленные на укоренение в различные субстраты: а – агроперлит; б – вермикулит; в – речной песок

Использовали двухслойный субстрат с разделением слоев нетканым иглопробивным агротекстилем «Дорнит» (плотность – 150 г/м²). Нижний дренажный слой состоял из известкового щебня крупной фракции, верхний – из крупнозернистого речного песка, агроперлита М-150 или вермикулита ВВФ-0,5 (фракции 0,16...0,63 мм). Укоренение проводили в теплице с покрытием из прозрачного сотового поликарбоната толщиной 8 мм. Теплица оснащена оросительной системой с мелкодисперсным распылением воды.

Первичной единицей выборки был принят разовый учет значений каждого из анализируемых в опыте показателей, что соответствует существующим взглядам на указанные методические аспекты. Математическая обработка первичной лесоводственной информации осуществлена в электронных таблицах Excel с привлечением общепринятых методов статистического, корреляционного и регрессионного анализов [5].

Результаты исследования и их обсуждение

Сравнительные испытания однотипных черенков ели европейской (рис. 2) при их укоренении в разных субстратах выявили заметную изменчивость анализируемых показателей.

В частности, варьирование высоты надземной части, составившее в разных вариантах от 16,22 (вермикулит) до 17,35 % (агроперлит), соответствовало среднему уровню по шкале Мамаева. Изменчивость диаметра в зоне корнеобразования менее выражена: от 8,45 (речной песок) до 10,75 % (агроперлит), что позволило отнести ее к низкому уровню той же шкалы. Весьма стабильной была укореняемость черенков: от 5,78 (вермикулит) до 12,68 % (речной песок). Это дало основание оценить ее изменчивость как низкую и очень низкую. Наиболее лабильной оказалась интенсивность образования каллуса: оценки изменчивости принимали значения от 54,89 (вермикулит) до 60,17 % (речной песок) и достигали очень высокого уровня.

Зафиксированная изменчивость всех исследуемых признаков и установленная статистическая достоверность полученных результатов предопределили возможность и целесообразность выполнения анализа тесноты связи признаков. Результаты вычисления парных коэффициентов корреляции Пирсона представлены в табл. 1.



Рис. 2. Укорененный черенок ели европейской

Таблица 1

Оценка тесноты связи показателей корнеобразования и пострегенерационного развития черенков ели европейской

Показатель	Признак					
	1	2	3	4	5	6
<i>Признак 1 – высота надземной части</i>						
r	1,000	0,722	0,230	0,101	0,131	0,195
$\pm m_r$	0,000	0,043	0,061	0,062	0,062	0,061
t_r	99(9)	16,759	3,789	1,637	2,121	3,198
<i>Признак 2 – диаметр в зоне корнеобразования</i>						
r	0,722	1,000	0,222	0,037	0,114	0,249
$\pm m_r$	0,043	0,000	0,061	0,062	0,062	0,060
t_r	16,759	99(9)	3,657	0,599	1,842	4,128
<i>Признак 3 – интенсивность образования каллюса</i>						
r	0,230	0,222	1,000	0,501	0,513	0,427
$\pm m_r$	0,061	0,061	0,000	0,054	0,053	0,056
t_r	3,789	3,657	99(9)	9,308	9,594	7,578
<i>Признак 4 – длина осевого корня</i>						
r	0,101	0,037	0,501	1,000	0,153	-0,140
$\pm m_r$	0,087	0,088	0,076	0,000	0,087	0,087
t_r	1,162	0,425	6,607	99(9)	1,763	1,607
<i>Признак 5 – суммарный текущий прирост побегов в длину</i>						
r	0,131	0,114	0,513	0,153	1,000	-0,615
$\pm m_r$	0,067	0,067	0,058	0,067	0,000	0,054
t_r	1,945	1,689	8,799	2,278	99(9)	11,480
<i>Признак 6 – укореняемость черенков</i>						
r	0,195	0,249	0,427	-0,140	-0,615	1,000
$\pm m_r$	0,106	0,104	0,098	0,107	0,085	0,000
t_r	1,846	2,383	4,375	1,307	7,227	99(9)

Примечания. 1. Обозначения показателей: r – парный коэффициент корреляции Пирсона; $\pm m_r$ – ошибка коэффициента корреляции; t_r – опытное значение критерия Стьюдента для коэффициента корреляции. 2. Табличное значение критерия Стьюдента при 5 %-м уровне значимости $t_{05} = 1,96$.

Перевод количественных значений коэффициента корреляции в качественные показатели тесноты связи, выполненный по шкале Чеддока, позволил признать связь для высоты надземной части и диаметра в зоне корнеобразования как положительную высокую ($0,722 \pm 0,043$) при достоверных оценках ($t_r = 16,759$ при $t_{05} = 1,96$). Интенсивность образования каллюса обнаружила положительную связь с длиной сформированного осевого корня ($0,501 \pm 0,076$) и она может быть оценена как заметная и достоверная ($t_r = 6,607$ при $t_{05} = 1,96$). С интенсивностью каллюсообразования столь же тесно связан суммарный текущий прирост побегов в длину ($0,513 \pm 0,058$), а достоверность связи подтверждена оценками критерия достоверности коэффициента корреляции ($t_r = 8,799$ при $t_{05} = 1,96$). Теснота связи между варьирующими значениями интенсивности каллюсообразования и укореняемости также признана положительной и оценивается как умеренная ($0,427 \pm 0,098$) при убедительно подтвержденной достоверности ($t_r = 4,375$ при $t_{05} = 1,96$). Притом, что в подавляющем большинстве парных сравнений связь была положительно направленной, в двух случаях она оказалась отрицательной. В частности, такую направленность корреляций имела связь укореняемости с длиной осевого корня ($-0,140 \pm 0,107$) и суммарным текущим осевым приростом побегов ($-0,615 \pm 0,085$). В последнем случае теснота связи достоверна и по шкале Чеддока оценивается как заметная. Установленная по итогам корреляционного анализа зависимость была представлена уравнениями прямой линии, полученными в ходе парного регрессионного анализа (табл. 2).

Невысокие в большинстве своем значения коэффициентов корреляции (см. табл. 1) определили достаточно низкий уровень коэффициентов детерминации в парном регрессионном анализе взаимозависимости процессов укоренения черенков и их последующего развития (табл. 2). Уравнения прямой линии, которые удалось построить по результатам регрессионного анализа, в целом адекватно описывают зависимость изменения одного показателя регенерационной способности черенков ели от характера варьирования другого (табл. 2). Высота надземной части достаточно заметно связана с показателями диаметра: $y = 4,949x - 1,979$ ($R^2 = 0,521$), но слабо зависит от проявления других анализируемых признаков ($R^2 < 0,055$).

Этому соответствует результат анализа диаметра в зоне корнеобразования: его связь с высотой надземной части определена как $y = 0,105x + 1,046$ ($R^2 = 0,521$), при этом коэффициенты детерминации по остальным вариантам значительно ниже ($R^2 < 0,050$). Интенсивность образования каллюса оказалась весьма индифферентной по отношению к другим рассматриваемым признакам ($R^2 < 0,55$), и только в случае регрессии по укореняемости зафиксирован некоторый рост оценок коэффициента детерминации ($R^2 = 0,182$). Укореняемость черенков в наибольшей мере связана с суммарным текущим приростом побегов в длину: $y = -11,075x + 93,928$ ($R^2 = 0,378$). Укореняемость черенков имеет достоверную положительную связь, хотя и намного меньшую, с интенсивностью образования каллюса: $y = 0,680x + 9,687$ ($R^2 = 0,182$).

Таблица 2

**Взаимозависимость варьирования показателей укоренения
и последующего развития черенков ели европейской**

При- знак	Уравнение связи	R ²	t-статистика коэффициентов		Критерий Фишера	
			a	b	F _{оп}	F ₀₅
<i>Признак 1 – высота надземной части</i>						
2	$y = 4,949x - 1,979$	0,521	31,353	-7,135	983,004	1E-146
3	$y = 0,008x + 6,227$	0,053	7,089	84,538	50,248	2,7E-12
4	$y = 0,072x + 6,236$	0,023	1,025	14,142	1,051	0,31086
5	$y = -0,047x + 6,870$	0,002	-0,274	9,940	0,075	0,78503
6	$y = 0,012x + 6,081$	0,038	1,321	13,189	1,744	0,19342
<i>Признак 2 – диаметр в зоне корнеобразования</i>						
1	$y = 0,105x + 1,046$	0,521	31,353	45,977	983,004	1E-146
3	$y = 0,001x + 1,686$	0,049	6,841	156,613	46,803	1,4E-11
4	$y = -0,001x + 1,757$	0,001	-0,169	43,107	0,029	0,86630
5	$y = -0,009x + 1,787$	0,008	-0,592	28,389	0,350	0,55698
6	$y = 0,001x + 1,680$	0,062	1,705	40,388	2,907	0,09527
<i>Признак 3 – интенсивность образования каллюса</i>						
1	$y = 6,736x + 12,995$	0,053	7,089	2,018	50,248	2,7E-12
2	$y = 44,645x - 20,129$	0,049	6,841	-1,755	46,803	1,4E-11
4	$y = 0,610x + 54,249$	0,016	0,859	12,231	0,738	0,39482
5	$y = -1,227x + 62,965$	0,012	-0,725	9,136	0,525	0,47246
6	$y = 0,268x + 44,849$	0,182	3,130	10,525	9,795	0,00310
<i>Признак 4 – длина осевого корня</i>						
1	$y = 0,322x + 3,996$	0,023	1,025	1,897	1,051	0,31086
2	$y = -0,589x + 7,179$	0,001	-0,169	1,179	0,029	0,8663
3	$y = 0,027x + 4,580$	0,006	0,859	2,500	0,738	0,39482
5	$y = 0,308x + 4,904$	0,017	0,865	3,390	0,749	0,39154
6	$y = -0,018x + 7,054$	0,019	-0,935	7,184	0,875	0,35481
<i>Признак 5 – суммарный текущий осевой прирост побегов</i>						
1	$y = -0,037x + 4,228$	0,002	-0,274	4,791	0,075	0,78503
2	$y = -0,863x + 5,553$	0,008	-0,592	2,176	0,350	0,55698
3	$y = -0,010x + 4,601$	0,011	-0,725	5,958	0,525	0,47246
4	$y = 0,054x + 3,709$	0,017	0,865	9,452	0,749	0,39154
6	$y = -0,034x + 5,720$	0,378	-5,169	17,395	26,722	5,5E-06
<i>Признак 6 – укореняемость</i>						
1	$y = 3,120x + 28,296$	0,038	1,321	1,787	1,744	0,19342
2	$y = 43,536x - 27,044$	0,062	1,705	-0,605	2,907	0,09527
3	$y = 0,680x + 9,687$	0,182	3,130	0,765	9,795	0,00310
4	$y = -1,058x + 55,646$	0,019	-0,935	7,882	0,875	0,35481
5	$y = -11,075x + 93,928$	0,378	-5,169	10,774	26,722	5,5E-06

Примечание. R² – достоверность аппроксимации; a – коэффициент при аргументе уравнения; b – свободный член уравнения; t-статистика – расчетное значение критерия Стьюдента для оценки статистической надежности коэффициентов уравнения при t₀₅ = 1,96; F_{оп} и F₀₅ – опытное и табличное значения критерия Фишера.

Следует отметить, что коэффициенты при аргументе и свободные члены уравнений чаще были достоверными: их расчетные t-статистики превосходили критический порог на 5 %-м уровне значимости. Существенность установленной

связи в полученных уравнениях зависимости между характеристиками процессов укоренения и последующего развития черенков подтверждена опытными критериями Фишера: в большинстве случаев они превышают соответствующие критические значения.

Заключение

Показатели корнеобразования и последующего развития однолетних одревесневших черенков ели европейской при их укоренении в различных по водно-физическим свойствам субстратах переменны. Более изменчивы линейные параметры укоренившихся черенков, менее стабильны оценки интенсивности образования каллюса на них. Существует высокая корреляционная зависимость линейных параметров надземной части укоренившихся черенков между собой. Их укореняемость в большей мере зависит от интенсивности каллюсогенеза и мало связана с другими характеристиками.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бессчетнов В.П., Бессчетнова Н.Н. Образование и лигнификация ксилемы плюсовых деревьев сосны обыкновенной // Лесн. журн. 2013. № 2. С. 45–52. (Изв. высш. учеб. заведений).
2. Бессчетнова Н.Н. Содержание жиров в клетках побегов плюсовых деревьев сосны обыкновенной // Лесн. журн. 2012. № 4. С. 48–55. (Изв. высш. учеб. заведений).
3. Бессчетнова Н.Н., Бессчетнов В.П., Кулькова А.В., Мишукова И.В. Содержание крахмала в тканях побегов разных видов ели (*Picea A. Dietr.*) в условиях интродукции // Лесн. журн. 2017. № 4. С. 57–68. (Изв. высш. учеб. заведений).
4. Бессчетнова Н.Н., Кулькова А.В. Сравнительная оценка представителей рода ель (*Picea L.*) по содержанию жиров в тканях годичных побегов // Научные и инновационные разработки молодых ученых-аграриев: сб. тр. молодых ученых ФГБОУ ВПО «Нижегородская ГСХА» за 2014–2015 гг. Н. Новгород: Нижегород. ГСХА, 2015. С. 53–58.
5. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). 5-е изд., доп. и перераб. М.: Агропромиздат, 1985. 351 с.
6. Падутов В.Е., Сидор А.И., Каган Д.И., Ковалевич О.А., О.А. Верас О.А. Изменчивость гаплотипов цитоплазматической ДНК ели европейской в географических культурах // Сиб. лесн. журн. 2014. № 4. С. 64–68.
7. Ташев А.Н., Седельникова Т.С., Пименов А.В. Число хромосом и хромосомные перестройки у ели обыкновенной *Picea abies* (L.) H. Karst. в лесах Рило-Родопского горного массива Болгарии // Сиб. лесн. журн. 2015. № 5. С. 77–86.
8. Alexandrov A. Structure of the Populations and Growth of the Progeny of Representative Populations of *Picea abies* (L.) Karsten in the Rila Mountain. Sofia: PENSOFT Publishers, 2006. Pp. 55–60, 190–191.
9. Chrimes D., Lundqvist L., Atlegrim O. *Picea abies* Sapling Height Growth after Cutting *Vaccinium myrtillus* in an Uneven-Aged Forest in Northern Sweden // Forestry. 2004. Vol. 77, iss. 1. Pp. 61–66.
10. Gryc V., Vavrčik H., Horn K. Density of Juvenile and Mature Wood of Selected Coniferous Species // Journal of Forest Science. 2011. Vol. 57, iss. 3. Pp. 123–130.
11. Konôpka B., Pajtik J., Šebeň V., Lukac M. Belowground Biomass Functions and Expansion Factors in High Elevation Norway Spruce // Forestry. 2011. Vol. 84, iss. 1. Pp. 41–48.
12. Ulvcróna T., Lindberg H., Bergsten U. Impregnation of Norway Spruce (*Picea abies* (L.) Karst.) Wood by Hydrophobic Oil and Dispersion Patterns in Different Tissues // Forestry. 2006. Vol. 79, iss. 1. Pp. 123–134.

13. Zenner E.K., Peck J.E., Lähde E., Laiho O. Decomposing Small-Scale Structural Complexity in Even- and Uneven-Sized Norway Spruce-Dominated Forests in Southern Finland // *Forestry*. 2012. Vol. 85, iss. 1. Pp. 41–49.

Поступила 06.03.18

UDC 631.535

DOI: 10.17238/issn0536-1036.2018.3.28

Correlation of Indices of Root Formation and Post-Regeneration Development of Cuttings of Norway Spruce (*Picea abies* (L.) H. Karst.)

A.V. Kul'kova, Postgraduate Student

Nizhny Novgorod State Agricultural Academy, pr. Gagarina, 97, Nizhny Novgorod, 603107, Russian Federation; e-mail: kulkova12@gmail.com

The paper presents the relationship between root formation and post-regeneration development of root systems and the overground part of annual cuttings of Norway spruce. Rooting was carried out in substrates with different water and physical properties (perlite, vermiculite, river sand). The variability of the analyzed characteristics is established, which is referred to the low and medium level of the Mamaev scale with respect to the linear parameters of cuttings. Varying the callusogenesis values corresponds to a very high level of the same scale. The variability of characteristics stipulates the need and expediency of determining the nature of the relationship between their variations. The correlation and regression analysis performed according to traditional methodological schemes is chosen as the form of the study. The correlation between the indices of regenerative processes occurring during the rooting of cuttings and their further development is established. Quantitative evaluations of Pearson pair correlation coefficients allows expressing the correlation ratio in the qualitative categories of the Chaddock scale. The relationship between the linear parameters of cuttings is defined as a positive strong one. A reliable positive correlation, assessed as moderate, is observed between the intensity of callusogenesis and the percentage of rooted cuttings. The dependence of changes in one index of the regenerative capacity of cuttings on the nature of variation of another one is adequately described by the equation of a straight line. The height of the aerial part of the rooted cuttings is associated with their diameter ($R^2 = 0.521$), and depends little on the values of the other analyzed characteristics ($R^2 < 0.055$). The rooting ability of cuttings is related to the total current increment of shoots in length ($R^2 = 0.378$). The intensity of callus formation is very indifferent to other characteristics under consideration.

Keywords: Norway spruce, cutting, rooting, substrate, perlite, vermiculite, river sand, correlation, regression.

REFERENCES

1. Besschetnov V.P., Besschetnova N.N. Obrazovanie i lignifikatsiya ksilemy plusovykh derev'ev sosny obyknovennoy [Formation and Lignification of Xylem of Scotch Pine Elite Trees]. *Lesnoy zhurnal* [Forestry journal], 2013, no. 2, pp. 45–52.
2. Besschetnova N.N. Soderzhanie zhirov v kletkakh pobegov plusovykh derev'ev sosny obyknovennoy [Fat Content in Shoot Cells of Scotch Pine Elite Trees]. *Lesnoy zhurnal* [Forestry journal], 2012, no. 4, pp. 48–55.

For citation: Kul'kova A.V. Correlation of Indices of Root Formation and Post-Regeneration Development of Cuttings of Norway Spruce (*Picea abies* (L.) H. Karst.). *Lesnoy zhurnal* [Forestry journal], 2018, no. 3, pp. 28–36. DOI: 10.17238/issn0536-1036.2018.3.28

3. Besschetnova N.N., Besschetnov V.P., Kul'kova A.V., Mishukova I.V. Soderzhanie krakhmala v tkanyakh pobegov raznykh vidov eli (*Picea* A. Dietr.) v usloviyakh introduktsii [Starch Content in Shoot Tissues of Different Spruce Species (*Picea* A. Dietr.) in Introduction]. *Lesnoy zhurnal* [Forestry journal], 2017, no. 4, pp. 57–68.

4. Besschetnova N.N., Kul'kova A.V. Sravnitel'naya otsenka predstaviteley roda el' (*Picea* L.) po sodержaniyu zhirov v tkanyakh godichnykh pobegov [Comparative Evaluation of the Genus Spruce (*Picea* L.) Representatives by the Fat Content in Annual Shoot Tissues]. *Nauchnye i innovatsionnye razrabotki molodykh uchenykh-agrariyev: sb. tr. molodykh uchenykh FGBOU VPO «Nizhegorodskaya GSKhA» za 2014–2015 gg.* [Scientific and Innovative Solutions of Young Agricultural Scientists: Collected Papers of Young Scientists of the Nizhny Novgorod State Agricultural Academy for 2014–2015]. Nizhny Novgorod, NNSAA Publ., 2015, pp. 53–58. (In Russ.)

5. Dospekhov B.A. *Metodika polevogo opyta (s osnovami statisticheskoy obrabotki rezul'tatov issledovaniy)* [Methodology of Field Tests (with the Basics of Statistical Processing of Research Results)]. Moscow, Agropromizdat Publ., 1985. 351 p. (In Russ.)

6. Padutov V.E., Sidor A.I., Kagan D.I., Kovalevich O.A., Veras S.N. Izmenchivost' gaplotipov tsitoplazmaticheskoy DNK eli evropeyskoy v geograficheskikh kulturakh [The Variability of Cytoplasmic DNA Haplotypes of Norway Spruce in the Provenance Trials]. *Sibirskiy lesnoy zhurnal* [Siberian Journal of Forest Science], 2014, no. 4, pp. 64–68.

7. Tashev A.N., Sedel'nikova T.S., Pimenov A.V. Chislo khromosom i khromosomnye perestroyki u eli obyknovennoy *Picea abies* (L.) H. Karst. v lesakh Rilo-Rodopskogo gornogo massiva Bolgarii [Number of Chromosomes and Chromosome Rearrangement of Norway Spruce *Picea abies* (L.) H. Karst. in the Forests of Rilo-Rhodope Mountain of Bulgaria]. *Sibirskiy lesnoy zhurnal* [Siberian Journal of Forest Science], 2015, no. 5, pp. 77–86.

8. Alexandrov A. *Structure of the Populations and Growth of the Progeny of Representative Populations of Picea abies (L.) Karsten in the Rila Mountain*. Sofia, Bulgaria, PENSOFT Publishers, 2006, pp. 55–60, 190–191.

9. Chrimes D., Lundqvist L., Atlegrim O. *Picea abies* Sapling Height Growth after Cutting *Vaccinium myrtillus* in an Uneven-Aged Forest in Northern Sweden. *Forestry*, 2004, vol. 77, iss. 1, pp. 61–66.

10. Gryc V., Vavrčik H., Horn K. Density of Juvenile and Mature Wood of Selected Coniferous Species. *Journal of Forest Science*, 2011, vol. 57, iss. 3, pp. 123–130.

11. Konôpka B., Pajčík J., Šebeň V., Lukac M. Belowground Biomass Functions and Expansion Factors in High Elevation Norway Spruce. *Forestry*, 2011, vol. 84, iss. 1, pp. 41–48.

12. Ulvcrona T., Lindberg H., Bergsten U. Impregnation of Norway Spruce (*Picea abies* L. Karst.) Wood by Hydrophobic Oil and Dispersion Patterns in Different Tissues. *Forestry*, 2006, vol. 79, iss. 1, pp. 123–134.

13. Zenner E.K., Peck J.E., Lähde E., Laiho O. Decomposing Small-Scale Structural Complexity in Even- and Uneven-Sized Norway Spruce-Dominated Forests in Southern Finland. *Forestry*, 2012, vol. 85, iss. 1, pp. 41–49.

Received on March 06, 2018