

А.В. Кулькова, Н.Н. Бессчетнова, В.П. Бессчетнов

ПРИМЕНЕНИЕ СТИМУЛИРУЮЩЕЙ ОБРАБОТКИ В УКОРЕНЕНИИ ЧЕРЕНКОВ ЕЛИ КОНИКА

Введение. Хозяйственное использование представителей рода ель (*Picea* L.) многообразно и имеет богатую историю [Бессчетнова и др., 2017, 2019; Ершов и др., 2018; McPherson et al., 1982; Groot, 2013; Jensen et al., 2015]. Это определяется уникальным комплексом полезных признаков и свойств, присущих елям, и широтой их распространения в северном полушарии, в том числе благодаря интродукции [Ершов и др., 2017; Бессчетнова и др., 2019; Vyse, 1981; Kubota et al., 1996; Herrera et al., 2016; Raubeson et al., 2016]. Виды елей имеют наследственно обусловленные формы, расширяющие сферу их применения. Декоративная форма ели сизой (*Picea glauca* (Moench) Voss) с конической формой кроны, или ель 'Conica' (syn.: *Picea canadensis* cv. *conica*, *Picea glauca* f. *albertiana* cv. *conica*), далее – ель Коники в последнее время все чаще рассматривается как сорт. Естественный ареал этого вида охватывает значительную часть территории Канады и севера США [Lachance, 1978; Hodson et al., 1998; Hamilton et al., 2016; Scoffoni et al., 2017]. В Европе, Азии и на территории России она является интродуцентом [Бессчетнова и др., 2017, 2018, 2019; Кулькова и др., 2018а, б]. Здесь ель Коники активно вводится в состав городских посадок различного функционала и конструкций. В Нижегородской области ограниченность ассортимента декоративных форм и сортов хвойных видов в озеленении связана с отсутствием посадочного материала местного производства. При этом что технологии их вегетативного размножения в научной литературе представлены [Докучаева, 1967; Уварова и др., 1987], некоторые вопросы массового тиражирования на региональном уровне остаются нерешенными.

Цель исследования – сравнительная оценка эффективности применения биологически активных препаратов в размножении ели Коники стеблевыми черенками.

Методика исследования. Учитывались базовые требования к организации опыта: его типичность, пригодность, целесообразность и надежность, соблюдение принципа единственного логического различия и рандомизированного выбора объектов учета. Биологически активными препаратами,

сформировавшими варианты опыта, выступали: гетероауксин (вариант 1), циркон (вариант 2), корневин (вариант 3), эпин (вариант 4), эхофус (вариант 5), феровит (вариант 6), экстрасол (вариант 7), силиплант (вариант 8). Контролем служила вода, используемая для приготовления рабочих растворов, в принятой для всех вариантов экспозиции – 18 часов. Обработку материала вели с помощью дисперсионного анализа [Бондаренко и др., 2016].

Результаты исследования. Установлена различная степень влияния биологически активных препаратов на регенерационную способность черенков и показатели последующего развития их надземной части и корневых систем. По высоте укоренных черенков различия между вариантами опыта сглажены, что объясняется порядком формирования выборок, который обеспечил предельную гомогенизацию исходного материала по линейным параметрам. В то же время дифференциация оценок диаметра шейки корня проявилась в большей степени.

Оценки регенерационной способности черенков, выраженные через степень замкнутости сформированного кольца каллуса в их базальной части и количество образованных придаточных корней, различаются в большей мере. Наибольшая общая протяженность корней достигнута при применении гетероауксина (вариант 1) и силипланта (вариант 8): $99,85 \pm 6,46$ и $99,23 \pm 6,36$ см соответственно. Это заметно превышает контроль ($42,39 \pm 4,36$ см) и обобщенное среднее значение ($65,81 \pm 2,06$ см). Длина осевого корня выступает более стабильным показателем, наибольшие средние значения ($16,31 \pm 0,60$, $17,19 \pm 0,53$, $16,82 \pm 0,45$ и $16,23 \pm 0,60$ см) зафиксированы в вариантах с гетероауксином (вариант 1), цирконом (вариант 2), экстрасолом (вариант 7), силиплантом (вариант 8), что выше контроля ($13,67 \pm 0,91$ см) в 1,19–1,26 раза.

Отношения длины осевого корня к средней длине боковых корней наиболее высокими оказались в вариантах применения гетероауксина (вариант 1 – $2,21 \pm 0,07$), циркона (вариант 2 – $2,32 \pm 0,12$), экстрасола (вариант 7 – $2,29 \pm 0,12$) и силипланта (вариант 8 – $2,12 \pm 0,08$), превосходили контроль ($1,73 \pm 0,16$) в 1,27, 1,34, 1,32 и 1,22 раза.

Полученный материал статистически достоверен, дисперсионный анализ опроверг нулевую гипотезу об отсутствии различий между результатами применения стимуляторов черенков ели Коники (см. таблицу).

Расчетные величины F -критерия, преимущественно принципиально больше допустимых табличных пределов на принятых в работе уровнях значимости: по высоте (признак 1) $F_{\text{оп}} = 5,12$, по диаметру у шейки корня (признак 2) $F_{\text{оп}} = 11,2$ и по отношению высоты к диаметру (признак 3)

$F_{оп} = 10,94$. Показатели регенерационной способности черенков, в большей степени зависимые от стимулирующего действия применяемых препаратов, имели более высокие оценки критерия Фишера. Так, степень завершенности процесса каллусогенеза (признак 4) и количество сформированных в регенерационном цикле адвентивных корней (признак 5) получили в анализе оценки 15,23 и 36,21 соответственно.

Эффективность влияния стимулирующих препаратов
Effectiveness of the influence of stimulant drugs

| Признаки | $F_{оп}$ | Доля влияния фактора ($h^2 \pm s_{h^2}$) | | | | Критерии различий | |
|----------|----------|--|---------------|--------------|---------------|-------------------|----------|
| | | по Плохинскому | | по Снедекору | | HCP_{05} | D_{05} |
| | | h^2 | $\pm s_{h^2}$ | h^2 | $\pm s_{h^2}$ | | |
| 1 | 5,12 | 0,0684 | 0,0134 | 0,0614 | 0,0135 | 0,558 | 0,886 |
| 2 | 11,22 | 0,1386 | 0,0123 | 0,1396 | 0,0123 | 0,224 | 0,355 |
| 3 | 10,94 | 0,1355 | 0,0124 | 0,1362 | 0,0124 | 0,301 | 0,478 |
| 4 | 15,23 | 0,1792 | 0,0118 | 0,1843 | 0,0117 | 8,089 | 12,841 |
| 5 | 36,21 | 0,3417 | 0,0094 | 0,3585 | 0,0092 | 1,440 | 2,286 |
| 6 | 20,71 | 0,2290 | 0,0111 | 0,2383 | 0,0109 | 15,180 | 24,096 |
| 7 | 4,14 | 0,0560 | 0,0135 | 0,0475 | 0,0137 | 2,188 | 3,473 |
| 8 | 22,32 | 0,2424 | 0,0109 | 0,2528 | 0,0107 | 13,788 | 21,888 |
| 9 | 0,41 | 0,0058 | 0,0143 | – | – | 1,316 | 2,090 |
| 10 | 1,18 | 0,0166 | 0,0141 | 0,0028 | 0,0143 | 1,276 | 2,025 |
| 11 | 4,26 | 0,0576 | 0,0135 | 0,0493 | 0,0136 | 0,405 | 0,643 |
| 12 | 2,73 | 0,0376 | 0,0138 | 0,0267 | 0,0140 | 0,081 | 0,129 |

Обозначения величин: $F_{оп}$ – опытное значение критерия Фишера ($F_{05}=2,03$; $F_{01}=2,69$); h^2 – доля влияния фактора; $\pm s_{h^2}$ – ошибка доли влияния фактора; HCP_{05} – наименьшая существенная разность на 5%-м уровне значимости; D_{05} – критерий Тьюки на 5%-м уровне значимости.

Признаки: 1 – высота надземной части; 2 – диаметр у шейки корня; 3 – отношение высоты надземной части к диаметру у шейки корня; 4 – степень завершения каллусогенеза; 5 – количество придаточных корней; 6 – общая длина придаточных корней; 7 – длина осевого корня; 8 – суммарная длина боковых корней; 9 – общая средняя длина придаточных корней; 10 – средняя длина боковых корней; 11 – отношение длины осевого корня к средней длине боковых корней; 12 – отношение общей средней длины придаточных корней к длине осевого корня.

Количественные характеристики массового корнеобразования, такие как общая протяженность придаточных корней (признак 6) и суммарная длина боковых корней (признак 8), также имели сравнительно высокие оценки F -критерия: 20,71 и 22,32 соответственно. При этом линейные параметры осевого корня (признаки 7), равно как и оценки соотношения между элементами корневых систем (признаки 11, 12), обладали заметно меньшими величинами F -критерия. Для двух характеристик развития корневых систем: общая средняя длина придаточных корней (признак 9) и средняя длина боковых корней (признак 10) существенные различия между вариантами опыта не установлены, и в этих случаях критерии Фишера, соответственно достигшие уровня $F_{\text{оп}} = 0,41$ и $F_{\text{оп}} = 1,18$, оказались меньше допустимых табличных величин.

Эффективность влияния стимуляторов роста при укоренении черенков ели Коники на возникновение фенотипической дифференциации по параметрам надземной части установлена в ходе расчетов по алгоритму Плохинского. Например, доля влияния организованного фактора на формирование различий по высоте надземной части достоверна, хотя и невелика ($6,84 \pm 1,34\%$). Во многом это связано с изначальной эквационной процедурой формирования исходного материала выборок по каждому варианту опыта – высоты и диаметры черенков уравнивались – исключалась возможность преднамеренного предоставления какому-либо из вариантов опыта более длинных или толстых черенков.

Более заметным было влияние специфики применяемых стимуляторов роста на диаметр черенка у шейки корня, фиксируемый в зоне заложения каллуса и ризогенеза (признак 2): в этом случае доля влияния организованного фактора на формирование различий больше, хорошо заметна и абсолютно достоверна ($13,86 \pm 1,23\%$). Поскольку формирование диаметра базальной части черенков в зоне каллусообразования и ризогенеза находится под выраженным влиянием регенерационных процессов, происходящих в этой части черенка, то эффект дифференцированного действия разных препаратов проявился в большей мере. В конечном итоге сказалась разница в активности каллюсогенеза и продуктивности ризогенеза в базальной части черенков.

По той же причине весьма близкие по своей величине оценки сформировались в анализе по отношению высоты надземной части черенков к их диаметру у шейки корня (признак 3): здесь доля влияния организованного фактора на формирование различий составила $13,86 \pm 1,23\%$. Такая оценка

связана с участием в алгоритмическом формировании данного признака (признак 3) предшествующего показателя (признак 2).

Влияние вариантов стимулирующей обработки на формирование различий в показателях регенерационной способности черенков ели Коники также хорошо прослеживается. По реакции на разные варианты стимулирующей обработки, проявившейся в способности образовывать каллус на нижнем срезе черенка (признак 4), специфика вариантов составила: $h^2 \pm s_h^2 = 17,92 \pm 1,18\%$ при $F_h^2 = 15,23$, что подтвердило достоверность оценок. Наиболее чувствительной к примененной в опыте обработке оказалась способность к активному ризогенезу, выраженная в количестве образованных на черенках придаточных корней (признак 5). В данном случае доля различий, формируемая собственно вариантами опыта, достигла наибольшего, по сравнению со всеми другими, уровня: $h^2 \pm s_h^2 = 34,17 \pm 0,94\%$ при $F_h^2 = 36,21$, что весьма убедительно подтвердило достоверность представленных оценок.

Адекватно рассмотренным выше оценкам критерия Фишера линейные характеристики массового корнеобразования, такие как общая протяженность придаточных корней (признак 6) и суммарная длина боковых корней (признак 8), также имели достаточно высокие оценки эффективности влияния разных вариантов стимулирующей обработки черенков ели Коники на формирование различий между собственно вариантами опыта. Оценки доли влияния организованного фактора по указанным характеристикам корнеобразования на фоне специфики стимулирующего воздействия соответственно составили: $h^2 \pm s_h^2 = 22,90 \pm 1,11\%$ при $F_h^2 = 20,72$ (признак 6) и $h^2 \pm s_h^2 = 24,24 \pm 1,09\%$ при $F_h^2 = 25,28$ (признак 8). Такой результат вполне убедительно объясняется неодинаковой биологической активностью препаратов в отношении ели Коники и их разной эффективностью в качестве стимуляторов регенерационных процессов указанной декоративной формы.

Остальные характеристики протекающих процессов корнеобразования на черенках ели Коники, такие как длина осевого корня (признак 7), а также показатели соотношения количественных оценок структурных элементов корневых систем: отношение длины осевого корня к средней длине боковых корней (признак 11), отношение общей средней длины придаточных корней к длине осевого корня (признак 12) имели заметно меньшие, но вполне достоверные оценки доли влияния организованного фактора рассматриваемого дисперсионного анализа. Достоверность оценок доли влияния фактора для двух признаков – общей средней длины

придаточных корней (признак 9) и средней длины боковых корней (признак 10) не подтверждена. Реализация в вычислениях указанного показателя алгоритма Снедекора в целом дала сходный по величине и в смысловом отношении результат, притом что в ряде случаев оценки оказались несколько выше, чем показатели, рассчитанные по первому алгоритму, а по отдельным показателям развития надземной части и корневых систем – ниже.

Критерии существенности различий (HCP_{05} и D_{05}) позволяют установить, в каких случаях парного сравнения вариантов опыта достигнута существенная разность между средними значениями признаков (см. табл. 1). Так, по высоте надземной части черенков ели Коники существенные различия с контролем имели четыре из восьми вариантов применения стимуляторов роста: гетероауксин (вариант 1), циркон (вариант 2), эпин (вариант 4) и экстрасол (вариант 7). Фактическая разность по ним соответственно составила: 0,76, 1,05, 0,96 и 0,93 см. По диаметру у шейки корня (признак 2) существенные превышения над контролем продемонстрировали семь из восьми вариантов применения стимуляторов, и только по препарату корневин (вариант 3) фактическая разность (0,12 мм) оказалась меньше критериев существенности различий: $HCP_{05} = 0,22$ мм и $D_{05} = 0,36$ мм. Сопоставление результативности стимулирующих препаратов с обобщенным средним значением для всего массива данных (вариант Total) показало, что существенные отличия от его оценок имело меньшее число вариантов применения биологически активных веществ. По высоте надземной части черенков – один препарат циркон (вариант 2) с превышением в 0,60 см при $HCP_{05} = 0,56$ см и $D_{05} = 0,89$ см. По диаметру у шейки корня – два препарата в сторону увеличения значений: гетероауксин (вариант 1) с разностью 0,34 мм и препарат силиплант (вариант 8) с положительной разностью 0,27 мм; контрольный вариант имел отрицательную разность 0,42 мм при $HCP_{05} = 0,22$ мм и $D_{05} = 0,36$ мм.

Выводы. 1. Биологически активные вещества в испытанных режимах стимулирующей обработки вызывают усиление регенерационной способности черенков ели Коники, выразившееся в активизации процессов каллусогенеза и увеличении числа образовавшихся придаточных корней.

2. Действие представленных стимуляторов роста неодинаково и для разных показателей регенерационных процессов и пострегенерационного развития надземной части и корневых систем имеет специфический уровень проявления. Наибольший положительный эффект дало применение

следующих препаратов: гетероауксин, силиплант, циркон, экстрасол. Последнее обстоятельство обуславливает необходимость в дифференцированном подходе к выбору стимуляторов регенерационных и ростовых процессов для конкретных видов древесных растений.

3. Достигнутые результаты укоренения черенков ели Коники свидетельствуют о достаточном для вегетативного размножения потенциале роста и развития надземной массы экзотов в условиях Нижегородской области и служат убедительным подтверждением успешности проведенной интродукции в указанный регион.

Библиографический список

Бессчетнова Н.Н., Бессчетнов В.П., Храмова О.Ю., Дорожкина Л.А. Стимулирующий эффект препарата ЭкоФус в предпосевной обработке семян ели европейской (*Picea abies* (L.) N. Karst.) // *Агрехимический вестник*. 2017. № 2. С. 41–44.

Бессчетнова Н.Н., Бессчетнов В.П., Еришов П.В. Генотипическая обусловленность пигментного состава хвои плюсовых деревьев ели европейской // *Лесной журнал*. 2019. № 1. С. 63–76. (Изв. высш. учеб. заведений). DOI: 10.17238/issn0536-1036.2019.1.63.

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 // *Лесной журнал*. 2017. № 4. С. 57–68. (Изв. высш. учеб. заведений). DOI: 10.17238/issn0536-1036.2017.4.57.

Бессчетнова Н.Н., Бессчетнов В.П., Кулькова А.В., Широков А.И. Корреляция содержания крахмала в тканях побегов представителей рода ель (*Рісеа* a. Dietr.) // *Вестник Казанского государственного аграрного университета*. Научный журнал. 2018. № 2 (49). С. 19–22. DOI: 10.12737/article_5b34ff5f201623.29401443.

Бессчетнова Н.Н., Кулькова А.В., Содержание запасных питательных веществ в клетках тканей годичных побегов представителей рода ель (*Picea* L.) в условиях Нижегородской области // *Лесной журнал*. 2019. № 6. С. 52–61. (Изв. высш. учеб. заведений). DOI: 10.17238/issn0536-1036.2019.6.52.

Бондаренко А.С., Жигунов А.В. Статистическая обработка материалов лесоводственных исследований: учеб. пособие. СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2016. 125 с.

Докучаева М.И. Вегетативное размножение хвойных пород / под ред. акад. А.С. Яблокова. М.: Лесн. пром-сть, 1967. 105 с.

Еришов П.В., Бессчетнова Н.Н., Бессчетнов В.П. Пигментный состав хвои плюсовых деревьев ели европейской // *Хвойные бореальной зоны*. 2017. Т. XXXVI, № 3–4. С. 29–37.

Ершов П.В., Бессчетнова Н.Н., Бессчетнов В.П. Многомерная оценка плюсовых деревьев ели европейской (*Picea abies*) по пигментному составу хвои // Известия Санкт-Петербургской лесотехнической академии. 2018. Вып. 233. С. 78–99.

Кулькова А.В., Бессчетнова Н.Н., Бессчетнов В.П. Многопараметрическая оценка таксономической близости видов ели (*Picea A. Dietr.*) по пигментному составу хвои // Вестник ПГТУ. Серия: Лес. Экология. Природопользование. 2018а. № 1(37). С. 5–18.

Кулькова А.В., Бессчетнова Н.Н., Бессчетнов В.П. Многопараметрический анализ в оценке видоспецифичности представителей рода ель (*Picea*) // Лесной журнал. 2018б. № 6. С. 23–38. (Изв. высш. учеб. заведений). DOI: 10.17238/issn0536-1036.2018.6.23.

Уварова Н.И., Филиппова Л.Н. Технология вегетативного размножения ели для создания плантаций: метод, рекомендации / Ленингр. НИИ лесн. хоз-ва. Л. : ЛенНИИЛХ, 1987.

Groot A. Fifteen-year results of black spruce uneven-aged silviculture in Ontario, Canada // *Forestry*. 2013. Vol. 87, is. 1. P. 99–107. DOI: 10.1093/forestry/cpt021.

Hamilton J.A., El Kayal W., Hart A.T., Runcie D.E., Arango-Velez A., Cooke J.E.K. The joint influence of photoperiod and temperature during growth cessation and development of dormancy in white spruce (*Picea glauca*) // *Tree Physiology*. 2016. Vol. 36, is. 11. P. 1432–1448. DOI: 10.1093/treephys/tpw061.

Herrera F., Leslie A.B., Shi G., Knopf P., Ichinnorov N., Takahashi M., Crane P.R., Herendeen P.S. New fossil Pinaceae from the early cretaceous of Mongolia // *Botany*. 2016. Vol. 94, is. 9. P. 885–915. DOI: 10.1139/cjb-2016-0042.

Hodson M.J., Sangster A.G. Mineral Deposition in the Needles of White Spruce [*Picea glauca*(Moench.) Voss] // *Annals of Botany*. 1998. Vol. 82, is. 3. P. 375–385. DOI: 10.1006/anbo.1998.0694.

Jensen A.M., Warren J.M., Hanson P.J., Childs J., Wullschlegel S.D. Needle age and season influence photosynthetic temperature response and total annual carbon uptake in mature *Picea mariana* trees // *Annals of Botany*. 2015. Vol. 116, is. 5. P. 821–832. DOI: 10.1093/aob/mcv115.

Kubota Y., Hara T. Allometry and Competition between Saplings of *Picea jezoensis* and *Abies sachalinensis* in a Sub-boreal Coniferous Forest, northern Japan // *Annals of Botany*. 1996. Vol. 77, is. 5. P. 529–538. DOI: 10.1006/anbo.1996.0063.

Lachance D. The Effect of Decay on Growth Rate in a White Spruce Plantation // *The Forestry Chronicle*. 1978. Vol. 54, no. 01. P. 20–23. DOI: 10.5558/tfc54020-1.

McPherson J.A., Morgenstern E.K., Wang B.S.P. Seed Production in Grafted Clonal Orchards at Longlac, Ontario // *The Forestry Chronicle*. 1982. Vol. 58, no. 01. P. 31–34. DOI: 10.5558/tfc58031-1.

Raubeson A., Holman G., Campbell C., Parks M., Mathews S., Raubeson L.A., Liston A., Stockey R.A., Rothwell G.W. Phylogenetics of extant and fossil pinaceae: methods for increasing topological stability // *Botany*. 2016. Vol. 94, is. 9. P. 863–884. DOI: 10.1139/cjb-2016-0064.

Scoffoni C., Albuquerque C., Brodersen C., Townes S.V., John G.P., Bartlett M.K., Buckley T.N., McElrone A.J., Sack L. Outside-xylem vulnerability, not xylem embolism, controls leaf hydraulic decline during dehydration // *Plant Physiology*. 2017. Vol. 173, is. 1. P. 01643(1–35). DOI: 10.1104/pp.16.01643.

Vyse A. Growth of Young Spruce Plantations in Interior British Columbia // *The Forestry Chronicle*. 1981. Vol. 57, no. 04. P. 174–180. DOI: 10.5558/tfc57174-4.

Reference

Besschetnova N.N., Besschetnov V.P., Khramova O.Yu., Dorozhkina L.A. Stimulating effect of Ecofus preparation in pre-sowing treatment of European spruce seeds (*Picea abies* (L.) H. Karst.). *Agrochemical Bulletin*, 2017, no. 2, pp. 41–44.

Besschetnova N.N., Besschetnov V.P., Yershov P.V. Genotypic conditionality of the pigment composition of the needles of plus trees of European spruce. *Lesnoj zhurnal*, 2019, no. 1, pp. 63–76. DOI: 10.17238/issn 0536-1036.2019.1.63.

Besschetnova N.N., Besschetnov V.P., Kulkova A.V., Mishukova I.V. Starch content in the tissues of shoots of different types of spruce (*Picea A.* Dietr.) under the introduction conditions. *Lesnoj zhurnal*, 2017, no. 4, pp. 57–68. DOI: 10.17238/issn0536-1036.2017.4.57.

Besschetnova N.N., Besschetnov V.P., Kulkova A.V., Shirokov A.I. Correlation of starch content in the tissues of shoots of representatives of the genus spruce (*Picea a.* Dietr.). *Bulletin of the Kazan state agrarian University. Scientific journal*, 2018, no. 2 (49), op. 19–22. DOI: 10.12737/article_5b34ff5f201623_29401443.

Besschetnova N.N., Kulkova A.V. Content of spare nutrients in tissue cells of annual shoots of representatives of the genus spruce (*Picea L.*) in the conditions of the Nizhny Novgorod region. *Lesnoy Zhurnal*, 2019, no. 6, pp. 52–61. DOI: 10.17238/issn0536-1036.2019.6.52.

Bondarenko A.S. Zhigunov A.V. Statistical processing of materials of silvicultural research: a Training manual. Saint Petersburg: Polytechnic University Press, 2016. 125 p.

Dokuchaeva M.I. Vegetative reproduction of coniferous breeds / Ed. Akad. A.S. Yablokov. Moscow : Lesnaya prom-St, 1967. 105 p.: Il.

Yershov P.V., Besschetnova N.N., Besschetnov V.P. Pigment composition of needles of plus trees of European spruce. *Coniferous of boreal zone*, 2017, vol. XXXVI, no. 3-4, pp. 29–37.

Yershov P.V., Besschetnova N.N., Besschetnov V.P. Multidimensional assessment of plus trees of Norway spruce (*Picea abies*) in the pigment composition of needles. *Izvestia Sankt-Peterburgskoj Lesotehnikeskoy Akademii*, 2018, is. 233, pp. 78–99.

Kulkova A.V., Besschetnova N.N., Besschetnov V.P. Multiparametric assessment of taxonomic proximity of spruce species (*Picea* A. Dietr.) by the pigment composition of needles. *Bulletin of the Volga state technological University. Series: The Forest Ecology. Nature management*, 2018a, no. 1 (37), pp. 5–18.

Kulkova A.V., Besschetnova N.N., Besschetnov V.P. Multiparametric analysis in the assessment of species specificity of representatives of the genus spruce (*Picea*). *Lesnoy Zhurnal*, 2018b, no. 6, pp. 23–38. DOI: 10.17238/issn0536-1036.2018.6.23.

Uvarova N.I., Filippova L.N. Technology of vegetative propagation of spruce for creating plantations: method. recommendations / leningr. Research Institute of forest. khoz-va. L.: Lenniilkh, 1987.

Groot A. Fifteen-year results of black spruce uneven-aged silviculture in Ontario, Canada. *Forestry*, 2013, vol. 87, is. 1, pp. 99–107. DOI: 10.1093/forestry/cpt021.

Hamilton J.A., El Kayal W., Hart A.T., Runcie D.E., Arango-Velez A., Cooke J.E.K. The joint influence of photoperiod and temperature during growth cessation and development of dormancy in white spruce (*Picea glauca*). *Tree Physiology*, 2016, vol. 36, is. 11, pp. 1432–1448. DOI: 10.1093/treephys/tpw061.

Herrera F., Leslie A.B., Shi G., Knopf P., Ichinnorov N., Takahashi M., Crane P.R., Herendeen P.S. New fossil Pinaceae from the early cretaceous of Mongolia. *Botany*, 2016, vol. 94, is. 9, pp. 885–915. DOI: 10.1139/cjb-2016-0042.

Hodson M.J., Sangster A.G. Mineral Deposition in the Needles of White Spruce. *Annals of Botany*, 1998, vol. 82, is. 3, pp. 375–385. DOI: 10.1006/anbo.1998.0694.

Jensen A.M., Warren J.M., Hanson P.J., Childs J., Wullschlegler S.D. Needle age and season influence photosynthetic temperature response and total annual carbon uptake in mature *Picea mariana* trees. *Annals of Botany*, 2015, vol. 116, is. 5, pp. 821–832. DOI: 10.1093/aob/mcv115.

Kubota Y., Hara T. Allometry and Competition between Saplings of *Picea jezoensis* and *Abies sachalinensis* in a Sub-boreal Coniferous Forest, northern Japan. *Annals of Botany*, 1996, vol. 77, is. 5, pp. 529–538. DOI: 10.1006/anbo.1996.0063.

Lachance D. The Effect of Decay on Growth Rate in a White Spruce Plantation. *The Forestry Chronicle*, 1978, vol. 54, no. 01, pp. 20–23. DOI: 10.5558/tfc54020-1.

McPherson J.A., Morgenstern E.K., Wang B.S.P. Seed Production in Grafted Clonal Orchards at Longlac, Ontario. *The Forestry Chronicle*, 1982, vol. 58, no. 01, pp. 31–34. DOI: 10.5558/tfc58031-1.

Raubeson A., Holman G., Campbell C., Parks M., Mathews S., Raubeson L.A., Liston A., Stockey R.A., Rothwell G.W. Phylogenetics of extant and fossil pinaceae: methods for increasing topological stability. *Botany*, 2016, vol. 94, is. 9, pp. 863–884. DOI: 10.1139/cjb-2016-0064.

Scoffoni C., Albuquerque C., Brodersen C., Townes S.V., John G.P., Bartlett M.K., Buckley T.N., McElrone A.J., Sack L. Outside-xylem vulnerability, not xylem embolism, controls leaf hydraulic decline during dehydration. *Plant Physiology*, 2017, vol. 173, is. 1, pp. 01643(1–35). DOI: 10.1104/pp.16.01643.

Vyse A. Growth of Young Spruce Plantations in Interior British Columbia. *The Forestry Chronicle*, 1981, vol. 57, no. 04, pp. 174–180. DOI: 10.5558/tfc57174-4.

Материал поступил в редакцию 25.09.2020

Кулькова А.В., Бессчетнова Н.Н., Бессчетнов В.П. Применение стимулирующей обработки в укоренении черенков ели Коники // Известия Санкт-Петербургской лесотехнической академии. 2020. Вып. 232. С. 79–91. DOI: 10.21266/2079-4304.2020.232.79-91

Использование представителей рода ель (*Picea* L.) многообразно, благодаря уникальному комплексу полезных признаков и свойств. Многие виды имеют в своем составе наследственно обусловленные формы. Их применение сдерживается отсутствием адаптированных технологий размножения посадочного материала. Цель исследования – сравнительная оценка эффективности применения биологически активных препаратов в черенковании ели Коники. Объектом исследования послужила декоративная форма ели сизой (*Picea glauca* (Moench) Voss) с конической кроной (syn.: *Picea canadensis* cv. *conica*, *Picea glauca* f. *albertiana* cv. *conica*). Испытаны биологически активные препараты: гетероауксин, циркон, корневин, эпин, экофус, феровит, экстрасол, силиплант. Экспозиция для всех вариантов и контроля (вода) – 18 часов. В обработке материала использован дисперсионный анализ. Установлена различная степень влияния препаратов на регенерационную способность черенков и на показатели последующего развития надземной части и корневых систем. Реакция на применение стимуляторов заметна в оценках каллусогенеза, количества и протяженности образованных придаточных корней. По общей протяженности корней лучшие результаты дало применение гетероауксина (99,85±6,46 см) и силипланта (99,23±6,36 см), что заметно больше контроля (42,39±4,36 см) и обобщенного среднего значения (65,81±2,06 см). Дисперсионный анализ подтвердил существенность различий между результатами стимулирующей обработки черенков. Наиболее чувствительной оказалась способность к ризогенезу: доля различий, формируемая вариантами опыта, достигла 34,17±0,94%. Результаты укоренения черенков ели Коники свидетельствуют о достаточном для вегетативного размножения потенциале роста и развития надземной массы экзотов в условиях Нижегородской области.

Ключевые слова: ель сизая Коники, черенки, стимуляторы роста, регенерация, каллус, ризогенез, дисперсионный анализ.

Kulkova A.V., Besschetnova N.N., Besschetnov V.P. Application of stimulating treatment in rooting of conic spruce cuttings. *Izvestia Sankt-Peterburgskoj Lesotehnikeskoj Akademii*, 2020, is. 232, pp. 79–91 (in Russian with English summary). DOI: 10.21266/2079-4304.2020.232.79-91

The economic use of representatives of the genus spruce (*Picea* L.) is diverse, thanks to a unique set of useful features and properties. Many species have inherited forms in their composition. Their use is hindered by the lack of adapted technologies for propagation of planting material. The aim of the research is to compare the effectiveness of using biologically active drugs in conic spruce cuttings. The object of research was a decorative form of a blue spruce (*Picea glauca* (Moench) Voss) with a conical crown or spruce 'Conica' (syn.: *Picea canadensis* cv. *conica*, *Picea glauca* f. *albertiana* cv. *conica*). Biologically active drugs were tested: heteroauxin, zircon, kornevin, epin, ecofus, ferovit, extrasol, siliplant. Exposure for all options and controls (water) – 18 hours. In the statistical processing of the material, the analysis of variance is used. Various degrees of influence of preparations on the regenerative ability of cuttings and on the indicators of subsequent development of their aboveground part and root systems were established. To a greater extent, the reaction to the use of stimulants is noticeable in the estimates of callus formation, the number and extent of the formed adnexal roots. For the total length of the roots, the best results were obtained using heteroauxin (99.85±6.46 cm) and siliplant (99.23±6.36 cm), which is significantly higher than the control (42.39±4.36 cm) and the generalized average (65.81±2.06 cm). The ANOVA confirmed the significant differences between the results of stimulating treatment of conic spruce cuttings. The most sensitive was the ability to active rhizogenesis: percentage of differences generated by the actual variants, reached 34,17±0,94%, at $F_h^2 = 36,21$. The results of rooting cuttings indicate sufficient for the vegetative propagation potential of growth and development aboveground mass of exotics in the conditions of Nizhny Novgorod region.

Keywords: blue conic spruce, cuttings, growth stimulators, regeneration, callus, rhizogenesis, dispersion analysis.

КУЛЬКОВА Анна Владимировна – старший преподаватель кафедры лесных культур Нижегородской государственной сельскохозяйственной академии, ResearcherID (WoS) G-9517-2019, ORCID 0000-0001-5200-233X, SPIN-код: 8332-0702.

603107, пр. Гагарина, д. 97, г. Нижний Новгород, Россия. E-mail: iriska151291@mail.ru

KULKOVA Anna V. – Senior lecturer of the Department of Forest Cultures of Nizhny Novgorod State Agricultural Academy, ResearcherID (WoS) G-9517-2019, ORCID 0000-0001-5200-233X, SPIN code: 8332-0702.

603107. Gagarina av. 97. Nizhny Novgorod. Russia. E-mail: iriska151291@mail.ru

БЕССЧЕТНОВА Наталья Николаевна – декан факультета лесного хозяйства Нижегородской государственной сельскохозяйственной академии, доктор сельскохозяйственных наук, доцент, ResearcherID (WoS): H-1343-2019, ORCID 0000-0002-7140-8797; SPIN-код: 6214-7263.

603107, пр. Гагарина, д. 97, г. Нижний Новгород, Россия. E-mail: besschetnova1966@mail.ru

BESSCHETNOVA Natalia N. – DSc (Agriculture), Associate Professor, Dean of the Forestry Department of the Nizhny Novgorod State Agricultural Academy, ResearcherID (WoS): H-1343-2019, ORCID 0000-0002-7140-8797; SPIN code: 6214-7263.

603107. Gagarina av. 97. Nizhny Novgorod. Russia. E-mail: besschetnova1966@mail.ru

БЕССЧЕТНОВ Владимир Петрович – заведующий кафедрой лесных культур Нижегородской государственной сельскохозяйственной академии, доктор биологических наук, профессор. ResearcherID (WoS): S-5889-2016, ORCID: 0000-0001-5024-7464. SPIN-код: 2031-5241.

603107, пр. Гагарина, д. 97, г. Нижний Новгород, Россия. E-mail: lesfak@mail.ru

BESSCHETNOV Vladimir P. – DSc (Biological), Professor. Chair of Forest Cultures Department of Nizhny Novgorod State Agricultural Academy, Researcher ID (WoS): S-5889-2016, ORCID: 0000-0001-5024-7464, SPIN code: 2031-5241.

603107. Gagarina av. 97. Nizhny Novgorod. Russia. E-mail: lesfak@mail.ru