

ОСОБЕННОСТИ РАЗВИТИЯ КОРНЕВОЙ СИСТЕМЫ ЕЛИ СИБИРСКОЙ (*PICEA OBOVATA*) ПРИ РАЗНЫХ ТЕХНОЛОГИЯХ ВЫРАЩИВАНИЯ

Р.А. Третьякова, О.В. Паркина[✉], О.Е. Якубенко

ФГБОУ ВО «Новосибирский государственный аграрный университет», 630039, г. Новосибирск, ул. Добролюбова, д. 160
Parkinaoksana@yandex.ru

Проведена оценка развития корневой системы ели сибирской (*Picea obovata*) при разных технологиях выращивания на территории учебно-производственного хозяйства «Сад Мичуринцев» Новосибирской обл. Установлена изменчивость биометрических показателей саженцев в зависимости от способа выращивания посадочного материала, в частности, с открытой корневой системой с пересадкой без перешколивания и при последующей посадке в контейнеры для получения крупномеров. Анализ данных показал, что у саженцев, выращиваемых с закрытой корневой системой в течение пяти лет отмечено угнетение развития боковых корней и уменьшение числа всасывающих волосков, что приводит к ухудшению усвоения питательных элементов из субстрата и замедлению процессов жизнедеятельности растения в целом. Установлено, что при перешколивании на пятый год отмирает главный корень и активно развиваются боковые корни, а это способствует увеличению площади освоения почвы и улучшению питания саженцев. Изучена доля влияния гидротермических условий на рост и развитие саженцев ели сибирской (*Picea obovata*). Определена существенная зависимость формирования корневой системы и характера наступления феноритмов от условий произрастания. **Ключевые слова:** ель сибирская (*Picea obovata*), корневая система, технология выращивания, главный корень, боковые корни

Ссылка для цитирования: Третьякова Р.А., Паркина О.В., Якубенко О.Е. Особенности развития корневой системы ели сибирской (*Picea obovata*) при разных технологиях выращивания // Лесной вестник / Forestry Bulletin, 2022. Т. 26. № 4. С. 14–20. DOI: 10.18698/2542-1468-2022-4-14-20

Получение качественного посадочного материала и повышение эффективности лесовосстановления являются важными составляющими отрасли лесного хозяйства [1]. Особенности развития хвойных пород базируются на элементах технологии производства посадочного материала с возможностью сокращения срока выращивания и максимальным выходом качественных саженцев с единицы площади [2].

Саженцы ели характеризуются высокой приживаемостью за счет морфобиологических особенностей вида, не требуют интенсивного агротехнического ухода, что позволяет добиться высокой продуктивности искусственных насаждений [3]. При подборе посадочного материала следует учитывать особенности и место произрастания древесной породы [4].

Ель сибирская (*Picea obovata*) формирует как чистые, так и смешанные насаждения со многими хвойными и широколиственными видами: сосной, кедром, лиственницей, пихтой, дубом [5, 6]. Это достаточно теневыносливый и холодоустойчивый вид, способный выдерживать температуру до $-45,6^{\circ}\text{C}$ [7, 8]. Произрастает в северо-восточных районах европейской части РФ, на Урале, в Западной Сибири [9, 10]. Представляет собой дерево с узкопирамидальной или пирамидальной кроной, высотой до 30 м и диаметром ствола до 70 см.

Хвоя — от 0,7 до 2 см длиной, шишки — от 4 до 8 см длиной, масса 1000 семян — около 5 г [11]. Количество семян в шишках длиной от 50 до 70 мм составляет от 70 до 100 шт. [12].

В зависимости от технологии производства посадочный материал древесных пород подразделяется на посадочный материал с корневой системой открытого типа (ОКС) и посадочный материал с корневой системой закрытого типа (ЗКС).

Особенности выращивания саженцев ЗКС позволяют модернизировать этапы производства посадочного материала и обеспечить высокий процент приживаемости саженцев [13]. Посадочный материал с ЗКС имеет некоторые преимущества не только при непосредственном выращивании [14], но и при реализации и транспортировке в течение года, что определяет высокую мобильность и экономичность для предприятий и организаций лесной отрасли [15].

Необходимо разрабатывать способы и технологии выращивания посадочного материала в открытом грунте и с закрытой корневой системой с учетом конкретных почвенно-климатических условий региона и биологических особенностей пород. Элементы технологии должны включать в себя в первую очередь систему научнообоснованных агротехнических приемов, выполняемых в определенной последовательности и позволяющих создавать благоприятные условия роста.

Цель работы

Цель работы — изучение особенностей развития корневых систем ели сибирской (*Picea obovata*) при различных технологиях выращивания.

Объекты и методы исследования

Ель сибирская характеризуется наличием поверхностной корневой системы [10]. В результате формирования плотной низкоопущенной кроны ветви могут укореняться, образуя эпигеогенный тип корня [16].

Есть несколько работ о динамике роста корневых систем ели сибирской. Изучением данного вопроса занимались Г.Г. Терехов, Н.А. Луганский, Н.И. Стародубцева. В своих работах эти исследователи привели результаты изучения морфологического состояния самосева и подроста ели сибирской [17], формирования корневой системы ели в 1–5-летних культурах [18]. Однако еще недостаточно изучена зависимость роста надземной части растения в сочетании с ростом корневой системы у сеянцев и саженцев от технологии выращивания и экологических факторов.

Объект исследования — саженцы ели сибирской с ОКС и ЗКС.

Многолетние исследования проведены на территории учебно-производственного хозяйства (УПХ) «Сад Мичуринцев» ФГБОУ ВО «Новосибирский государственный аграрный университет» (далее УПХ «Сад Мичуринцев»).

Климат Новосибирской обл. характеризуется как континентальный. Годовая сумма осадков составляет около 400...500 мм, преобладает юго-западное направление ветра, продолжительность вегетации в среднем — 155 сут, снежный покров сохраняется около 170 сут, высота снежного покрова — от 35 до 60 см, безморозный период — от 90 до 140 сут. [19].

Опытный участок расположен в дренированной лесостепи на склоне Приобского плато. Почвы — серые лесные тяжелосуглинистые, на бескарбонатном тяжелом суглинке, характеризуются средним содержанием гумуса в количестве 3,72 %, реакция среды — слабокислая (рН = 6,5), обеспеченность нитратным азотом — низкая (6,8 мг/кг), подвижным фосфором — повышенная (272 мг/кг), подвижным калием — средняя (168 мг/кг) (рис. 1).

Исследования проводили двумя методами: прямыми наблюдениями на постоянных пробных площадях и дальнейшей статистической обработки, позволяющей рассмотреть динамику формирования корневой системы ели сибирской при разных условиях выращивания в большом временном диапазоне. Участки саженцев с ОКС и ЗКС были заложены в 2015 г.



Рис. 1. Размещение участков в учебно-производственном хозяйстве «Сад Мичуринцев»: 1 — саженцы с открытым типом корневой системы; 2 — саженцы с закрытым типом корневой системы

Fig. 1. Site's location in the educational and production facility «Michurintsev Garden»: 1 — transplant with an open root system; 2 — transplant with a closed root system

Методы количественного учета основаны на выемке почвенных образцов определенного размера, с последующими выделением подземных органов, их отмывкой от почвы и количественным учетом, поскольку они не дают достаточно полного представления об особенностях строения, развития и залегания подземных частей растений, взаимоотношениях корневых систем разных растений [20, 21].

Использование современных методов, надлежащий агротехнический уход повышают продуктивность насаждений [22, 23].

Результаты и обсуждение

Ель сибирская характеризуется развитием горизонтальной корневой системы в верхнем, рыхлом, слое почвы, в условиях хорошей аэрации [24]. Формирование ОКС и ЗКС обусловлено наличием особенностей. Корневая система открытого типа представлена разветвленными боковыми корнями второго и последующих порядков с большим количеством всасывающих волосков, с угнетением главного корня. При выращивании саженцев с ЗКС отмечается отмирание боковых корней и всасывающих волосков (рис. 2).

Оптимальное соотношение надземной части растений и корневой системы, ассимиляционного аппарата (транспирирующей массы) и всасывающих корней наблюдается у саженцев ели при раннем перешколивании [25].

Проведены анализ изменения биометрических показателей посадочного материала, измерения главного корня, боковых и придаточных корней в школьном отделении, предназначенном для выращивания саженцев с ОКС (табл. 1).

Высота саженцев с открытой корневой системой составляет в среднем 79,6 см, коэффициент вариации — 11 %; диаметр стволика — 2,2 см,

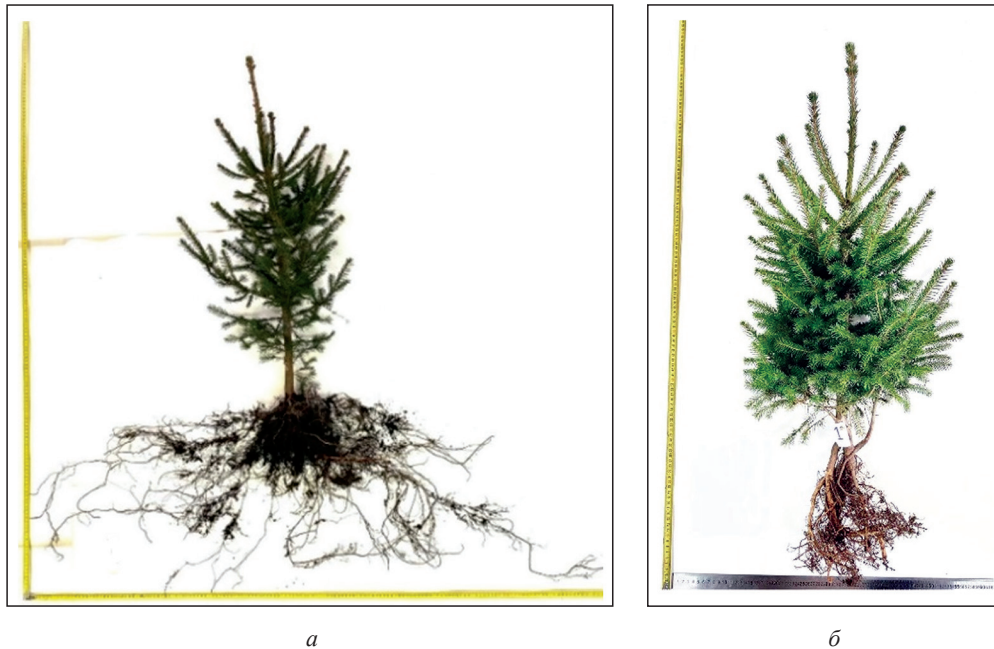


Рис. 2. Корневая система саженца ели сибирской: *a* — открытого типа; *б* — закрытого типа
 Fig. 2. The root system of a Siberian spruce seedling: *a* — bare-root type; *б* — root-balled type

Т а б л и ц а 1

**Биометрические показатели саженцев ели сибирской
 с развитием корневой системы открытого типа**

Biometric indicators of Siberian spruce seedlings with the development of a bare-root system

Параметр	Значения, см			Среднее квадратическое отклонение, σ	Коэффициент вариации, CV , %
	mid	max	min		
Высота саженца	79,6	93,0	73,0	8,73	10,97
Диаметр стволика	2,2	2,4	1,9	0,19	8,82
Длина кроны	71,2	79,0	65,0	6,42	9,02
Диаметр кроны	55,4	62,0	47,0	6,50	11,74
Прирост осевого побега	31,0	40,0	24,0	6,78	21,88
Боковой прирост	16,4	16,4	13,0	2,30	14,04
Длина главного корня	28,6	28,6	14,0	10,29	35,96
Диаметр главного корня	1,6	2,1	0,7	0,54	34,40
Длина боковых корней	21,2	26,2	16,8	3,69	17,40
Длина корневых волосков	14,7	21,0	8,3	4,55	31,03

коэффициент вариации — 9 %. Длина главного корня составляет в среднем 28,6 см; длина боковых корней в почвенном слое — 21,2 см.

Проведены также измерения главного корня, боковых и придаточных корней в отделении, предназначенном для выращивания крупномерных саженцев с ЗКС (табл. 2).

Высота саженцев с ЗКС составляет в среднем 73,2 см, коэффициент вариации — 11 %; диаметр стволика — 2,2 см, коэффициент вариации — 6 %. Длина главного корня составляет в среднем 24,0 см; длина боковых корней в почвенном слое — 37,6 см.

Между полученными показателями высоты, диаметра стволиков саженцев, длины главного корня, длины боковых и придаточных корней в школьном отделении, предназначенном для выращивания саженцев с открытой корневой системой, в отделении, предназначенном для выращивания саженцев с закрытой корневой системой была установлена корреляционная связь (рис. 3).

Наибольший показатель корреляции саженцев с ОКС отмечен между диаметром главного корня и осевым приростом — 0,7. Наибольший показатель корреляции саженцев с ЗКС отмечен между высотой саженцев и диаметром главного

Биометрические показатели саженцев ели сибирской с развитием корневой системы закрытого типа

Biometric indicators of Siberian spruce seedlings with the development of a root-balled system

Параметр	Значения, см			Среднее квадратическое отклонение, σ	Коэффициент вариации, CV, %
	mid	max	min		
Высота саженца	73,2	85,0	62,0	8,35	11,41
Диаметр стволика	2,2	2,3	2,0	0,13	6,21
Длина кроны	67,6	75,0	60,0	6,19	9,15
Диаметр кроны	44,4	50,0	36,0	5,22	11,77
Прирост осевого побега	26,0	34,0	12,0	8,46	32,52
Боковой прирост	13,8	17,0	10,0	2,59	18,76
Длина главного корня	24,0	47,0	12,0	13,58	56,60
Диаметр главного корня	1,2	1,6	0,8	0,31	25,69
Длина боковых корней	37,6	50,1	20,3	10,90	29,0
Длина корневых волосков	35,2	45,4	23,4	9,81	27,87

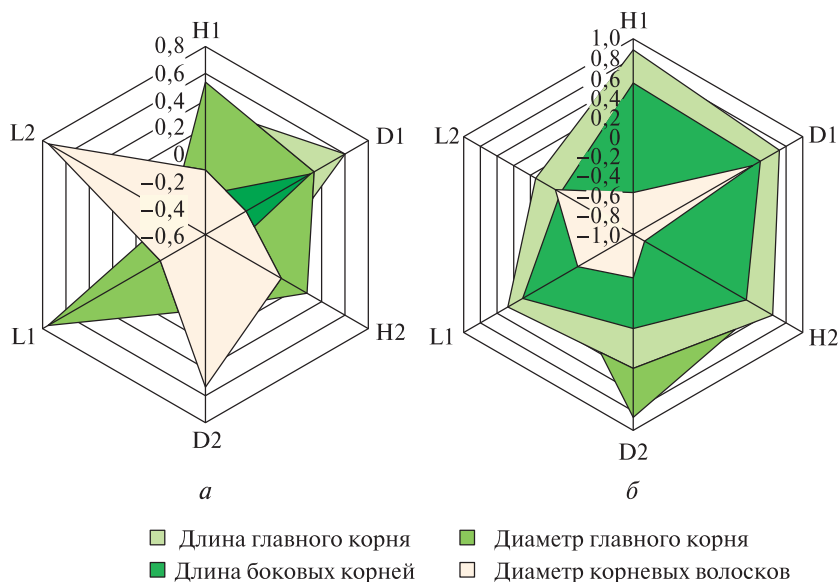


Рис. 3. Корреляция между признаками саженцев: *a* — ОКС; *б* — ЗКС; H_1 — высота саженца, H_2 — высота кроны, D_1 — диаметр ствола, D_2 — диаметр кроны, L_1 — осевой прирост, L_2 — боковой прирост
Fig. 3. Correlation between the seedlings characteristics: *a* — bare-root system; *б* — a root-balled system; H_1 — seedling height, H_2 — crown height, D_1 — trunk diameter, D_2 — crown diameter, L_1 — axial growth, L_2 — lateral growth

корня, диаметром главного корня и диаметром кроны — 0,8.

Установлено, что корневая система ели сосредоточена в верхнем слое почвы — корни распространяются горизонтально, густо переплетаясь между собой, образуют мощную сеть. Количество корней по мере углубления в почву снижается.

Выводы

Характер строения корневых систем определяется биологической особенностью породы и варьирует вследствие изменений, происходящих в условиях среды. У саженцев, выращиваемых

с ЗКС, отмечено угнетение развития боковых корней и уменьшение числа всасывающих волосков, что приводит к ухудшению усвоения питательных элементов из субстрата и замедлению процессов жизнедеятельности растения в целом. При раннем перешколивании наблюдается угнетение главного корня и активное развитие боковых корней и всасывающих волосков, что обеспечивает увеличение площади освоения почвы и улучшения питания саженцев. Верхний рыхлый слой почвы оказывает благоприятное воздействие на развитие надземной и подземной частей саженцев ели сибирской.

Список литературы

- [1] Мельник П.Г., Тишков А.С., Аксенов П.А. Продуктивность и качество древесины климатипов ели в условиях Подмосквы // Лесной вестник / Forestry Bulletin. 2020. Т. 24. № 3. С. 66–73.
DOI: 10.18698/2542-1468-2020-3-66-73
- [2] Смирнов Н.А. Выращивание посадочного материала для лесовосстановления. М.: Лесная пром-сть, 1981. 169 с.
- [3] Миронов В.В. Экология хвойных пород при искусственном лесовозобновлении. М.: Лесная пром-сть, 1977. 232 с.
- [4] Чернов Н.Н. Особенности создания и выращивания культур ели // Леса Урала и хозяйство в них, 2004. № 25. С. 141–147.
- [5] Протопопов В.В. Средообразующая роль темнохвойного леса. Новосибирск: Наука, 1975. 327 с.
- [6] Мишко А.Е. Онтоморфогенез ели сибирской (*Picea obovata* Ledeb.) в северотаежных лесах (на примере Кольского полуострова): дис. ... канд. биол. наук (специальность 03.02.08). СПб.: Изд-во Ботанического ин-та им. В.Л. Комарова РАН, 2019. 146 с.
- [7] Bannister P., Neuner G. Frost resistance and the distribution of conifers in Eds. F.J. Bigras, S.J. Colombo // Conifer cold hardiness. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 2001, pp. 3–22.
- [8] Kjellsen T.D., Shiryayeva L., Schroder W.P., Strimbeck G.R. Proteomics of extreme freezing tolerance in Siberian spruce (*Picea obovata*) // J. Proteomic, 2010, v. 73 (5), pp. 965–975.
- [9] Попов П.П. Ель европейская и сибирская: структура, интеграция и дифференциация популяционных систем. Новосибирск: Наука, 2005. 231 с.
- [10] Мартынов А.Н., Мельников Е.С., Ковязин В.Ф., Аникин А.С., Минаев В.Н., Беляева Н.В. Основы лесного хозяйства и таксация леса. СПб.: Лань, 2008. 372 с.
- [11] Абаймов В.Ф. Дендрология с основами лесной геоботаники и дендроиндикации: учеб. пособие. Оренбург: Издательский центр ОГАУ, 2014. 396 с.
- [12] Муканова А.А., Попов П.П. Биологические особенности ели сибирской на территории Тюменской области // Леса Евразии в третьем тысячелетии: Материалы Междунар. конф. молодых ученых, Москва, 26–29 июня 2001 г. М.: МГУЛ, 2001. С. 89–90.
- [13] Праходский С.А. Особенности прохождения герминального этапа представителями рода *Picea* A. Dietr. при выращивании посадочного материала с закрытой корневой системой // Леса Евразии — Подмосковные вечера: Материалы X Междунар. конф. молодых ученых, посвященной 90-летию со дня основания Московского государственного университета леса и 170-летию со дня рождения профессора М.К. Турского, Москва, 19–25 сентября 2010 г. М.: МГУЛ, 2010. С. 216–218.
- [14] Волотович А.А., Поплавская Л.Ф., Ребко С.В., Тупик П.В. Сравнительные показатели роста сортовых сеянцев сосны обыкновенной с ЗКС // Лесное хозяйство: Тезисы 82-й науч.-техн. конф. с междунар. участием, Минск, 01–14 февраля 2018 г. Минск: Изд-во БГТУ, 2018. С. 56.
- [15] Носников В.В. ЗКС: за и против // Лесное и охотничье хозяйство, 2018. № 4. С. 13–17.
- [16] Evstigneev O.I., Korotkov V.N. Ontogenetic stages of trees: an overview // Russian J. of Ecosystem, 2016, v. 2(2), pp. 1–31.
- [17] Терехов Г.Г. Развитие корневых систем пятилетних культур ели сибирской на Урале // Леса Урала и хозяйство в них, 2004. № 25. С. 133–141.
- [18] Терехов Г.Г., Луганский Н.А., Стародубцева Н.И. Начальные этапы формирования корневой системы ели в культурах на среднем Урале // Леса России и хозяйство в них, 2014. № 4 (51). С. 24–31.
- [19] Лесной план Новосибирской области от 10.01.2019. URL: <https://docs.cntd.ru/document/465727230> (дата обращения 20.09.2021).
- [20] Рекомендации по восстановлению искусственным и комбинированным способами хвойных и твердолиственных молодняков на землях лесного фонда (с базовыми технологическими картами на выполненные работы). Пушкино: Изд-во ВНИИЛМ, 2015. 80 с.
- [21] Рожков В.А., Кузнецова И.В., Рахматуллоев Х.Р. Методы изучения корневых систем растений в поле и лаборатории. М.: МГУЛ, 2008. 51 с.
- [22] Пальцев А.М., Мерзленко М.Д., Мельник П.Г. Опыт географических культур ели в зоне смешанных лесов. Обзорная информация. М.: Изд-во ВНИИЦлесресурс, 1995. 35 с.
- [23] Терехов Г.Г., Луганский Н.А. Оценка морфологического состояния надземной части самосева и подростка ели сибирской на лесокультурном участке // Леса России и хозяйство в них, 2009. № 1(31). С. 19–26.
- [24] Рахтеенко И.Н. Корневые системы древесных и кустарниковых пород. М.: Гослесбумиздат, 1952. 106 с.
- [25] Мерзленко М.Д., Бабич Н.А. Теория и практика искусственного лесовосстановления. Архангельск: Изд-во САФУ, 2011. 239 с.

Сведения об авторах

Третьякова Раиса Алексеевна — аспирант, ФГБОУ ВО «Новосибирский государственный аграрный университет», rtretyakova@yandex.ru

Паркина Оксана Валерьевна — канд. с.-х. наук, зав. кафедрой лесного хозяйства, ФГБОУ ВО «Новосибирский государственный аграрный университет», Parkinaoksana@yandex.ru

Якубенко Ольга Евгеньевна — ст. преподаватель кафедры лесного хозяйства, ФГБОУ ВО «Новосибирский государственный аграрный университет», o.e.yakubenko@yandex.ru

Поступила в редакцию 10.01.2022.

Одобрено после рецензирования 27.01.2022.

Принята к публикации 04.04.2022.

DEVELOPMENTAL FEATURES OF SIBERIAN SPRUCE (*PICEA OBOVATA*) ROOT SYSTEM WITH DIFFERENT CULTIVATION TECHNOLOGIES

R.A. Tretyakova, O.V. Parkina✉, O.E. Yakubenko

Novosibirsk State Agrarian University, 160, Dobrolyubova st., 630039, Novosibirsk, Russia

Parkinaoksana@yandex.ru

An assessment of the Siberian spruce (*Picea obovata*) root system development with different cultivation technologies on the territory of the «Michurintsev Garden» in the Novosibirsk region was carried out. The variability of the seedlings biometric indicators was established depending on the method of growing planting material: with a bare root system without transplanting and with subsequent planting in containers to obtain large-sized plants. Analysis of the data showed that five-year old transplants grown with a root-balled system for five years underdeveloped lateral roots and the decrease in the number of suction hairs were noted, which leads to a deterioration in the nutrients absorption from the substrate and the slowdown in the life processes of the plant as a whole. With transplanting in the fifth year, the dying off of the main root and the active development of lateral roots are observed, which provides an increase in the area of soil development and an improvement in the transplants nutrition. The extent of the influence of hydrothermal conditions on the growth and development of Siberian spruce (*Picea obovata*) transplants was studied. It has been established that the formation of the root system and the nature of the onset of phenorhythms significantly depend on the growing conditions.

Keywords: Siberian spruce (*Picea obovata*), root system, growing technology, main root, lateral roots, suction hairs

Suggested citation: Tretyakova R.A., Parkina O.V., Yakubenko O.E. *Osobennosti razvitiya kornevoj sistemy eli sibirskoj (Picea obovata) pri raznyh tehnologijah vyrashhivaniya* [Developmental features of Siberian spruce (*Picea obovata*) root system with different cultivation technologies]. *Lesnoy vestnik / Forestry Bulletin*, 2022, vol. 26, no. 4, pp. 14–20. DOI: 10.18698/2542-1468-2022-4-14-20

References

- [1] Mel'nik P.G., Tishkov A.S., Aksenov P.A. *Produktivnost' i kachestvo drevesiny klimatipov eli v usloviyakh Podmoskov'ya* [Climatic type spruce productivity and wood quality in Moscow region]. *Lesnoy vestnik / Forestry Bulletin*, 2020, vol. 24, no. 3, pp. 66–73. DOI: 10.18698/2542-1468-2020-3-66-73
- [2] Smirnov N.A. *Vyrashchivanie posadochnogo materiala dlya lesovosstanovleniya* [Coniferous planting material cultivation using advanced technologies]. Moscow: Lesnaya promyshlennost' [Forest Industry], 1981, 169 p.
- [3] Mironov V.V. *Ekologiya khvoynykh porod pri iskusstvennom lesovozobnovlenii* [Ecology of conifer during artificial reforestation]. Moscow: Lesnaya promyshlennost' [Forest Industry], 1977, 232 p.
- [4] Chernov N.N. *Osobennosti sozdaniya i vyrashchivaniya kul'tur eli* [Features of the creation and cultivation of spruce crops]. *Forests of the Urals and the economy in them*, 2004, no. 25, pp. 141–147.
- [5] Protopopov V.V. *Sredobrazuyushchaya rol' temnokhvoynogo lesa* [The Habitat Forming Role of Dark Coniferous Forest]. Novosibirsk: Nauka, 1975, 327 p.
- [6] Mishko A.E. *Ontomorfogenez eli sibirskoy (Picea obovata Ledeb.) v severotaezhnykh lesakh (na primere Kol'skogo poluostrova)* [Ontomorphogenesis of Siberian spruce (*Picea obovata* Ledeb.) in northern taiga forests (on the example of the Kolsky peninsula)]. Diss. ... Cand. Sci. (Biol.). SPb.: Botanicheskiy in-t im. V.L. Komarova RAN, 2019. 146 p.
- [7] Bannister P., Neuner G. Frost resistance and the distribution of conifers in Eds. F.J. Bigras, S.J. Colombo. *Conifer cold hardiness*. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 2001, pp. 3–22.
- [8] Kjellsen T.D., Shiryayeva L., Schroder W.P., Strimbeck G.R. Proteomics of extreme freezing tolerance in Siberian spruce (*Picea obovata*). *J. Proteomics*, 2010, v. 73 (5), pp. 965–975.
- [9] Popov P.P. *El' evropeyskaya i sibirskaya: struktura, integratsiya i differentsiatsiya populyatsionnykh sistem* [European and Siberian spruce: structure, intergradation and differentiation of population systems]. Novosibirsk: Nauka, 2005, 231 p.
- [10] Martynov A.N., Mel'nikov E.S., Kovyazin V.F., Anikin A.S., Minaev V.N., Belyaeva N.V. *Osnovy lesnogo khozyaystva i taksatsiya lesa* [Fundamentals of forestry and forest inventory]. St. Petersburg: LLC Publishing House «Lan'», 2008, 372 p.
- [11] Abaimov V.F. *Dendrologiya s osnovami lesnoy geobotaniki i dendroindikatsii* [Dendrology with the basics of forest geobotany and dendroindication: a textbook]. Orenburg: OSAU Publishing Center, 2014, 396 p.
- [12] Mukanova A.A., Popov P.P. *Biologicheskie osobennosti eli sibirskoy na territorii Tyumenskoy oblasti* [Biological features of Siberian spruce in the Tyumen region]. *Lesa Evrazii v tret'em tysyacheletii: Materialy Mezhdunar. konferentsii molodykh uchenykh* [Forests of Eurasia in the third Millennium: Proceedings of International Conference of young scientists]. Moscow: MSFU, 2001, pp. 89–90.
- [13] Prakhodskiy S.A. *Osobennosti prokhozheniya germinal'nogo etapa predstavatelyami roda Picea A. Dietr. pri vyrashchivanii posadochnogo materiala s zakrytoy kornevoy sistemoy* [Features of passage germinal stage by representatives of genus *Picea* A. Dietr. at cultivation of the landing material with the closed root system]. *Lesna Evrazii — Podmoskovnye vechera: Materialy X Mezhdunar. konferentsii molodykh uchenykh, posvyashchennoy 90-letiyu so dnya osnovaniya Moskovskogo gosudarstvennogo universiteta lesa i 170-letiyu so dnya rozhdeniya professora M.K. Turskogo* [Forests of Eurasia — Moscow Nights: Materials of the X International Conference of Young Scientists dedicated to the 90th anniversary of the founding of Moscow State Forest University and the 170th birthday of Professor M.K. Turskii], Moscow, 19–25 September 2010. Moscow: MSFU, 2010, pp. 216–218.

- [14] Volotovich A.A., Poplavskaya L.F., Rebko S.V., Tupik P.V. *Sravnitel'nye pokazateli rosta sortovykh seyantsev sosny obyknovnoy s ZKS* [Comparative growth rates of varietal seedlings of Scots pine with ball-rooted planting stock]. *Lesnoe khozyaystvo: tez. 82-y nauch.-tekhn. konf. s mezhdunarodnym uchastiem* [Forestry. Thesis of the 82 scientific technical conference (with international participation)], Minsk, 01–14 February 2018. Minsk: Belarusian State Technological University, 2020, pp. 56.
- [15] Nosnikov V.V. *ZKS: za i protiv* [ZKS: pros and cons] // *Лесное и охотничье хозяйство* [Forestry and hunting economy], 2018, no. 4, pp. 13–17.
- [16] Evstigneev O.I., Korotkov V.N. Ontogenetic stages of trees: an overview // *Russian J. of Ecosystem*, 2016, v. 2(2), pp. 1–31.
- [17] Terekhov G.G. *Razvitie kornevykh sistem pyatiletnikh kul'tur eli sibirskoy na Urale* [Development of root systems of five-year crops of Siberian spruce in the Urals]. *Lesnaya Urala i khozyaystvo v nikh* [Forests of the Ural and the economy in them], 2004, no. 25, pp. 133–141.
- [18] Terekhov G.G., Luganskiy N.A., Starodubtseva N.I. *Nachal'nye etapy formirovaniya kornevoy sistemy eli v kul'turakh na srednem Urale* [The initial stages of the formation of the spruce root system in crops in the middle Urals]. *Forests of Russia and the economy in them*, 2014, no. 4 (51), pp. 24–31.
- [19] *Lesnoy plan Novosibirskoy oblasti ot 10.01.2019*. [Forest plan of the Novosibirsk region from 10.01.2019]. Available at: <https://docs.cntd.ru/document/465727230> (accessed 20.09.2021).
- [20] *Rekomendatsii po vosstanovleniyu iskusstvennym i kombinirovannym sposobami khvoynykh i tverdolistvennykh molodnyakov na zemlyakh lesnogo fonda (s bazovymi tekhnologicheskimi kartami na vypolnenie rabot)* [Recommendations for the restoration by artificial and combined methods of coniferous and hard-leaved young stands on the lands of the forest fund (with basic technological maps for work performance)]. Pushkino: VNIILM, 2015, 80 p.
- [21] Rozhkov V.A., Kuznetsova I.V., Rakhmatulloev Kh.R. *Metody izucheniya kornevykh sistem rasteniy v pole i laboratorii* [Methods of studying the root systems of plants in the field and in the laboratory]. Moscow: MGUL, 2008, 51 p.
- [22] Pal'tsev A.M., Merzlenko M.D., Mel'nik P.G. *Opyt geograficheskikh kul'tur eli v zone smeshannykh lesov. Obzornaya informatsiya* [The experience of geographical cultures of spruce in the zone of mixed forests]. Moscow: VNIITslesresurs, 1995, 35 p.
- [23] Terekhov G.G., Luganskiy N.A. *Otsenka morfologicheskogo sostoyaniya nadzemnoy chasti samoseva i podrosta eli sibirskoy na lesokul'turnom uchastke* [Assessment of the morphological state of the aboveground part of self-seeding and undergrowth of Siberian spruce in the forestry area]. *Forests of Russia and economy in them*, 2009, no. 1 (31), pp. 19–26.
- [24] Rakhtenko I.N. *Kornevye sistemy drevesnykh i kustarnikovykh porod* [Root systems of tree and shrub species]. Moscow: Goslesbumizdat, 1952, 106 p.
- [25] Merzlenko M.D., Babich N.A. *Teoriya i praktika iskusstvennogo lesovosstanovleniya* [Theory and practice of artificial reforestation]. Arkhangel'sk: SAFU, 2011, 239 p.

Authors' information

Tret'yakova Raisa Alekseevna — Pg. student of the Novosibirsk State Agrarian University, rtreyakova@yandex.ru

Parkina Oksana Valer'evna — Cand. Sci. (Agriculture), Head of the Department of Forestry of the Novosibirsk State Agrarian University, Parkinaoksana@yandex.ru

Yakubenko Ol'ga Evgen'evna — Senior Lecturer of the Department of Forestry of the Novosibirsk State Agrarian University, o.e.yakubenko@yandex.ru

Received 10.01.2022.

Approved after review 27.01.2022.

Accepted for publication 04.04.2022.

Вклад авторов: все авторы в равной доле участвовали в написании статьи
Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов
Authors' Contribution: All authors contributed equally to the writing of the article
The authors declare that there is no conflict of interest