

Научная статья

УДК 630*232(470.13)

DOI: 10.37482/0536-1036-2023-3-195-204

Плантационное выращивание *Pinus sibirica* Du Tour в реднетаежной зоне Республики Коми

Е.И. Паршина¹✉, канд. биол. наук, доц.;

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9482-8612>

О.В. Дымова², д-р биол. наук; ResearcherID: [A-7322-2016](https://orcid.org/0000-0003-2008-6350),

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2008-6350>

Е.В. Титов³, д-р с.-х. наук, проф.; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5729-7886>

¹Сыктывкарский лесной институт – филиал Санкт-Петербургского государственного лесотехнического университета им. С.М. Кирова, ул. Ленина, д. 39, г. Сыктывкар, Россия, 167982; helen-parshina@yandex.ru✉

²Институт биологии Коми научного центра Уральского отделения РАН, ул. Коммунистическая, д. 28, г. Сыктывкар, Россия, 167982; dymovao@ib.komisc.ru

³Воронежский государственный лесотехнический университет им. Г.Ф. Морозова, ул. Тимирязева, д. 8, г. Воронеж, Россия, 394087; lesovod_taks@vglta.vrn.ru

Поступила в редакцию 11.04.21 / Одобрена после рецензирования 15.07.21 / Принята к печати 21.07.21

Аннотация. Для создания коллекции ценного генофонда кедровых сосен *Pinus sibirica* в условиях Республики Коми на территории учебно-лабораторного центра Сыктывкарского лесного института были посажены подвойные культуры сосны кедровой сибирской местного северо-западного климатического типа из разных районов Республики и Архангельской области. Приведены результаты анализа изменчивости морфологических параметров и динамики роста данных культур. В качестве морфометрических параметров использованы высота, диаметр ствола и диаметр кроны. Изменчивость исследуемых признаков находилась в пределах от 18,8 до 93,1 %. Средняя высота растений составила 72,2±3,9 см, диаметр ствола – 2,0±0,1 см. Самым изменчивым признаком оказался диаметр кроны – от 11 до 148 см при C_v от 30,6 до 93,1 %. Наиболее развитыми по исследуемым морфометрическим параметрам были растения яренского происхождения. Средний прирост растений *P. sibirica* в высоту в возрастной группе 9–11 лет за три года составил 13,5±0,9 см. Минимальный прирост отмечен у растений сысольской группы (1 см), максимальный – у растений яренского происхождения (38 см). Растения всех групп показали равномерное увеличение общего прироста в высоту за период исследований. Вариабельность данного признака снижалась только у группы растений яренского происхождения. Максимальная вариабельность по всем трем показателям отмечена у растений сыктывкарского происхождения (C_v – от 39,7 до 93,1 %). В целом показана высокая вариабельность прироста *P. sibirica* в течение 3 лет во всех исследованных группах. Результаты исследования могут быть использованы для дальнейшего изучения развития и наследования хозяйственно-ценных признаков и декоративных особенностей *P. sibirica* в условиях подзоны средней тайги Республики Коми.

Ключевые слова: сосна сибирская кедровая, *Pinus sibirica* Du Tour, привой, подвой, биометрические показатели, прирост в высоту, прирост по диаметру, подзона средней тайги, Республика Коми

Благодарности: Авторы выражают признательность руководителю «Школы юного лесовода» Дымовой Л.М., инженеру Сыктывкарского лесного института Мухиной Н.К. и студентам Сыктывкарского лесного института Макуриной А.А. и Кузнецовой А.А. за помощь в организации и проведении исследований.

Для цитирования: Паршина Е.И., Дымова О.В., Титов Е.В. Плантационное выращивание *Pinus sibirica* Du Tour в среднетаежной зоне Республики Коми // Изв. вузов. Лесн. журн. 2023. № 3. С. 195–204. <https://doi.org/10.37482/0536-1036-2023-3-195-204>

Original article

Plantation Cultivation of *Pinus sibirica* Du Tour in the Middle Taiga Subzone of the Komi Republic

Elena I. Parshina¹✉, *Candidate of Biology, Assoc. Prof.;*

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9482-8612>

Olga V. Dymova², *Doctor of Biology; ResearcherID: A-7322-2016,*

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2008-6350>

Evgenii V. Titov³, *Doctor of Agriculture, Prof.;*

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5729-7886>

¹Syktvykar Forestry Institute – branch of Saint-Petersburg State Forest Technical University named after S.M. Kirov, ul. Lenina, 39, Syktvykar, 167982, Russian Federation; helen-parshina@yandex.ru✉

²Institute of Biology of Komi Science Centre of the Ural Branch of Russian Academy Sciences, ul. Kommunistycheskaya, 28, Syktvykar, 167982, Russian Federation; dymovao@ib.komisc.ru

³Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov, ul. Timiryazeva, 8, Voronezh, 394087, Russian Federation; lesovod_taks@vglta.vrn.ru

Received on April 11, 2021 / Approved after reviewing on July 15, 2021 / Accepted on July 21, 2021

Abstract. In order to create a valuable gene pool of cedar pines in the conditions of the Komi Republic, rootstock crops of Siberian pine (*Pinus sibirica* Du Tour) were planted on the territory of laboratory training center of the Syktvykar Forest Institute. The plants were collected from different areas of the Komi Republic and the Arkhangelsk region for adjustment to the local, northwestern climate. The paper presents the results of the variational analysis of morphological parameters and growth dynamics in *P. sibirica* cultures. Height, trunk diameter, and crown diameter were chosen as the morphometric criteria. The variability of the studied traits ranged from 18.8 to 93.1 %. The average height of the plants was 72.2 ± 3.9 cm, the average trunk diameter was 2.0 ± 0.1 cm. The most changeable characteristic was the diameter of the crown of the plants, which ranged between 11 and 148 cm with C_v of 30.6–93.1 %. The plants of Yarensk origin were the most developed according to the examined morphometric criteria. The average growth of *P. sibirica* plants in height within the age group of 9–11 years over three years was 13.5 ± 0.9 cm. The lowest growth rate was registered in plants of the Sysola group (1 cm), whereas plants of Yarensk origin had the highest growth rate (38 cm). Throughout the research period, plants of all groups had a consistent rise in overall height. However, this trait variability was reduced only in the group of plants of Yarensk origin. The maximum variability in all three traits was



observed in plants of Syktyvkar origin with C_v of 39.7–93.1 %. In general, high variability in the development of Siberian pines over three years across all experimental groups was detected. The investigation results can be applied for further research on the development and inheritance of economically valuable traits and decorative characteristics of *P. sibirica* in the conditions of the middle taiga subzone of the Komi Republic.

Keywords: Siberian cedar pine, *Pinus sibirica* Du Tour, grafting, wilding, biometric indicators, growth rate in height, growth rate in diameter, middle taiga subzone, Komi Republic

Acknowledgments: The authors gratefully acknowledge the assistance of L.M. Dymova, the head of the “School of Young Forester”, N.K. Mukhina, engineer of the Syktyvkar Forest Institute, A.A. Makurina and A.A. Kuznetsova, students at the Syktyvkar Forest Institute, in the organization and conduct of the research.

For citation: Parshina E.I., Dymova O.V., Titov E.V. Plantation Cultivation of *Pinus sibirica* Du Tour in the Middle Taiga Subzone of the Komi Republic. *Lesnoy Zhurnal = Russian Forestry Journal*, 2023, no. 3, pp. 195–204. (In Russ.). <https://doi.org/10.37482/0536-1036-2023-3-195-204>

Введение

Сосна кедровая сибирская (*Pinus sibirica* Du Tour) относится к подроду *Strobus* Lemmon, секция – *Quinquefolius* Duhamel [17, 19] и является важным лесообразующим и хозяйственно-ценным видом. Она имеет обширный ареал, охватывающий районы северо-востока европейской части России, Северный и Средний Урал, Западную и Восточную Сибирь. В условиях европейской таежной зоны в составе еловых и елово-пихтовых лесов ареал *P. sibirica* описан Н.И. Непомилуевой (1974) [9]. За пределами России вид встречается на территории Северной Монголии, в Китае, Казахстане [17, 22]. Общая площадь лесов с преобладанием *P. sibirica* в Евразии составляет около 30 млн га.

В Республике Коми ареал *P. sibirica* находится на северном и западном пределах распространения вида, поэтому вид включен в региональную Красную книгу. Большая часть ареала приходится на Приполярный и Северный Урал (на севере – до верховьев р. Косью), бассейн р. Печоры (на севере – до 650 30' с. ш.), верхнее течение р. Ижмы, Вычегды и Нема [5].

Формирование побегов *P. sibirica* определяется погодными условиями вегетационного периода [8]. Лимитирующими факторами распространения считаются влажность воздуха и почвы, колебания температуры. Вид характеризуется высокой устойчивостью к холоду: минимальная для произрастания теплообеспеченность по сумме среднесуточных температур выше 10 °C составляет 270–350 °C. Среднемесячная относительная влажность воздуха для условий произрастания *P. sibirica* в 13 ч. должна быть не ниже 45 %, ее среднегодовое значение – не менее 60 %, среднегодовая амплитуда температур – не более 35 °C [2, 6, 12]. Максимального развития *P. sibirica* достигает при сумме эффективных температур (выше 10°C) в пределах 1600–1800°C и значительном количестве годовых осадков (более 800 мм). Область экологического оптимума с наиболее ценным генофондом сосны кедровой сибирской находится в Черном поясе Алтае-Саянской горной провинции, в этих условиях возраст растений превышает 800–850 лет [15].

Биологическая характеристика фотосинтетического аппарата приведена в работах [4, 16]. Ранее нами [16] была показана физиологическая разнокачественность ассимиляционного аппарата *P. sibirica*, обусловленная возрас-

том хвои, что проявляется различием в содержании пластидных пигментов (хлорофиллов и каротиноидов), наличии компонентов ксантофиллового цикла (зеаксантина, антераксантина и виолаксантина) и скорости фотосинтеза. Установлено, что зрелая хвоя содержит максимальное количество пигментов в июле–сентябре (до 3 мг/г сухой массы хлорофиллов и 1 мг/г сухой массы каротиноидов) и фотосинтезирует со скоростью 1,5 мгСО₂/(г сухой массы · ч) при фотосинтетически активной радиации выше 1000 мкмоль/(м² · с), или около 250 Вт/м². Структурно-функциональная организация ассимилирующих органов способна обеспечивать успешный рост *P. sibirica* на Европейском Северо-Востоке.

Сосна кедровая сибирская является ценной орехоплодной культурой, семена которой богаты белком, витаминами, микроэлементами и полиненасыщенными жирными кислотами. Экспериментально доказано [21], что именно по наличию полиненасыщенных жирных кислот можно провести таксономический и филогенетический анализ представителей рода *Pinus*.

В настоящее время *P. sibirica* активно выращивается за пределами своего ареала на территории России и в других странах. Так, например, с 1990 г. в Китае в горах Большого и Малого Хингана, горах Чанбайшань были осуществлены посадки сосны кедровой сибирской [18, 21]. Проведенные интродукционные исследования в Лесном центре г. Бичжоу (Лесное бюро р-на Синьлинь) свидетельствуют об успешном внедрении вида на земли северо-восточного Китая [20, 21].

В 2009 г. на территории учебно-лабораторного центра Сыктывкарского лесного института (СЛИ) была открыта природная лаборатория «Дендрологический участок». Ее задачами являются создание коллекций ценного генофонда древесных растений, осуществление учебной, учебно-исследовательской и просветительской деятельности в области лесного и лесопаркового хозяйства. Одним из первых видов, высаженных на данной территории, была сосна кедровая сибирская. Впоследствии посадки дополнены другими видами, заложены опытно-экспериментальные участки по агрохимии, ботанике, растениеводству.

Тесное сотрудничество кафедры с кафедрой лесоводства, лесной таксации и лесоустройства Воронежского государственного лесотехнического университета им. Г.Ф. Морозова позволило заложить основы развития нового научного направления – создание экспериментальной базы для закладки прививочных высокоурожайных промышленных орехопродуктивных плантаций *P. sibirica*. Исследовательская деятельность по этому направлению начата в 2015 г. и в настоящее время реализуется в рамках научных исследований кафедры «Ландшафтная архитектура, строительство и землеустройство» по теме «Использование ценного генофонда *P. sibirica* Du Tour и *P. cembra* L. для создания целевых плантаций и озеленительных посадок в Республике Коми» [10].

Для получения коллекции ценного генофонда кедровых сосен в разные годы посажены подвойные культуры кедра сибирского местного северо-западного климатического типа из разных районов Республики Коми и Архангельской области:

1. Сторожевское лесничество (с. Сторожевск, Республика Коми; 61°56'31" с. ш. 52°19'00" в. д., высота над уровнем моря – 93 м), возраст – 20 лет;

2. Сысольское лесничество (с. Визинга, Республика Коми; 61°04'29" с. ш. 50°06'11" в. д., высота над уровнем моря – 108 м), возраст – 9 лет;
3. Сыктывкарское лесничество (г. Сыктывкар, Республика Коми; 61°40'35" с. ш. 50°48'35" в. д., высота над уровнем моря – 150 м), возраст – 11 лет;
4. Село Яренск (Архангельская область; 62°10'03" с. ш. 49°05'29" в. д., высота над уровнем моря – 91 м), возраст – 9 лет.

Использование в качестве подвоя растений разного возраста позволяет изучить степень проявления свойств генотипа (рост, цветение, плодоношение), сильно модифицированных влиянием подвоя [13].

При создании прививочной плантации *P. sibirica* на территории учебно-лабораторной базы СЛИ были выполнены прививки 9–11-летних адаптированных саженцев местного (г. Сыктывкар) происхождения. Привоем служили растения *P. sibirica* горно-алтайского происхождения, клонированные в Сомовском лесничестве Воронежской области, и сорт-клон близкородственного вида *P. cembra* с клоново-испытательной плантации учебно-опытного хозяйства «Межадорское» (Республика Коми). Ранее эти растения были отселектированы по фенотипическим признакам урожайности (протяженности плодоносящей части кроны и количеству плодоносящих побегов) профессором Е.В. Титовым. Прививка осуществлялась вприклад сердцевинной привоя на камбий подвоя в верхней или средней части прошлогоднего центрального побега [12]. В работе [14] показано, что функциональная организация ассимилирующих органов и сохранение высокой скорости фотосинтеза хвои – от 4 до 9 мг CO₂/(г сухой массы · ч) – обеспечивают успешный рост прививок и высокую семенную продуктивность при плантационном выращивании сосны кедровой европейской в условиях среднетаежной подзоны Европейского Северо-Востока.

Создаваемая клоново-испытательная плантация на территории учебно-лабораторного центра СЛИ станет научной базой для изучения роста, развития и наследования хозяйственно-ценных признаков и декоративных особенностей растений, изучения адаптации клонов *P. sibirica* и *P. cembra* различного происхождения в условиях подзоны средней тайги Республики Коми. Кроме того, данная плантация позволит отселектировать хозяйственно-ценные генотипы-клоны кедровых сосен для плантационного ореховодства кедровых сосен и ландшафтно-декоративные формы для озеленения в северном регионе.

Цель исследования – изучение морфобиометрических показателей и динамики роста культур *P. sibirica* различного происхождения (потенциального подвоя) на территории учебно-опытного участка СЛИ.

Объекты и методы исследования

Исследования проводили в 2018–2020 гг. на территории учебно-опытного участка лаборатории «Дендрологический участок» СЛИ. Участок расположен на северо-востоке европейской части России, в подзоне средней тайги (61°38'41" с. ш. 50°47'22" в. д.). Среднемесячная температура самого теплого месяца (июль) – 16,6 °С, самого холодного (январь) – –15,5 °С. Период со среднесуточной температурой ниже 0 °С длится 173 дн. Годовая амплитуда составляет 32,3 °С. Начало вегетации (переход среднесуточной температуры через +5 °С) отмечается в последней декаде апреля. Сумма эффективных температур (выше +5 °С) по средним многолетним данным составляет 1750–1900 °С. Про-

должительность вегетационного периода равна 145–150 дн., активной вегетации со среднесуточными температурами +10 °С – 90–110 дн., сумма суточных температур – 1450 °С. В течение года выпадает 560 мм осадков, за апрель–октябрь – 387 мм. Среднемесячная относительная влажность воздуха наиболее теплого месяца в 15 ч. – 60 %, наиболее холодного – 82 % [1, 11].

У всех растений в конце трех вегетационных периодов проводили измерение высоты, диаметров ствола, кроны, текущего прироста. Для обработки данных полевых исследований использовали стандартные методы математической статистики и пакеты прикладных программ Excel и Statistica 6.0. Статистическая достоверность приведена по первому порогу вероятности безошибочных прогнозов ($P = 0,95$). Уровень изменчивости определяли по С.А. Мамаеву [7].

Результаты исследования и их обсуждение

На территории учебно-лабораторной базы приживаемость саженцев *P. sibirica* составила 89,8 %; сеянцев – 33,3 % (послевсходовый отпад – 17,5 %); приживаемость привоя – 58,3 %. Возраст – от 7 до 21 года.

Биометрические показатели и рост *P. sibirica* различного географического происхождения изучали у 9–11-летних растений (табл. 1). Их средняя высота составляла $72,2 \pm 3,9$ см и варьировала в широких пределах – от 32 до 140 см.

Таблица 1

Морфометрические показатели растений *Pinus sibirica* на территории учебно-лабораторного центра Сыктывкарского лесного института (возрастная группа 9–11 лет)

Morphometric traits of *Pinus sibirica* plants on the territory of laboratory training center of the Syktyvkar Forest Institute (age group 9–11 years)

Происхождение культур (биологический возраст / число растений)	Высота		Диаметр ствола		Диаметр кроны	
	M±m (min–max), см	C _v %	M±m (min–max), см	C _v %	M±m (min–max), см	C _v %
Сысольское лесничество (9 / 28)	50,8±3,6 (32–70)	25,8	1,1±0,5 (0,8–1,6)	20,0	23,6±2,8 (11–50)	43,3
Сыктывкарское лесничество (11 / 18)	66,7±10,9 (37–112)	39,7	1,5±0,4 (0,8–3,7)	70,7	31,3±11,9 (13–90)	93,1
Село Яренск (9 / 23)	85,7±4,6 (50–140)	26,0	2,6±0,1 (1,6–3,5)	18,8	91,1±5,8 (40–148)	30,6
Среднее	72,2±3,9 (32–140)	35,4	2,0±0,1 (0,8–3,7)	44,2	61,6±6,2 (11–148)	65,5

Примечание: M±m – среднее ± ошибка среднего.

Наибольшей высотой отличались растения сосны кедровой яренского происхождения по сравнению с сысольским (статистически достоверно при $P < 0,05$) и сыктывкарским (при $P = 0,1$) происхождениями. Уровень изменчивости признака оказался повышенным для растений яренских и сысольских (C_v – 25,8 и 26 %)

происхождений и высоким (39,7 %) для растений из сыктывкарского лесничества. Средний диаметр ствола составлял $2,0 \pm 0,1$ см (от 0,8 до 3,7 см). Данный показатель как менее изменчивый признак изменялся на среднем уровне у растений из Яренска и Сысольского лесничества (коэффициент вариации соответственно составил 18,8 и 20,0 %). Группа растений из Сыктывкарского лесничества отличалась очень высокой вариабельностью диаметра ствола – $C_v = 70,7$ %. Наибольшие диаметры ствола отмечены у растений яренского происхождения ($P < 0,05$). Диаметр кроны варьировал от 11 до 148 см. Это сильно изменчивый признак (C_v – от 30,6 до 93,1 %). Наиболее высокие показатели ($P < 0,05$) имели растения яренского происхождения: крона у них в 3–4 раза шире, чем у растений сыктывкарского и сысольского происхождений.

Полученные результаты позволили установить, что в возрастной группе 9–11 лет наиболее развитыми (по высоте, диаметрам ствола и кроны) были растения яренского происхождения. Изменчивость исследуемых параметров находилась в пределах от 18,8 до 93,1 %. Максимальную вариабельность всех трех показателей отмечали у растений сыктывкарского происхождения (C_v – от 39,7 до 93,1 %).

Средний прирост растений в высоту в исследуемой возрастной группе за 3 года составил $13,5 \pm 0,9$ см (табл. 2). Минимальное значение признака установлено у растений сосны кедровой сысольского происхождения, максимальное – у растений яренского происхождения. В группе растений сысольского происхождения отмечен пониженный равномерный ($P < 0,05$) прирост при среднем значении $7,1 \pm 0,6$ см, максимальном – 24 см, минимальном – 1 см; уровень вариабельности признака «повышенный» и «очень высокий» (C_v – от 33,6 до 76,8 %). Прирост растений сыктывкарского происхождения по высоте – пониженный неравномерный ($P < 0,05$), в среднем – $7,9 \pm 1,3$ см. Для данной группы характерна высокая вариабельность признака по сравнению с другими группами (C_v – от 34,3 до 83,8 %); минимальный прирост составил 2 см, максимальный – 16 см. У растений яренского происхождения зафиксировано увеличение прироста по годам ($P < 0,05$). При этом отмечалось снижение вариабельности признака по годам (коэффициент вариации в 2018 г. составил 58,4 %; в 2020 г. – 34,3 %).

Таблица 2

Прирост растений *Pinus sibirica* на территории учебно-лабораторного центра Сыктывкарского лесного института (возрастная группа 9–11 лет)

Growth of *Pinus sibirica* plants on the territory of laboratory training center of the Syktyvkar Forest Institute (age group 9–11 years)

Происхождение культур	2018		2019		2020		Среднее	
	M±m (min–max), см	C_v , %	M±m (min–max), см	C_v , %	M±m (min–max), см	C_v , %	M±m (min–max), см	C_v , %
Сысольское лесничество	$7,7 \pm 1,5$ (1–24)	76,8	$7,7 \pm 0,6$ (4–14)	33,6	$5,9 \pm 0,7$ (2–13)	48,0	$7,1 \pm 0,6$ (1–24)	57,3
Сыктывкарское лесничество	$11,0 \pm 1,9$ (7–16)	34,0	$5,5 \pm 1,5$ (4–10)	54,5	$7,2 \pm 3,0$ (2–16)	83,8	$7,9 \pm 1,3$ (2–16)	59,4
Село Яренск	$12,4 \pm 1,6$ (2–27)	58,4	$20,7 \pm 2,2$ (5–38)	50,4	$24,2 \pm 1,8$ (9–36)	34,3	$19,2 \pm 1,2$ (2–38)	52,0
Среднее	$10,4 \pm 1,0$ (1–27)	64,7	$14,3 \pm 1,6$ (4–38)	71,7	$15,6 \pm 1,7$ (2–36)	71,6	$13,5 \pm 0,9$ (1–38)	72,6

Таким образом, анализ данных свидетельствует о высокой вариабельности прироста *P. sibirica* по высоте, диаметрам ствола и кроны в течение 3 лет в группах всех географических происхождений. Увеличение прироста у растений яренского происхождения, вероятно, обусловлено успешной адаптацией саженцев к неблагоприятным для них условиям [3] в связи с тем, что при посадке были использованы саженцы с закрытой корневой системой. Растения сысольского и сыктывкарского происхождений пересаживались с открытой корневой системой.

Выводы

1. Анализ морфобиометрических показателей растений *Pinus sibirica* на территории учебно-лабораторного центра Сыктывкарского лесного института выявил высокую изменчивость высоты растений, диаметров ствола и кроны. Максимальную вариабельность проявили растения местного происхождения.

2. Показано, что в возрастной группе 9–11 лет наиболее развитыми по исследованным признакам являются растения яренского происхождения.

3. В течение 3 лет исследований наиболее энергичный рост наблюдали у растений сосны кедровой яренского происхождения, пересаженных с закрытой корневой системой, наиболее медленный – у пересаженных с открытой корневой системой деревьев сыктывкарского и сысольского происхождений.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ / REFERENCES

1. Атлас Республики Коми по климату и гидрологии / отв. ред. А.И. Таскаев. М.: Дрофа. Дизайн. Информация. Картография, 1997. 113 с.

Atlas of the Komi Republic on Climate and Hydrology. Ed. by A.I. Taskaev. Moscow, Drofa. Dizayn. Informatsiya. Kartografiya. Publ., 1997. 113 p. (In Russ.).

2. Братилова Н.П., Матвеева Р.Н., Буторова О.Ф. Биология и формовое разнообразие сосны кедровой сибирской // Эко-потенциал. 2014. № 1(5). С. 120–127.

Bratilova N.P., Matveyeva R.N., Butorova O.F. Biology and Diversity of Cedar Siberian Pine Forms. *Эко-потенциал*, 2014, no. 1(5), pp. 120–127. (In Russ.).

3. Бузыкин А.И., Пшеничникова Л.С., Суховольский В.Г. Густота и продуктивность древесных ценозов. Новосибирск: Наука, 2002. 150 с.

Buzykin A.I., Pshenichnikova L.S., Sukhovol'skiy V.G. *Density and Productivity of Woody Cenoses*. Novosibirsk, Nauka Publ., 2002. 150 p. (In Russ.).

4. Загирова С.В. Количественная характеристика фотосинтетического аппарата *Pinus sibirica* (Pinaceae) на европейском Северо-Востоке // Ботан. журн. 2008. Т. 93, № 2. С. 221–230.

Zagirova S.V. Quantitative Characteristics of Photosynthetic Apparatus of *Pinus sibirica* (Pinaceae) in European North-East. *Botanicheskii zhurnal*, 2008, vol. 93, no. 2, pp. 221–230. (In Russ.).

5. Красная книга Республики Коми / Правительство Республики Коми, М-во природ. ресурсов и охраны окружающей среды Республики Коми; сост. А.В. Бобрецов и др.; гл. ред. С.В. Дёгтева. 3-е изд., офиц. Сыктывкар: Коми респ. тип., 2019. 767 с.

Red Data Book of the Komi Republic. Ed. by S.V. Degteva. 3rd edition. Syktyvkar, Komi respublikanskaya tipografiya Publ., 2019. 767 p. (In Russ.).

6. Крылов Г.В., Таланцев Н.К., Козакова Н.Ф. Кедр. М.: Лесн. пром-сть, 1983. 216 с.

Krylov G.V., Talantsev N.K., Kozakova N.F. *Cedar*. Moscow, Lesnaya promyshlennost' Publ., 1983. 216 p. (In Russ.).

7. Мамаев С.А. Формы внутривидовой изменчивости древесных растений (на примере семейства Pinaceae на Урале). М.: Наука, 1972. 284 с.
- Мамаев S.A. *Forms of Intraspecific Variability of Woody Plants (A Case Study of the Pinaceae Family in the Urals)*. Moscow, Nauka Publ., 1972. 284 p. (In Russ.).
8. Некрасова Т.П. Биологические основы семеношения кедра сибирского. Новосибирск: Наука, 1972. 274 с.
- Nekrasova T.P. *Biological Principles of Siberian Cedar Seed Production*. Novosibirsk, Nauka Publ., 1972. 274 p. (In Russ.).
9. Непомилуева Н.И. Кедр сибирский (*Pinus sibirica* Du Tour) на северо-востоке европейской части СССР. Л.: Наука, 1974. 184 с.
- Непомилуева N.I. *Siberian Cedar in the North-East of the European Part of the USSR*. Leningrad, Nauka Publ., 1974. 184 p. (In Russ.).
10. Паришина Е.И. Формирование коллекционного фонда растений лаборатории «Дендрологический участок» Сыктывкарского лесного института // Современная наука: актуальные проблемы теории и практики. Сер.: Естеств. и техн. науки. 2017. № 10. С. 7–9.
- Parshina E.I. Formation of Collection Fund of Plants of Dendrology Site Laboratory of the Syktyvkar Forest Institute. *Sovremennaya nauka: aktual'nye problemy teorii i praktiki. Seriya: Estestvennye i Tekhnicheskie Nauki* = Modern Science: Actual Problems of Theory and Practice. Series: Natural and Technical Sciences, 2017, no. 10, pp. 7–9. (In Russ.).
11. Титов Е.В. Кедр – царь сибирской тайги. М.: Колос, 2007. 176 с.
- Titov E.V. *Cedar – the King of the Siberian Taiga*. Moscow, Kolos Publ., 2007. 176 p. (In Russ.).
12. Титов Е.В. Орехопродуктивные кедровые плантации и лесосады. Воронеж: ВГЛТУ, 2021. 267 с.
- Titov E.V. *Nut-Producing Pine Plantations and Orchards*. Voronezh, VSUFT Publ., 2021. 267 p. (In Russ.).
13. Титов Е.В., Дымова О.В., Далькэ И.В. Биология и экофизиология сосны кедровой европейской на плантации в подзоне средней тайги северо-востока Европы. Сыктывкар: Коми НЦ УрО РАН, 2012. 98 с.
- Titov E.V., Dymova O.V., Dalke I.V. *Biology and Ecophysiology of Pinus cembra* L. in the Middle Taiga Subzone of European North-East. Syktyvkar, Komi SC UB RAS Publ., 2012. 98 p. (In Russ.).
14. Усольцев В.А., Крудышев В.В. Об экологии и географии кедра сибирского // Актуальные проблемы лесного комплекса. 2011. Вып. 28. С. 147–153.
- Usoltsev V.A., Krudyshev V.V. About Ecology and Geography of Siberian Cedar. *Aktual'nye problemy lesnogo kompleksa*, 2011, no. 28, pp. 147–153. (In Russ.).
15. Яцко Я.Н., Дымова О.В., Румак М.В. Содержание пигментов в хвое *Pinus sibirica* L., интродуцированной в подзоне средней тайги европейского Севера // Актуальные проблемы биологии и экологии: материалы I (XIV) Всерос. молодеж. науч. конф., Сыктывкар, 3–6 апр. 2007 г. Сыктывкар: Коми НЦ УрО РАН, 2007. С. 310–313.
- Yatsko Ya.N., Dymova O.V., Rumak M.V. The Content of Pigments in the Needles of *Pinus sibirica* L. Planted in the Subzone of the Middle Taiga of the European North. *Actual Problems of Biology and Ecology: Proceeding of the I (XIV) All-Russian Youth Scientific Conference. Syktyvkar, 3–6 April 2007*. Syktyvkar, Komi SC UB RAS Publ., 2007, pp. 310–313. (In Russ.).
16. Farjon A. *A Handbook of the World's Conifers*. The Netherlands, Leiden, Brill Publ., 2010, vol. 2. 1111 p. <https://doi.org/10.1163/9789047430629>
17. Gernandt D.S., López G.G., Garsia S.O., Liston A. Phylogeny and Classification of *Pinus*. *Taxon*, 2005, vol. 54, no. 1, pp. 29–42. <https://doi.org/10.2307/25065300>

18. Guangyi Z., Aiju H., Chuntain Y. Determination About Northwestern Area Limit of *Pinus koraiensis* and the Geographic Occurrence of *Pinus sibirica*. *J. Journal of Northeast Forestry University*, 1991, vol. 2, no. 1, pp. 42–47. <https://doi.org/10.1007/BF02874790>
19. He E., Bai R., Shen J., Zhao X., Cao Y. Study on Afforestation in the Experiment of Introducing *Pinus sibirica*. *J. Inn. Mong. Agric. Univ.*, 2000, vol. 21, no. 2, pp. 69–72.
20. Wang C. *Study on the Introduction and Seed Origin Experiment of Pinus sibirica*. Thesis for M.S. Northeast Forestry University, 2011, pp. 1–7.
21. Wolff R.L., Pedrono F., Pasquier E., Marpeau A.M. General Characteristics of *Pinus spp.* Seed Fatty Acid Compositions, and Importance of 5-Olefinic Acids in the Taxonomy and Phylogeny of the Genus. *Lipids*, 2000, vol. 35, no. 1, pp. 1–22. <https://doi.org/10.1007/s11745-000-0489-y>
22. Zhao X., Wang C., Li S., Hou W., Zhang S., Han G., Pan D., Wang P., Cheng Y., Liu G. Genetic Variation and Selection of Introduced Provenances of Siberian Pine (*Pinus sibirica*) in Frigid Regions of the Greater Xing'an Range, Northeast China. *Journal of Forestry Research*, 2014, vol. 25, no. 3, pp. 549–556. <https://doi.org/10.1007/s11676-014-0494-6>

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

Вклад авторов: Все авторы в равной доле участвовали в написании статьи
Authors' Contribution: All authors contributed equally to the writing of the article