

Научная статья

УДК 582.47:630*232.5

DOI: 10.37482/0536-1036-2024-5-27-39

Укореняемость черенков хвойных видов дендрофлоры Прибайкалья

Е.Н. Киселева[✉], канд. с.-х. наук; ResearcherID: [JEP-1390-2023](https://orcid.org/0000-0002-4267-5829),

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4267-5829>

М.А. Раченко¹, д-р с.-х. наук; ResearcherID: [J-4520-2018](https://orcid.org/0000-0001-7644-7771),

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7644-7771>

А.М. Раченко², преподаватель; ResearcherID: [JYO-4456-2024](https://orcid.org/0000-0001-5568-4938),

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5568-4938>

И.М. Мокшонов¹, канд. с.-х. наук; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2518-9685>

¹Сибирский институт физиологии и биохимии растений Сибирского отделения РАН, ул. Лермонтова, д. 132, г. Иркутск, Россия, 664033; elenasolya@mail.ru[✉], bigmks73@rambler.ru, mokshonovaira@mail.ru

²Иркутский государственный аграрный университет им. А.А. Ежевского, пос. Молодежный, Иркутский р-н, Иркутская обл., Россия, 664038; ann_rachenko@mail.ru

Поступила в редакцию 12.01.23 / Одобрена после рецензирования 19.04.23 / Принята к печати 20.04.23

Аннотация. Активное развитие производства негативно сказывается на экологии. Ежегодно для нужд производства вырубается миллионы кубометров леса. Эти объемы необходимо восстанавливать, поэтому исследования в области возобновления лесов актуальны и важны. Цель данного исследования – оценка технологии укоренения хвойных пород деревьев при летнем черенковании. Рассмотрены различные сроки зеленого черенкования хвойных деревьев представителей семейства Pinaceae (*Pinus sylvestris* L., *Picea obovata* Ledeb., *Picea obovata* var. *coerulea* Malyshev, *Pinus sibirica* Du Tour). Черенки заготавливали с 3-й декады июня по конец июля. Черенкование осуществляли в разных условиях: в теплице с туманной установкой и климатической камере с ручным поливом. Использовали несколько способов подготовки черенков к посадке: с удалением хвои на нижней части черенка и без удаления. Испытываемые черенки перед посадкой обрабатывали препаратом корнеобразования «Корневин» (контрольный вариант – без обработки). В результате исследования определены оптимальные сроки черенкования хвойных пород деревьев для Прибайкалья – 3-я декада июня и июля. Установлен минимальный период укоренения черенков – 155 дней. Отмечено, что черенки, у которых хвоя на нижней части не удалялась, укоренялись быстрее. Доля укоренения у них выше на 10 %. Наилучшая укореняемость зафиксирована у черенков, полученных от растений *Picea obovata* Ledeb., *P. obovata* var. *coerulea* Malyshev – 22–30 %. Черенки от *Pinus sylvestris* L. и *P. sibirica* Du Tour имеют очень низкую долю укоренения – менее 1 %. Для определения качества укоренения были сняты биометрические показатели образованных корней. Мощными корнями характеризуются черенки, высаженные в 3-й декаде июня в культивационные гряды с регулируемым туманообразованием.

Ключевые слова: сосна, ель, черенки, черенкование, черенкование хвойных пород, сроки корнеобразования, корневая система, полив, искусственное лесовосстановление, Иркутская область

Благодарности: Работа выполнена на оборудовании ЦКП «Биоаналитика» с использованием коллекций ЦКП «Биоресурсный центр» СИФИБР СО РАН, г. Иркутск.

© Киселева Е.Н., Раченко М.А., Раченко А.М., Мокшонов И.М., 2024

 Статья опубликована в открытом доступе и распространяется на условиях лицензии CC BY 4.0

Для цитирования: Киселева Е.Н., Раченко М.А., Раченко А.М., Мокшоновна И.М. Укореняемость черенков хвойных видов дендрофлоры Прибайкалья // Изв. вузов. Лесн. журн. 2024. № 5. С. 27–39. <https://doi.org/10.37482/0536-1036-2024-5-27-39>

Original article

Rooting of the Cuttings of Coniferous Species of Dendroflora of the Baikal Region

Elena N. Kiseleva[✉], Candidate of Agriculture; ResearcherID: [JEP-1390-2023](https://orcid.org/0000-0002-4267-5829),

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4267-5829>

*Maksim A. Rachenko*¹, Doctor of Agriculture; ResearcherID: [J-4520-2018](https://orcid.org/0000-0001-7644-7771),

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7644-7771>

*Anna M. Rachenko*², Lecturer; ResearcherID: [JYO-4456-2024](https://orcid.org/0000-0001-5568-4938),

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5568-4938>

*Irina M. Mokshonova*¹, Candidate of Agriculture;

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2518-9685>

¹Siberian Institute of Plant Physiology and Biochemistry of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, ul. Lermontova, 132, Irkutsk, 664033, Russian Federation; elenasolya@mail.ru[✉], bigmks73@rambler.ru, mokshonovaira@mail.ru

²Irkutsk State Agrarian University named after A.A. Ezhevsky, Molodezhnyj Settlement, Irkutsk District, Irkutsk Region, 664038, Russian Federation; ann_rachenko@mail.ru

Received on January 12, 2023 / Approved after reviewing on April 19, 2023 / Accepted on April 20, 2023

Abstract. The active development of production has a negative impact on the environment. Millions of cubic meters of forest are cut down annually for production needs. These volumes need to be restored. Therefore, research in the field of reforestation is relevant and important. The aim of this study has been to evaluate the technology of rooting coniferous trees during summer grafting. Various terms of green cuttings of coniferous trees of the Pinaceae family were considered, common representatives in the region (*Pinus sylvestris* L., *Picea obovata* Ledeb., *Picea obovata* var. *coerulea* Malyshev, *Pinus sibirica* Du Tour) have been considered. The cuttings have been harvested in four terms, starting from the 3rd ten-day-period of June to the end of July. The grafting has been carried out in different conditions: in a green house with a fog plant and a climate chamber with manual watering. Several methods have been used to prepare the cuttings for planting: with and without needle removing on the lower part of the cutting. Before planting, the tested cuttings have been treated with the root formation preparation “Kornevin” (control group – without treatment). As a result of the study, the optimal time for grafting coniferous trees for the Baikal region has been determined as the 3rd ten-day-period of June and July. The minimum rooting period for the cuttings has been figured out as 155 days. It has been noted that the cuttings whose lower part needles have not been removed, have taken root faster. Their rooting share is 10 % higher. The best rooting rate has been recorded in cuttings obtained from the plants *Picea obovata* Ledeb. and *P. obovata* var. *coerulea* Malyshev – 22–30%. The cuttings from *Pinus sylvestris* L. and *P. sibirica* Du Tour have a very low rooting share – less than 1 %. To determine the quality of rooting, biometric indicators of the formed roots have been obtained. The cuttings planted in the 3rd ten-day-period of June in cultivation beds with regulated fogging are characterized by powerful roots.



Keywords: pine, spruce, cuttings, grafting, coniferous species grafting, root formation time, root system, watering, artificial reforestation, the Irkutsk Region

Acknowledgements: The work was performed on the equipment of the Bioanalytics Center for Collective Use and used the collections of the Bioresource Center of Collective Use of the Siberian Institute of Plant Physiology and Biochemistry of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, Irkutsk.

For citation: Kiseleva E.N., Rachenko M.A., Rachenko A.M., Mokshonova I.M. Rooting of the Cuttings of Coniferous Species of Dendroflora of the Baikal Region. *Lesnoy Zhurnal = Russian Forestry Journal*, 2024, no. 5, pp. 27–39. (In Russ.). <https://doi.org/10.37482/0536-1036-2024-5-27-39>

Введение

Среди природных экосистем лесные являются наиболее значимыми для экологии, т. к. способствуют уменьшению выбросов парниковых газов, улавливанию углерода в почве и снижению уязвимости экосистемы в целом [19]. Кроме того, они дают сырье для промышленности и вырабатывают кислород. Поэтому можно сказать, что лесная отрасль является фундаментом «зеленой» экономики, а лесоводство – основным видом землепользования [20].

По данным Агентства лесного хозяйства, 83 % территории Иркутской области покрывают леса – это 64,4 млн га (более 11 % общероссийских запасов), из которых более 97 % – земли лесного фонда, 0,62 % – земли обороны и безопасности, 2,17 % – земли особо охраняемых природных территорий и 0,07 % – городские леса.

По данным Росстата (2020 г.), лесовосстановлению в России подлежит 1,1 млн га земель, из них 0,17 млн га – искусственному восстановлению через посадку семян, саженцев и черенков. При этом, по данным Ирстата, в Иркутской области ежегодно на территории до 15 тыс. га необходимо проводить искусственное лесовосстановление.

В связи с ростом объемов лесозаготовительных мероприятий, регулярными пожарами, особенно на дальних и охраняемых территориях, возрастает спрос на качественный и оздоровленный посадочный материал. Наиболее распространенный способ лесовосстановления – это получение посадочного материала путем семенного размножения, но также важна технология производства высококачественного посадочного материала черенкованием. Вегетативное размножение необходимо для сохранения генотипов плюсовых деревьев, особенно на территориях с высокой антропогенной нагрузкой (вблизи городов, железных дорог и промышленных предприятий). Вегетативное размножение применимо при ведении селекционно-семеноводческой работы, для создания клоновых семенных плантаций – источника семян повышенных генетических качеств [9, 12]. Усовершенствованные системы вегетативного размножения делают вероятным накопительное размножение отдельных клонов в более широком выборе видов [21]. Один из распространенных способов вегетативного размножения – это зеленое черенкование [13]. Метод основан на естественной способности растений к регенерации утраченных органов или частей, образованию целостных растений из стеблевых черенков [2]. Корнеобразовательная способность зависит от многих факторов: от возраста материнского растения, его состояния (наличие или отсутствие повреждений, ослабленность вредителями)

до условий черенкования и укоренения [3]. При производстве посадочного материала для лесного хозяйства вегетативное размножение увеличивает выход качественных саженцев. Отбор и массовое размножение отдельных деревьев имеют преимущество для продуктивности лесовосстановления [16].

Во всем мире более ценится сырье из хвойных пород деревьев, чем из лиственных. В Иркутской области преобладающую площадь лесного фонда занимают сосновые леса (15,5 млн га), на 2-м месте – лиственничные, затем – кедровые, еловые и пихтовые. Естественный процесс возобновления хвойных пород деревьев продолжителен и сложнопрогнозируем [14]. Главный недостаток размножения семенами – в том, что у них часто наблюдается вынужденный период покоя, всходы развиваются медленно, особенно в первые несколько лет жизни [7, 8, 10, 14].

Цель исследования – оценка технологии укоренения хвойных пород деревьев при летнем черенковании.

В задачи входило определение оптимальных сроков черенкования хвойных пород деревьев, подбор благоприятных условий для укоренения черенков и эффективных способов их подготовки.

Объекты и методы исследования

Исследование проводилось в 2019–2022 гг. на территории Сибирского института физиологии и биохимии растений Сибирского отделения РАН (СИФИБР, г. Иркутск) в условиях защищенного грунта и станции искусственного климата «Фитотрон».

Объектами исследования были представители семейства Сосновых (Pinaceae): *Picea obovata* Ledeb., *Pinus sylvestris* L., *Picea obovata* var. *coerulea* Malyshev, *Pinus sibirica* Du Tour, произрастающие на территории коллекционного участка Биоресурсного центра СИФИБР. Применялись методики, принятые в агрономии и лесном хозяйстве [5, 6]. Статистическая обработка результатов исследования [6] осуществлялась с использованием компьютерной программы Excel 2010. При оценке достоверности результатов рассчитывался показатель $НСР_{05}$ – наименьшая существенная разность для многофакторного и однофакторного опытов. В графиках применялась корреляционная линия тренда.

Укоренение черенков проводили в закрытом грунте в поликарбонатной теплице из металлического оцинкованного профиля, покрытого сотовым поликарбонатом толщиной 6 мм, с регулируемым туманообразованием в культивационные гряды (череночники); в климатической станции «Фитотрон» – в пластиковых ящиках для черенкования (30×20×15 см) с ручным поливом. В качестве грунта использовали смесь торфа и речного песка (3:1) с кислотностью от 6,0 до 6,2 (измерения проводили рН-метром). Перед посадкой грунт обрабатывали насыщенным раствором перманганата калия. Сверху посадки мульчировали 2–3 см песка. В культивационные гряды перед черенкованием на дно укладывали дренаж, затем измельченные остатки хвойных деревьев (ветви и хвоя) слоем в 40 см, потом 10–12 см подготовленного грунта. В ящиках для черенкования дренажа было не более 2 см, столько же – измельченных остатков хвойных деревьев, затем – грунтовая смесь.

Кульминационный период в сезонном приросте елей начинается при установлении среднесуточной температуры +20 °С [1], в регионе такие условия

создаются после 20 июня, к концу июля темпы роста побегов затухают. В это время и проводили черенкование (20 июня, 1, 10 и 20 июля). Сроки заготовки черенков – 2–3 дня до посадки. Согласно С.В. Talbert et al. [21], J. Riov et al. [17], вегетативное размножение, в т. ч. черенкование, от физиологически зрелых растений весьма затруднительно. Поэтому черенки брали с плюсовых растений в возрасте от 10 до 20 лет, без признаков повреждения вредителями, заболеваний («Правила создания и выделения объектов лесного семеноводства (лесосеменных плантаций, постоянных лесосеменных участков и подобных объектов)», утв. приказом М-ва природн. ресурсов и экологии РФ от 20 окт. 2015 г. № 438). Черенки срезали с побегов текущего года, заготовку проводили в утренние часы, длина черенка составляла до 10–12 см. Обязательное условие при заготовке черенков – это сохранение мутовки.

Срезанные черенки помещали в сосуды с водой комнатной температуры на 18–24 ч. Замачивание черенков проводили в защищенном от света помещении при комнатной температуре [5]. Перед посадкой черенки с базальной части обрезали секатором на 0,5 см и обрабатывали препаратом «Корневин» (индоллимазная кислота в концентрации 5 г/кг). Стимуляторы корнеобразования оказывают положительное влияние на укореняемость черенков хвойных пород [10, 11, 13]. Базальную часть подготовленных черенков опускали в препарат на высоту 2 см, излишки препарата удаляли встряхиванием. Готовые черенки высаживали в грунт на глубину 3–4 см, по 100 черенков на вариант в 3-кратной повторности. Контролем стали черенки, высаженные без обработки стимулятором корнеобразования. Для защиты посадок от воздействия прямых солнечных лучей использовали кулисы из нетканого белого полотна «Агрил». Затенение положительно влияет на укоренение черенков [2, 18].

В климатических камерах на ящики надевали колпаки из пленки для создания парникового эффекта [5], применяли ручной полив, аэрозольное распыление. В теплице – автоматический с помощью тумана (это позволяло не только поддерживать необходимую влажность воздуха и почвы, но и в жаркие дни снижать температуру воздуха). Камеру и теплицу проветривали, верхний слой при уплотнении рыхлили прокалыванием, прополки проводили по мере необходимости. В конце августа года черенкования выполняли первые учеты укоренения и выживаемости черенков, убрали погибшие растения. В период с середины сентября до середины октября растения поливали под корень при высыхании грунта на глубине 1,5–2 см. В это время температура почвы падала до +10 °С и ниже, а при таких условиях интенсивность укоренения заметно уменьшается (Федеральная служба государственной статистики). На зиму, когда подмерзал верхний слой почвы (конец октября – начало ноября), черенки мульчировали 15–20 см полуперепревших опилок (имитация снега). Весной (апрель) при повышении ночных температур до –5 °С укрытие постепенно снимали.

Вторую оценку укоренения проводили в середине июня следующего после черенкования года (рис. 1). На этом этапе учитывали образование как каллюса или корней, так и наличие или отсутствие вегетативного прироста. Третью оценку укоренения осуществляли в конце августа. На укорененных черенках определяли количество и длину корней 1-го порядка, наличие корней 2-го и последующего порядков и среднюю длину корня [4], измеряли длину вегетативного прироста (если он был).



Рис. 1. Черенки *Picea obovata* (слева) и *P. obovata* var. *coerulea* (справа) в культивационных грядах

Fig. 1. The cuttings of *Picea obovata* (left), and *Picea obovata* var. *coerulea* (right) in cultivation beds

Результаты исследования и их обсуждение

Приживаемость в вариантах без применения корнестимулятора была нулевой. Черенки, обработанные «Корневином», укоренились неоднородно (табл. 1).

Дисперсионный анализ для двухфакторного опыта при условии, что 1-м фактором (А) приняли сроки черенкования растений, 2-м (В) – условия черенкования (теплица/камера), показал значимость влияния обоих факторов, т. к. расчетное значение критерия Фишера превышало табличное (для фактора А $F_{\phi} = 4,85 \geq F_{\tau} = 3,28$; для фактора В $F_{\phi} = 3,65 \geq F_{\tau} = 2,88$). Укореняемость черенков на 5,38 % зависит от фактора А и на 15,4 % от фактора В.

В опытах М.И. Докучаевой [5] у сосны обыкновенной укореняемость черенков составляла от 1 до 2 %. В наших исследованиях укореняемость растений рода *Pinus* также была низкой – менее 1 % (0,75 % – для *P. sylvestris* и 0,5 % – для *P. sibirica* в теплице с туманной установкой и 0 % в условиях климатической камеры). Укоренение наблюдалось у 1 из 100 черенков, заготовленных в 3-х декадах июня и июля. Для вариантов 1-й и 2-й декад июля укорененных черенков не отмечено. Лучшие результаты зафиксированы для представителей рода *Picea* – укореняемость черенков в теплице составила в среднем 30,9 % (*P. obovata*) и 22,3 % (*P. obovata* var. *coerulea*). В условиях климатической камеры наблюдались более низкие результаты: укоренение черенков растений *P. obovata* произошло только в варианте от 2-й декады июля – в 5 % случаев. А у *P. obovata* var. *coerulea* укоренение установлено у черенков, заготовленных в 1-ю и 2-ю декады июля – 1 и 2 % соответственно. Остальные варианты характеризовались укореняемостью 0 %. Линии тренда показывают зависимость укореняемости елей от сроков черенкования (рис. 2).

Таблица 1

Влияние сроков черенкования на укоренение черенков саженцев исследуемых пород хвойных деревьев, обработанных стимулятором корнеобразования «Корневин» в 2019–2020 гг.

The effect of the grafting timing on the rooting of the studied coniferous tree species seedling cuttings treated with the root formation stimulator “Kornevin” in 2019–2020

Дата черенкования	Культура	Условия черенкования	Выживаемость, %	Укореняемость, %	Средние*	
					количество корней, шт.	длина корней, см
20 июня	<i>Picea obovata</i> Ledeb.	Теплица	72	31,5	4,2±0,41	22,2±2,64
		Камера	0	0	0	0
	<i>Pinus sylvestris</i> L.	Теплица	14	1	1,0±0,40	0,5±0,08
		Камера	23	0	0	0
	<i>Picea obovata</i> var. <i>coerulea</i> Malyshev	Теплица	37	28	2,2±0,75	21,8±10,23
		Камера	0	0	0	0
	<i>Pinus sibirica</i> Du Tour	Теплица	31	1	1,0±0,20	0,3±0,02
		Камера	12	0	0	0
1 июля	<i>Picea obovata</i> Ledeb.	Теплица	40	28	4,5±0,84	17,7±4,08
		Камера	9	0	0	0
	<i>Pinus sylvestris</i> L.	Теплица	6	0	0	0
		Камера	0	0	0	0
	<i>Picea obovata</i> var. <i>coerulea</i> Malyshev	Теплица	30	18	2,0±1,55	15,0±6,87
		Камера	18	1	1,0±0,18	0,2±0,03
	<i>Pinus sibirica</i> Du Tour	Теплица	13	0	0	0
		Камера	1	0	0	0
10 июля	<i>Picea obovata</i> Ledeb.	Теплица	53	30	4,2±1,72	13,3±3,08
		Камера	56	5	2,3±1,02	12,2±2,64
	<i>Pinus sylvestris</i> L.	Теплица	25	1	1,0±0,03	0,3±0,05
		Камера	0	0	0	0
	<i>Picea obovata</i> var. <i>coerulea</i> Malyshev	Теплица	51	17	2,8±1,60	10,2±3,82
		Камера	17	2	1,0±0,05	0,2±0,01
	<i>Pinus sibirica</i> Du Tour	Теплица	44	0	0	0
		Камера	0	0	0	0
20 июля	<i>Picea obovata</i> Ledeb.	Теплица	65	34	4,3±1,03	19,8±4,67
		Камера	0	0	0	0
	<i>Pinus sylvestris</i> L.	Теплица	46	1	1,0±0,02	0,2±0,07
		Камера	23	0	0	0
	<i>Picea obovata</i> var. <i>coerulea</i> Malyshev	Теплица	39	26	2,3±1,03	17,3±10,42
		Камера	0	0	0	0
	<i>Pinus sibirica</i> Du Tour	Теплица	40	1	1,0±0,02	0,2±0,01
		Камера	12	0	0	0
	Эффект фактора А			НСР ₀₅ = 3,7		$F_{\phi} \geq F_{\tau}$
	Эффект фактора В			НСР ₀₅ = 8,3		$F_{\phi} \geq F_{\tau}$

* Здесь и далее: среднее значение ± ошибка среднего.

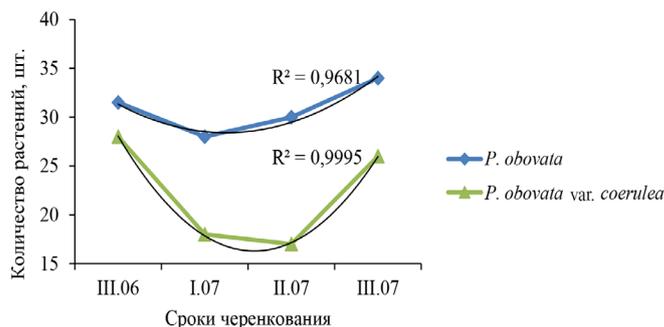


Рис. 2. Зависимость количества укорененных черенков елей в теплице в 2019–2020 гг. от сроков черенкования, $HCP_{05} = 1,37$
 Fig. 2. The dependence of the number of rooted spruce cuttings in the greenhouse in 2019–2020 on the timing of cuttings, $LSD_{05} = 1.37$

Более высокая доля укоренения отмечена для черенков, высаженных в 3-х декадах июня и июля. Наибольшее количество укорененных черенков – 34 % – было у растений *Picea obovata* в варианте 3-й декады июля. У *P. obovata* var. *coerulea* более результативное укоренение (28 %) отмечено для черенков от 3-й декады июня. В опытах Н.В. Пинаевой [10] укореняемость *P. obovata* составила 20 %, в опытах М.И. Докучаевой [5] – до 40 %. У канадских исследователей на торфяно-перегнойно-песчаной среде в теплице укоренялось до 80 % черенков [15]. Полученные нами результаты не противоречат данным проведенных ранее отечественных исследований в других регионах.

Распространены 2 способа подготовки черенка к посадке: освобождение от хвои в базальной части и без него [5]. В исследованиях были заложены варианты с черенками разной подготовки. В результате показано, что укоренение черенков с сохраненной хвоей выше на 10 % и занимает времени на 20 дней меньше (табл. 2). Укоренение черенков с удаленной хвоей проходит более длительно, они чаще гибнут. По результатам однофакторного дисперсионного анализа было установлено достоверное влияние способа подготовки черенков на их укореняемость: расчетный критерий Фишера превышал табличный ($F_{\phi} = 28,5 \geq F_{\tau} = 21,25$ – для *Picea obovata*; $F_{\phi} = 29,42 \geq F_{\tau} = 27,12$ – для *P. obovata* var. *coerulea*).

Таблица 2

Влияние способа подготовки черенков ели на их укоренение в 2019–2020 гг.
The influence of the method of preparing spruce cuttings on their rooting in 2019–2020

Культура	Вариант подготовки	Укорененные черенки, %			Средняя укореняемость, %	HCP ₀₅	Сроки укоренения, дн.
		1	2	3			
<i>Picea obovata</i>	Без хвои	10	6	8	8,0±2,0	12,25	186
	С хвоей	17	22	16	18,3±3,2		155
<i>P. obovata</i> var. <i>coerulea</i>	Без хвои	2	3	4	3,0±1,0	7,98	186
	С хвоей	8	14	16	12,7±4,2		155

Примечание: 1, 2, 3 – повторности опыта.

В ходе первой оценки укоренения был зафиксирован основной выпад растений – более 90 %, ни корней, ни каллюсной ткани не наблюдалось. На основании подсчетов характеризовали выживаемость, т. е. устанавливали количество черенков, которые сохранили живые и здоровые части. В августе, при третьей оценке, выявлены растения с развитой корневой системой. В результате

можно сказать, что в Прибайкалье для укоренения хвойных растений семейства Pinaceae требуется более 155 дней. Для получения саженцев хорошего качества с высокой долей выхода черенки перед посадкой лучше не зачищать от хвои. Эта манипуляция требует дополнительных энерго- и трудозатрат, при этом излишне травмированные черенки больше подвержены поражению инфекциями и чаще погибают. При ранневесеннем черенковании в Томской области [10] у растений рода *Picea* корни начинают образовываться спустя 75–80 дней. При летнем черенковании [5] в Московской области корни появляются через 66–80 дней после высадки в грунт. По результатам исследования, для Прибайкалья этот период более длительный – 155–186 дней.

Для определения качества укоренения были сняты биометрические показатели образованных корней. На момент учета у всех сохранившихся черенков сформировались корни хорошего качества и у большинства черенков виден прирост вегетативной части (рис. 3).



Рис. 3. Укоренившийся черенок *Picea obovata* с удалением хвои (слева), без удаления хвои (по центру) и укоренившийся черенок *P. obovata* var. *coerulea* без удаления хвои (справа)
Fig. 3. The rooted cutting of *Picea obovata* with the needles removed (left), without the needles removed (center), and the rooted cutting of *P. obovata* var. *coerulea* without the needles removed (right)

Корни образовывались чаще в области мутовки и реже – по линии нижнего среза черенка из его центральной части. Они были коричневого цвета с белыми шиловидными кончиками и в большинстве имели небольшие корни 2-го порядка, реже – 3-го. Начало прироста вегетативной части наблюдалось в конце мая – начале июня (корнеобразования в этот период не отмечено), что соответствовало началу сезонного вегетативного роста у растений в открытом грунте. К моменту учета (август) прирост составлял от $6 \pm 0,13$ до $11 \pm 1,02$ см. Независимо от сроков черенкования количество корней у *Picea obovata* варьировало от 1 до 5. У саженцев, полученных в череночнике, преобладали растения с 4 корнями ($4,3 \pm 0,14$ шт.), у *P. obovata* var. *coerulea* количество корней также варьировало от 1 до 5, но большинство черенков имели по 2 корня ($2,33 \pm 0,34$ шт.) (рис. 4). У саженцев, укорененных в ящиках, отмечено меньшее количество корней, но они были более разветвленные и характеризовались превосходящим количеством вторичных корней. Центральные корни имели изогнутую форму. Их среднее количество составило у *P. obovata* $2,35 \pm 0,38$ шт., а у *P. obovata* var. *coerulea* – $1,3 \pm 0,22$ шт.

Результаты многофакторного дисперсионного анализа показали, что условия черенкования не влияют на количество корней у черенков: $F_{\phi} = 2,85 \leq F_{\tau} = 3,36$. Сроки черенкования мало воздействуют на укоренение – $1,17\%$, $F_{\phi} = 4,55 \geq F_{\tau} = 4,45$.

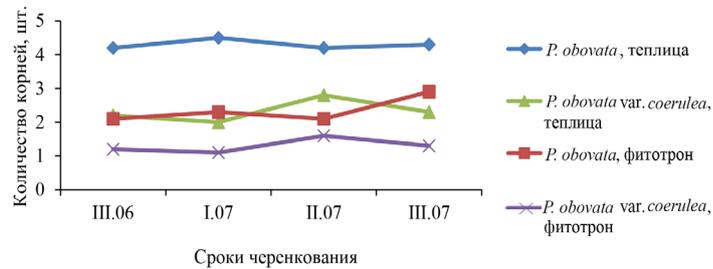


Рис. 4. Изменение количества корней у елей за вегетационные периоды 2019–2022 гг. в зависимости от сроков черенкования.

НСР₀₅ для фактора А равно 2,77; для фактора В – 2,26

Fig. 4. The change in the root number of spruce trees during the vegetation periods of 2019–2022 depending on the timing of grafting. LSD₀₅ for factor A is 2.77; for factor B – 2.26

В череночнике корневая система свободно располагается в грунте, что дает возможность для более интенсивного роста. Качество корневой системы саженцев, полученных в ящиках для черенкования, отличалось от качества корней, сформированных в череночнике. В таких условиях более длинные корни отмечены у черенков, высаженных в 3-й декаде июня, – в среднем 22,2 см у *Picea obovata* и 21,9 см у *P. obovata* var. *coerulea* (рис. 5). Наименьшая длина корней отмечена у черенков, укорененных во 2-й декаде июля, – 13,3 и 10,2 см соответственно.

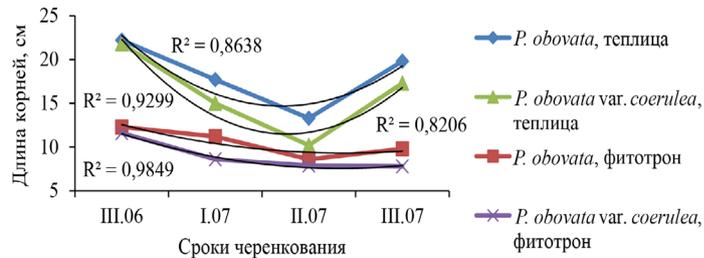


Рис. 5. Изменение длины корней у елей за вегетационные периоды 2019–2022 гг. в зависимости от сроков черенкования.

НСР₀₅ фактора А – 17,91; фактора В – 14,62

Fig. 5. The change in the root length of spruce trees during the vegetation periods of 2019–2022 depending on the timing of grafting. LSD₀₅ for factor A is 17.91; for factor B – 14.62

В ящиках более длинные корни отмечены у черенков, высаженных в 3-й декаде июня, – в среднем $12,3 \pm 1,61$ см у *Picea obovata* и $11,6 \pm 1,79$ см у *P. obovata* var. *coerulea*. Наименьшая длина корней у *P. obovata* зафиксирована у черенков, укорененных во 2-й декаде июля – $8,6 \pm 1,25$ см. У черенков *P. obovata* var. *coerulea* – во 2-й и 3-й декадах июля – $7,8 \pm 1,06$ см. Результаты многофак-

торного дисперсионного анализа показали, что условия черенкования слабо влияют на длину корней у черенков. Более существенное воздействие отмечено для сроков черенкования – 26,81 % ($F_{\phi} = 4,25 \geq F_{\tau} = 0,39$).

Заключение

Черенки, обработанные стимулятором корнеобразования «Корневин», имеют высокую долю укоренения по сравнению с необработанными черенками.

Условия, созданные для черенков в теплице с туманной установкой, лучше условий в климатической камере с ручным поливом.

Наихудшие результаты показали растения рода *Pinus*: укореняемость зеленых черенков составила менее 1 % (0,75 % – для *P. sylvestris* и 0,5 % – для *P. sibirica*). Лучшая картина наблюдалась у представителей рода *Picea* – укореняемость черенков в теплице была в среднем 30,9 % у *P. obovata* и 22,3 % у *P. obovata* var. *coerulea*.

В условиях Прибайкалья оптимальным сроком заготовки черенков для *P. obovata* и *P. obovata* var. *coerulea* являются 3-и декады июня и июля.

При подготовке черенков к посадке наихудшим оказался вариант, где удалась хвоя с черенков: доля укоренения таких черенков ниже на 10 %, а период укоренения дольше на 30 дней.

В Прибайкалье для укоренения хвойных растений *P. obovata* и *P. obovata* var. *coerulea* требуется более 155 дней.

Мощными корнями характеризуются черенки, высаженные в 3-й декаде июня в культивационные гряды с регулируемым туманообразованием, их длина составила в среднем 22,2 см у *P. obovata* и 21,9 см у *P. obovata* var. *coerulea*.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ / REFERENCES

1. Авдеева Е.В., Извеков А.А. Исследование фенологического цикла ели сибирской и колючей в условиях сибирского города // Хвойные бореал. зоны. 2021. Т. XXXIX, № 2. С. 81–89.

Avdeeva E.V., Izvekov A.A. Study of the Phenological Cycle of Spires of Siberian and Keys in the Conditions of the Siberian City. *Khvoynye boreal'noi zony = Conifers of the Boreal Area*, 2021, vol. XXXIX, no. 2, pp. 81–89. (In Russ.).

2. Аладина О.Н. Новые элементы в технологии размножения садовых растений зелеными черенками // Сб. докл. V ежегод. конф. Ассоциации Производителей Посадочного Материала. М.: АППМ, 2012. С. 51–58.

Aladina O.N. New Elements in the Technology of Propagation of Garden Plants by Green Cuttings. *Collection of Reports of the V Annual Conference of the Association of Planting Material Manufacturers*. Moscow, Association of Planting Material Manufacturers, 2012, pp. 51–58. (In Russ.).

3. Аладина О.Н. Оптимизация технологии зеленого черенкования садовых растений // Изв. ТСХА. 2013. Вып. 4. С. 5–22.

Aladina O.N. Optimization of Propagation Technology of Garden Plants by Herbaceous Cuttings. *Izvestiya Timiryazevskoj sel'skokhosyaystvennoj akademii = Izvestiya of Timiryazev Agricultural Academy*, 2013, iss. 4, pp. 5–22. (In Russ.).

4. Барайшук Г.В., Казакова А.С., Батурина С.Е., Симаков Е.С., Орлов Ю.В. Технологические решения получения адаптивного посадочного материала в условиях южной лесостепи Омской области // Политемат. сетевой электрон. науч. журн. КубГАУ. 2014. № 101(07). С. 2349–2360. Режим доступа: <http://ej.kubagro.ru/2014/07/pdf/158.pdf> (дата обращения: 28.08.24).

Barayshchuk G.V., Kazakova A.S., Baturina S.E., Simakov E.S., Orlov Yu.V. Technological Decisions of Getting Adaptive Planting Stock in the Conditions of South Forest-Steppe of the Omsk Region. *Nauchnyj zhurnal KubGAU = Scientific Journal of KubSAU*, 2014, no. 101(07), pp. 2349–2360. (In Russ.).

5. Докучаева М.И. Вегетативное размножение хвойных пород. М.: Лесн. пром-сть, 1967. 105 с.

Dokuchaeva M.I. *Vegetative Propagation of Conifers*. Moscow, Lesnaya promyshlennost' Publ., 1967. 105 p. (In Russ.).

6. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследования). М.: Агропромиздат, 1985. 351 с.

Dospikhov B.A. *Field Experiment Methodology (with the Basics of Statistical Processing of Research Results)*. Moscow, Agropromizdat Publ., 1985. 351 p. (In Russ.).

7. Маркова И.А. Современные проблемы лесовыращивания (Лесокультурное производство). СПб.: СПбГЛТА, 2008. 152 с.

Markova I.A. *Modern Problems of Forest Cultivation (Forestry Production)*. St. Petersburg, St. Petersburg State Forest Technical Academy Publ., 2008. 152 p. (In Russ.).

8. Нимаджанова К., Султонова М.С., Холов З.Н., Худойкулов Б.С. Поиски перспективных методов вегетативного размножении некоторых хвойных пород *in vivo* // Кишоварз. 2014. № 2. С. 23–25.

Nimadzhanova K., Sultonova M.S., Kholov Z.N., Khudojkulov B.S. The Search for Promising Methods of Vegetative Propagation of Some Coniferous Species *in vivo*. *Kishovarz*, 2014, no. 2, pp. 23–25. (In Russ.).

9. Нурманбетова А.Т., Ахматов М.К. Влияние стимуляторов роста CLONEX и VITROCLON ROOTING COMPLEX на укоренение и каллюсообразование черенков *Picea pungens* 'glauca' // Междунар. журн. приклад. и фундам. исследований. 2021. № 2. С. 11–15.

Nurmanbetova A.T., Akhmatov M.K. The Effect of Growth Stimulants CLONEX and VITROCLON ROOTING COMPLEX on Rooting and Callus Formation of *Picea pungens* 'glauca' Cuttings. *Mezhdunarodnyj zhurnal prikladnykh i fundamental'nykh issledovanij = International Journal of Applied and Basic Researches*, 2021, no. 2, pp. 11–15. (In Russ.). <https://doi.org/10.17513/mjpf.13174>

10. Пинаева Н.В., Дорохова А.И. Опыт вегетативного размножения некоторых видов и сортов хвойных пород // Лесное хозяйство и зеленое строительство в Западной Сибири: материалы VII Междунар. науч. интернет-конф. Томск, 2015. С. 121–128.

Pinaeva N.V., Dorokhova A.I. The Experience of Vegetative Propagation of Some Species and Varieties of Conifers. *Forestry and Green Building in Western Siberia: Materials of the VII International Scientific Internet Conference*. Tomsk, 2015, pp. 121–128. (In Russ.).

11. Резвякова С.В., Гурин А.Г., Резвякова Е.С. Размножение хвойных пород зелеными черенками с использованием новых биопрепаратов // Вестн. ОрелГАУ. 2017. № 2(65). С. 9–14.

Rezvyakova S.V., Gurin A.G., Rezvyakova E.S. Propagation of Coniferous Species by Green Cuttings Using New Biopreparations. *Vestnik OrelGAU*, 2017, no. 2(65), pp. 9–14. (In Russ.). <https://doi.org/10.15217/issn1990-3618.2017.2.9>

12. Севастьянов В.Е. Изучение элементов технологии размножения хвойных пород методом черенкования в условиях степного Крыма // Изв. с.-х. науки Тавриды. 2018. № 16(179). С. 30–39.

Sevast'yanov V.E. The Study of the Elements of the Technology of Propagation of Coniferous Species by Cuttings in the Conditions of the Steppe Crimea. *Izvestiya sel'skokozyajstvennoj nauki Tavridy*, 2018, no. 16(179), pp. 30–39. (In Russ.).

13. Цепляев А.Н., Трещевская Э.И. Синергический эффект применения стимуляторов ризогенеза и подогрева субстрата при зеленом черенковании хвойных пород // Лесотехн. журн. 2019. Т. 9, № 2(34). С. 14–21.

Tseplyaev A.N., Treschevskaya E.I. Synergistic Effect of Rhysogenesis Stimulator Application and Substrate Heating during Propagation by Herbaceous Cuttings of Coniferous Species. *Lesotekhnicheskij zhurnal = Forestry Engineering Journal*, 2019, vol. 9, no. 2(34), pp. 14–21. (In Russ.). <https://doi.org/10.34220/issn.2222-7962/2019.2/2>

14. Шукин Р.А., Заволока И.П., Рязанов Г.С., Рязанова В.В. Укореняемость видов хвойных растений в зависимости от состава почвенной смеси в тепличных условиях с использованием системы туманообразования // Вестн. Мичурин. гос. аграр. ун-та. 2016. № 4. С. 30–36.

Shchukin R.A., Zavaloka I.P., Ryazanov G.S., Ryazanova V.V. Rooting Ability of Coniferous Species Depending on the Potting Soil Composition under Greenhouse Conditions Using Misting System. *Vestnik Michurinskogo agrarnogo universiteta = Bulletin of Michurinsk State Agrarian University*, 2016, no. 4, pp. 30–36. (In Russ.).

15. Grace N.H., Farrar J.L. Vegetative Propagation of Conifers: XIII. Rooting of Norway Spruce Cuttings in the Greenhouse. *Canadian Journal of Research*, 1945, vol. 23c, no. 5, pp. 150–165. <https://doi.org/10.1139/cjr45c-013>

16. Gupta S., Sahoo G., Wani A.M. Propagation of Forest Tree Species by Vegetative Propagation. *Recent Trends in Propagation of Forest and Horticultural Crops*, 2022, pp. 26–42.

17. Riov J., Fox H., Attias R., Shklar G., Farkash-Haim L., Sitbon R., Moshe Y., Abu-Abied M., Sadot E., David-Schwartz R. Improved Method for Vegetative Propagation of Mature *Pinus halepensis* and its Hybrids by Cuttings. *Israel Journal of Plant Sciences*, 2020, vol. 67, iss. 1–2, pp. 5–15. <https://doi.org/10.1163/22238980-20191118>

18. Pacholczak A., Szydło W. The Effect of Stock Plant Shading on Rhizogenesis in Stem Cuttings of *Cornus alba* L. Cultivars. *Propagation of Ornamental Plants*, 2010, vol. 10, no. 1, pp. 37–41.

19. Sahoo G., Wani A.M. Forest Management in Relation to Climate Change. *Bioingene PSJ*, 2021, art. no. D24MLY20R13, pp. 1–10.

20. Sahoo G., Wani A.M. Multifunctional Agroforestry Systems in India for Livelihoods. *Annals of Horticulture*, 2019, vol. 12, iss. 2, pp. 139–149. <https://doi.org/10.5958/0976-4623.2019.00022.7>

21. Talbert C.B., Ritchie G.A., Gupta P. Conifer Vegetative Propagation: an Overview from a Commercialization Perspective. *Clonal Forestry I: Genetics and Biochemistry*, 1993, no. 1, pp. 145–181. https://doi.org/10.1007/978-3-642-84175-0_11

Конфликт интересов: Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов
Conflict of interest: The authors declare that there is no conflict of interest