



Научная статья

УДК 630\*228.7:582.47

DOI: 10.37482/0536-1036-2024-6-9-19

### Географическая изменчивость показателей роста и репродуктивного развития сосны кедровой сибирской

**Н.П. Братилова**, д-р с.-х. наук, проф., гл. науч. сотр.; *ResearcherID*: [AAF-3074-2019](https://orcid.org/0000-0002-2918-9690),  
*ORCID*: <https://orcid.org/0000-0002-2918-9690>

**Р.Н. Матвеева**, д-р с.-х. наук, проф., гл. науч. сотр.; *ResearcherID*: [AAB-9159-2019](https://orcid.org/0000-0002-3476-9622),  
*ORCID*: <https://orcid.org/0000-0002-3476-9622>

**О.Ф. Буторова**<sup>✉</sup>, д-р с.-х. наук, проф., гл. науч. сотр.; *ResearcherID*: [AAB-9155-2019](https://orcid.org/0000-0001-8575-7464),  
*ORCID*: <https://orcid.org/0000-0001-8575-7464>

**М.В. Гришлова**, канд. с.-х. наук, науч. сотр.; *ResearcherID*: [KMX-6247-2024](https://orcid.org/0000-0002-6438-1477),  
*ORCID*: <https://orcid.org/0000-0002-6438-1477>

Сибирский государственный университет науки и технологий им. академика М.Ф. Решетнёва, просп. им. газеты «Красноярский рабочий», д. 31, г. Красноярск, Россия, 660037; nbratilova@yandex.ru, matveevrn@mail.ru, Butorova.olga@mail.ru<sup>✉</sup>, grishlova@mail.ru

Поступила в редакцию 25.01.24 / Одобрена после рецензирования 08.04.24 / Принята к печати 11.04.24

**Аннотация.** Изучение роста и репродуктивной способности древесных растений в новых условиях местообитания, сравнительная оценка и отбор потомств популяций способствуют повышению эффективности создаваемых из этих растений плантаций. Исследование проведено с целью установления влияния географического происхождения материнских насаждений сосны кедровой сибирской на рост и семеношение ее семенного потомства алтайского (зона оптимума ареала), лениногорского и ярцевского экотипов. Материнские насаждения расположены от 50°12' с. ш. (лениногорское происхождение) до 61°00' с. ш. (ярцевское). Объект исследования – сосна кедровая сибирская 55-летнего возраста, произрастающая на плантации «Метеостанция» в пригородной зоне г. Красноярска. Измерены высота, диаметр ствола и кроны, ее протяженность, длина хвои, определены продолжительность жизни хвои, количество мутовок и ветвей в них, количество побегов с микростробилами и шишками, микростробилов и шишек на побеге и на дереве. Установлено, что средняя высота деревьев и диаметр ствола различаются по вариантам на 9,3 и 16,6 % соответственно. Потомство алтайской популяции достоверно превышает другие по этим показателям. Протяженность кроны составляет 88,4–92,7 % от высоты дерева, объем кроны – 148,79–309,09 м<sup>3</sup> в зависимости от варианта. Хвоя на дереве в лениногорском варианте сохраняется до 3,4 года, в алтайском – 3,7 года, ярцевском – 4,7 года. По семенной продуктивности также выделяется потомство алтайского происхождения. Меньшим количеством шишек на дереве отличается ярцевский вариант. Определение пыльцевой продуктивности показало, что на дереве формируются по 14,5–23,1 шт. побегов с микростробилами. Превышение по количе-

ству шишек составляет до 299,0 % от среднего значения. Деревья отселектированы по семенной и пыльцевой продуктивности и рекомендуются для составления схем смешения при создании лесосеменных плантаций, при этом использовать лучше не только быстрорастущие, урожайные деревья, но и экземпляры-опылители, что будет способствовать повышению урожайности на лесосеменных плантациях.

**Ключевые слова:** сосна кедровая сибирская, изменчивость, географическое происхождение, популяция, плантация, семеношение, Красноярск

**Благодарности:** Исследование выполнено коллективом научной лаборатории «Селекция древесных растений» в рамках госзадания № FEFE-2024-0013 Министерства науки и высшего образования РФ по теме «Селекционно-генетические основы формирования целевых насаждений и рационального использования древесных ресурсов Красноярского края (Енисейской Сибири)».

**Для цитирования:** Братилова Н.П., Матвеева Р.Н., Буторова О.Ф., Гришлова М.В. Географическая изменчивость показателей роста и репродуктивного развития сосны кедровой сибирской // Изв. вузов. Лесн. журн. 2024. № 6. С. 9–19. <https://doi.org/10.37482/0536-1036-2024-6-9-19>

Original article

## Geographical Variability of Growth and Reproductive Development Indicators of Siberian Cedar Pine

*Natalia P. Bratilova, Doctor of Agriculture, Prof., Chief Research Scientist;*

*ResearcherID: AAF-3074-2019, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2918-9690>*

*Rimma N. Matveeva, Doctor of Agriculture, Prof., Chief Research Scientist;*

*ResearcherID: AAB-9159-2019, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3476-9622>*

*Olga F. Butorova*<sup>✉</sup>, *Doctor of Agriculture, Prof., Chief Research Scientist;*

*ResearcherID: AAB-9155-2019, ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8575-7464>*

*Mariya V. Grishlova, Candidate of Agriculture, Research Scientist;*

*ResearcherID: KMX-6247-2024, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6438-1477>*

Reshetnev Siberian State University of Science and Technology, prosp. imeny gazety "Krasnoyarskiy rabochiy", 31, Krasnoyarsk, 660037, Russian Federation; nbratilova@yandex.ru, matveevam@mail.ru, Butorova.olga@mail.ru<sup>✉</sup>, grishlova@mail.ru

Received on January 25, 2024 / Approved after reviewing on April 8, 2024 / Accepted on April 11, 2024

**Abstract.** The study of the growth and reproductive capacity of woody plants in new habitat conditions, comparative assessment and selection of population progenies contribute to increasing the efficiency of plantations created from these plants. The study has been conducted in order to establish the influence of the geographical origin of the parent Siberian cedar pine stands on the growth and seed production of its seed progeny of the Altai (area optimum zone), Leninogorsk and Yartsevo ecotypes. The parent stands are located from 50°12' N (the Leninogorsk origin) to 61°00' N (the Yartsevo origin). The object of the study has been a 55-year-old Siberian cedar pine growing on the "Meteostation" plantation in the suburban area of Krasnoyarsk. The height, diameter of the stem and crown, the crown length and the length of the needles have been measured. The lifespan of needles, the number of whorls and branches in them, the number of shoots with microstrobilae and cones, as well as microstrobilae and cones on the shoot and on the tree have been determined. It has been



found that the average tree height and stem diameter differ between the variants by 9.3 and 16.6 %, respectively. The Altai population progeny significantly exceeds others in these indicators. The crown length is 88.4–92.7 % of the tree height, the crown volume is 148.79–309.09 m<sup>3</sup>, depending on the variant. The needles on the tree in the Leninogorsk variant last for up to 3.4 years, in the Altai variant – for up to 3.7 years, in the Yartsevo variant – for up to 4.7 years. In terms of seed productivity, the progeny of the Altai origin also stands out. The Yartsevo variant is distinguished by a smaller number of cones on the tree. The determination of pollen productivity has shown that 14.5–23.1 pcs. of shoots with microstrobilae are formed on the tree. The excess in the number of cones amounts to 299.0 % of the average value. The trees have been selected based on seed and pollen productivity and are recommended for drawing up mixing schemes when creating forest seed plantations, while it is better to use not only fast-growing, yielding trees, but also pollinating specimens, which will help increase yields on forest seed plantations.

**Keywords:** Siberian cedar pine, variability, geographical origin, population, plantation, seeding, Krasnoyarsk

**Acknowledgements:** The study was carried out by the staff of the “Breeding of Woody Plants” scientific laboratory within the framework of the state assignment no. FEFE-2024-0013 of the Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation on the topic “Breeding and Genetic Foundations for the Formation of Target Plantations and Rational Use of Wood Resources of the Krasnoyarsk Territory (Yenisey Siberia)”.

**For citation:** Bratilova N.P., Matveeva R.N., Butorova O.F., Grishlova M.V. Geographical Variability of Growth and Reproductive Development Indicators of Siberian Cedar Pine. *Lesnoy Zhurnal = Russian Forestry Journal*, 2024, no. 6, pp. 9–19. (In Russ.). <https://doi.org/10.37482/0536-1036-2024-6-9-19>

### *Введение*

Наблюдение за ростом и репродуктивной способностью древесных растений в новых условиях произрастания, сравнение и отбор потомств популяций позволяют повысить эффективность создаваемых плантаций. Продуктивность потомств имеет высокую зависимость от места произрастания и генотипа материнских насаждений [2–4, 6, 15, 16, 18, 19].

Сравнение потомств из отдаленных популяций помогает не только выявить высокопродуктивные климатотипы в ареале, но и размножить ценные отселектированные деревья. Географические культуры – это лесная искусственная лаборатория, выполняющая роль генного банка в сохранении биологического разнообразия. Они показывают вариабельность древесных растений тех географических зон, из которых были взяты образцы семян конкретных популяций и особей [8, 13, 14, 20, 21].

Географические культуры способствуют улучшению качества, экологического и санитарного состояния создаваемых древостоев. Биологическая и семенная продуктивность кедровых сосен зависит от их географической принадлежности [11, 12, 17, 22]. Исследованию роста и урожайности этого вида на лесокультурных объектах посвящены работы А.И. Ирошникова [9], С.Н. Велисевича и др. [5], М.Н. Казанцевой и М.М. Спасибовой [10] и др.

А.И. Ирошниковым [9], Н.А. Бабичем и др. [1] было установлено, что наилучшим ростом характеризуются потомства из оптимума произрастания вида. Отмечено существенное различие между популяциями контрастных регионов (в зависимости от лесорастительной зоны и высоты над уровнем моря)

по росту растений и формированию генеративных структур в географических культурах [11]. По данным А.И. Ирошникова [9], сосна кедровая сибирская обладает значительной нормой реакции на изменение экологических факторов, может хорошо адаптироваться к условиям произрастания в пределах ареала.

Исходя из вышеизложенного отбор экземпляров сосны кедровой сибирской в конкретных экологических условиях по целевому назначению с последующим их размножением для создания лесосеменных плантаций имеет большое значение.

Цель исследования – установить влияние географического происхождения материнских насаждений из зоны оптимума и контрастных точек ареала сосны кедровой сибирской на рост и репродуктивное развитие семенного потомства этих насаждений в условиях пригородной зоны Красноярска.

#### *Объекты и методы исследования*

Объектом исследования стало семенное потомство северной (ярцевской), южной (лениногорской) и произрастающей в оптимальных для сосны кедровой сибирской условиях (алтайской) популяций. К южной популяции сосны кедровой сибирской относится лениногорское насаждение, произрастающее в Казахстане; к северной – популяция из Ярцево Красноярского края. Популяции различаются и по высоте над уровнем моря (табл. 1).

Таблица 1

**Происхождение материнских популяций сосны кедровой сибирской**  
**The origin of parent populations of Siberian cedar pine**

Популяция	Происхождение	Лесничество	Географические координаты		Высота над уровнем моря, м
			с. ш.	в. д.	
Алтайская	Алтайский край	Караккокшинское	51°50'	86°54'	700
Лениногорская	Казахстан	Лениногорское	50°12'	85°33'	1700
Ярцевская	Красноярский край	Ярцевское	61°00'	90°36'	100

Изучено влияние географического происхождения семян на рост 55-летних деревьев сосны кедровой сибирской. Исследование проведено в пригородной зоне Красноярска на плантации «Метеостанция», расположенной на территории Учебно-опытного лесхоза Сибирского государственного университета науки и технологий им. академика М.Ф. Решетнёва. Растения размещены по схеме 5×5 м.

При селекционной оценке деревьев устанавливали высоту, диаметр ствола и кроны, протяженность последней, длину хвои, продолжительность ее жизни, количество мутовок и ветвей в них, количество побегов с микростробилами и шишками, микростробилов и шишек на побеге и на дереве. Ранжирование показателей проводили, оценивая лучшие растения по наибольшему баллу. Полученные данные обрабатывали статистически.

#### *Результаты исследования и их обсуждение*

Установлено, что средняя высота сосны кедровой сибирской составляет 14,0 м, варьируя по вариантам от 12,9 м (лениногорское происхождение) до 15,1 м

(потомство алтайской популяции). Высота потомства сосны кедровой сибирской алтайской популяции достоверно ( $t_{\phi} > t_{05}$ ) превышает другие на 7,1–17,1 % [7]. Показатель характеризуется низким уровнем варьирования (табл. 2).

Таблица 2

**Высота и диаметр стволов сосны кедровой сибирской разного происхождения**  
**The height and diameter of the stems of Siberian cedar pine trees of different origin**

Происхождение	$M_{cp}$	$\pm m$	CV, %	$t_{\phi}$ при $t_{05} = 2,02$	Уровень изменчивости
<i>Высота, м</i>					
Алтайское	15,1	0,18	5,3	–	Низкий
Лениногорское	12,9	0,37	9,1	5,35	
Ярцевское	14,1	0,36	8,1	2,48	
<i>Диаметр ствола, см</i>					
Алтайское	33,7	0,95	12,6	–	Средний
Лениногорское	28,9	1,38	15,0	2,87	
Ярцевское	32,5	1,92	18,7	0,56	

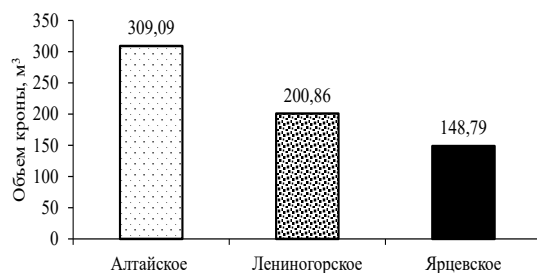
Средний диаметр ствола на высоте 1,3 м у 55-летней сосны кедровой сибирской составляет 31,7 см. Диаметр ствола в алтайском варианте, имеющий наибольшее значение, существенно превышает показатель в лениногорском варианте. Сравнение растений алтайского и ярцевского вариантов по диаметру ствола по t-критерию показало несущественное различие ( $t_{\phi} > t_{05}$ ). Коэффициент изменчивости более высокий в ярцевском варианте.

Диаметр кроны деревьев различается между вариантами на 22,8 % (табл. 3). Крона большего диаметра сформировалась у деревьев алтайского происхождения: на 11,9–38,9 % в сравнении с остальными; наименьшего – у потомства ярцевской популяции при среднем и высоком уровнях варьирования. Высокий уровень изменчивости характерен для деревьев ярцевского варианта [7]. Крона у сосны кедровой сибирской низкоопущенная, в среднем ее протяженность составляет 12,8 м – 88,4–92,7 % от высоты дерева. Объем кроны деревьев в разных вариантах варьировал от 148,79 до 309,09 м<sup>3</sup> с разницей между крайними значениями до 2,1 раза (см. рисунок). Наибольший объем кроны отмечен у деревьев алтайского происхождения. Слабее по сравнению со всеми вариантами развита крона у деревьев ярцевского происхождения.

Таблица 3

**Диаметр и протяженность кроны сосны кедровой сибирской разного происхождения**  
**The diameter and length of the crown of Siberian cedar pine trees of different origin**

Происхождение	$M_{cp}$	$\pm m$	CV, %	$t_{\phi}$ при $t_{05} = 2,02$	Уровень изменчивости
<i>Диаметр кроны, м</i>					
Алтайское	7,5	0,21	12,3	–	Средний
Лениногорское	6,7	0,27	13,0	2,34	
Ярцевское	5,4	0,42	24,4	4,47	Высокий
<i>Протяженность кроны, м</i>					
Алтайское	14,0	0,18	5,9	–	Низкий
Лениногорское	11,4	0,35	13,0	6,61	Средний
Ярцевское	13,0	0,36	8,8	2,48	Низкий



Объем кроны сосны кедровой сибирской в зависимости от происхождения семян

The crown volume of Siberian cedar pine trees depending on the origin of the seeds

По количеству живых мутовок на дереве уровни варьирования – средний и низкий (табл. 4). Количество мутовок с охвоенными побегами составляет в среднем 26,2 шт. при наибольшем показателе у потомства ярцевской популяции. Достоверное различие по данному показателю подтверждается  $t$ -критерием только между деревьями ярцевского и алтайского происхождений.

Таблица 4

**Количество мутовок с охвоенными побегами у сосны кедровой сибирской разного происхождения, шт.**

**The number of whorls with needled shoots in Siberian cedar pine trees of different origin, pcs.**

Происхождение	$M_{cp}$	$\pm m$	CV, %	$t_{\phi}$ при $t_{05} = 2,02$	Уровень изменчивости
Алтайское	24,7	0,67	12,5	2,52	Средний
Лениногорское	26,2	0,77	12,4	1,23	
Ярцевское	27,8	1,03	11,7	–	Низкий

По количеству ветвей в мутовке при среднем значении 4,7 шт. лидирует потомство лениногорского происхождения, но достоверность различий между вариантами не подтверждается статистически.

Средняя длина хвои сосны кедровой сибирской сравниваемых вариантов – 10,8 см. Большой длиной хвои отличаются деревья алтайского происхождения, существенно превышая показатель потомства лениногорской популяции ( $t_{\phi} > t_{05}$ ). У некоторых экземпляров в алтайском варианте хвоя имеет длину 13,2–14,7 см (табл. 5).

Таблица 5

**Длина и продолжительность жизни хвои сосны кедровой сибирской разного происхождения**

**The length and lifespan of the needles of Siberian cedar pine trees of different origin**

Происхождение	$M_{cp}$	$\pm m$	CV, %	$t_{\phi}$ при $t_{05} = 2,02$	Уровень изменчивости
<i>Длина хвои, см</i>					
Алтайское	11,7	0,30	11,6	–	Низкий
Лениногорское	10,1	0,37	15,5	3,36	
Ярцевское	10,7	0,50	14,8	1,71	Средний
<i>Продолжительность жизни хвои, лет</i>					
Алтайское	3,7	0,29	35,9	2,20	Высокий
Лениногорское	3,4	0,26	31,8	2,98	
Ярцевское	4,7	0,35	23,6	–	

Средняя продолжительность жизни хвои сосны кедровой сибирской в зависимости от происхождения равна 3,9 года [7]. Наибольший показатель выявлен у деревьев ярцевского происхождения: на 27,0–38,2 % превышает значения для алтайской и лениногорской ( $t_{\phi} > t_{05}$ ) популяций при коэффициенте изменчивости 23,6–35,9 %.

Ранжирование потомств популяций по сравниваемым показателям в зависимости от географического происхождения показало, что наибольшей суммой рангов отличается потомство алтайской популяции. Меньшее количество баллов – у деревьев лениногорского происхождения (табл. 6).

Таблица 6

**Ранговая оценка деревьев сосны кедровой сибирской разного происхождения, баллы**  
**The ranking assessment of Siberian cedar pine trees of different origin, points**

Происхождение	Высота	Диаметр ствола	Объем кроны	Количество ветвей	Длина хвои	Продолжительность жизни хвои	Общий ранг
Алтайское	3	3	3	2	3	2	16
Лениногорское	1	1	2	3	1	1	9
Ярцевское	2	2	1	1	2	3	11

Отмечено наличие деревьев, различающихся по типам развития (женское и мужское). Установлено, что среднее количество побегов с шишками на дереве в 55-летнем возрасте – 14,4 шт. Потомство алтайского происхождения сформировало наибольшее количество побегов с шишками и шишек на дереве (табл. 7). Меньшей урожайностью (в 1,7 раза) характеризуются деревья ярцевского варианта. Количество шишек на побеге (в пучке) составляет 1–3 шт., различаясь между вариантами незначительно. Семеносящих деревьев в алтайском варианте 75 %, лениногорском – 84 %, ярцевском – 89 %.

Таблица 7

**Количество побегов с шишками у сосны кедровой сибирской разного происхождения, шт.**

**The number of shoots with cones in Siberian cedar pine trees of different origin, pcs.**

Происхождение	$M_{cp}$	$\pm m$	CV, %	$t_{\phi}$ при $t_{05} = 1,99$	Уровень изменчивости
Алтайское	17,4	1,56	81,6	–	Высокий
Лениногорское	14,6	1,45	64,2	1,31	
Ярцевское	11,3	0,96	58,8	3,33	

При определении количества побегов с микростробилами выявлено их наибольшее количество у деревьев ярцевского происхождения: в 1,1–1,6 раза больше, чем в лениногорском и алтайском вариантах. Формирование микростробил на побеге в среднем варьирует от 10,3 до 11,5 шт. без существенных различий между вариантами (табл. 8).

Таблица 8

**Образование микростробил у сосны кедровой сибирской разного происхождения**  
**The formation of microstrobilae in Siberian cedar pine trees of different origin**

Происхождение	Микростробилы на побеге		Микростробилы на дереве	
	шт.	%*	шт.	%*
Алтайское	10,9	100	158,0	74,5
Лениногорское	11,5	105,5	240,4	113,3
Ярцевское	10,3	94,5	237,9	112,2
<i>Среднее</i>	10,9	100	212,1	100

\*Здесь и в табл. 9 – по отношению к среднему.

Деревья отобраны по 2 показателям – семенной и пыльцевой продуктивности (табл. 9). Для составления схем смешения выбраны следующие экземпляры: 2-57 алтайского происхождения, 1-9, 1-25, 1-59, 1-61 – лениногорского и 6-26 – ярцевского.

Таблица 9

**Отсеleetированные по количеству шишек и микростробиллов на дереве  
экземпляры сосны кедровой сибирской  
The specimens of Siberian cedar pine selected by the number of cones  
and microstrobilae on the tree**

Происхождение	Номер дерева	Количество шишек		Номер дерева	Количество микростробиллов	
		шт.	%*		шт.	%*
Алтайское	2-48	115	330,4	2-28	877	554,7
	2-71	95	273,0	2-30	499	315,6
	2-74	94	270,1	2-74	340	215,1
	2-47	86	247,1	2-33	389	246,0
	2-57	85	244,2	2-57	442	279,6
	2-15	82	235,6	2-70	342	216,3
	2-72	76	218,4	2-24	360	227,7
	<i>Среднее</i>	34,8	100	<i>Среднее</i>	158,1	100
Лениногорское	1-9	76	238,5	1-31	1456	605,9
	1-25	57	192,6	1-25	1012	421,1
	1-23	54	182,4	1-26	448	186,4
	1-61	54	182,4	1-61	869	361,6
	1-50	52	175,7	1-9	916	381,2
	1-27	51	172,3	1-10	850	353,7
	1-59	48	162,2	1-59	1092	454,4
	<i>Среднее</i>	29,6	100	<i>Среднее</i>	240,3	100
Ярцевское	6-26	83	399,0	6-26	352	152,2
	6-75	47	226,0	6-106	539	226,6
	6-38	42	201,9	6-95	586	246,3
	6-31	36	173,1	6-103	481	202,2
	6-73	34	163,5	6-107	529	222,4
	6-70	32	153,8	6-27	290	121,9
	6-58	30	144,2	6-96	289	121,5
	<i>Среднее</i>	20,8	100	<i>Среднее</i>	237,9	100

Примечание: Среднее значение дано по всем деревьям с шишками и микростробилами.

### Заключение

Установлено, что в географических культурах пригородной зоны Красноярска наибольшие высоту, диаметр ствола, диаметр и протяженность кроны, длину хвои имеют сосны кедровые сибирские алтайского происхождения



(зона оптимума для вида). Потомство ярцевского (северного) происхождения отличается наибольшими длиной боковых побегов, количеством мутовок с охвоенными побегами, продолжительностью жизни хвои. По количеству микростробилов дерева ленингорского и ярцевского происхождений превосходят алтайские варианты.

Отсементированные по 1 и 2 показателям дерева являются наилучшими для составления схем смешения при создании лесосеменных плантаций. При этом в список рекомендуемых деревьев включены не только быстрорастущие, урожайные деревья, но и экземпляры-опылители, что будет способствовать повышению урожайности на лесосеменных плантациях.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ / REFERENCES

1. Бабич Н.А., Хамитов Р.С., Хамитова С.М. Селекция и семенная репродукция кедра сибирского. Вологда–Молочное: ИЦ ВГМХА, 2014. 153 с.  
Babich N.A., Khamitov R.S., Khamitova S.M. Breeding and Seed Reproduction of Siberian Cedar. Vologda–Molochnoye, Vologda State Dairy Farming Academy Publ., 2014. 153 p. (In Russ.).
2. Бессчетнов В.П., Бессчетнова Н.Н., Щербаков А.Ю. Популяционная структура географических культур ели европейской в оценках пигментного состава хвои // Изв. С.-Петербур. лесотехн. акад. 2021. Вып. 237. С. 109–130.  
Besschetnov V.P., Besschetnova N.N., Shcherbakov A.Yu. Population Structure of Geographical Cultures of European Spruce in the Estimates of the Pigment Composition of Needles. *Izvestia Sankt-Peterburgskoj lesotekhnicheskoy akademii*, 2021, iss. 237, pp. 109–130. (In Russ.).
3. Братилова Н.П., Калагин В.Н., Мантулина А.В., Калашиников Р.В., Моксина Н.В., Мотырев Н.О. Эндогенная изменчивость показателей роста и надземной фитомассы сосны кедровой корейской в искусственных насаждениях пригородной зоны Красноярска // Хвойные бореал. зоны. 2023. Т. XLI, № 6. С. 459–465.  
Bratilova N.P., Kalagin V.N., Mantulina A.V., Kalashnikov R.V., Moksina N.V., Motyrev N.O. Endogenous Variability of Growth Indicators and Above Ground Phytomass of *Pinus koraiensis* on the Artificial Plantations of the Suburban Zone of Krasnoyarsk. *Khvoynye boreal'noi zony* = Conifers of the Boreal Area, 2023, vol. XLI, no. 6, pp. 459–465. (In Russ.).  
<https://doi.org/10.53374/1993-0135-2023-6-459-465>
4. Брынцев В.А., Коженкова А.А. Рост разных климатипов сосны кедровой сибирской при интродукции в Московскую область // Плодоводство, семеноводство, интродукция древес. растений. 2016. Т. XIX, № XIX(1). С. 11–14.  
Bryntsev V.A., Kozhenkova A.A. The Growth of Different Climatypes of Siberian Cedar Pine during Introduction to the Moscow Region. *Plodovodstvo, semenovodstvo, introduktsiya drevesnykh rastenij* = Gardening, Seed Growing, Introduction of Woody Plants, 2016, vol. XIX, no. XIX(1), pp. 11–14. (In Russ.).
5. Велисевич С.Н., Хуторной О.В., Читоркина О.Ю. Рост и репродукция разновысотных ценопопуляций сосны кедровой сибирской (*Pinus sibirica* Du Tour) в Северо-Восточном Алтае // Вестн. Томск. гос. ун-та. Биология. 2009. № 3(7). С. 73–84.  
Velisevich S.N., Khutornoy O.V., Chitorkina O.Yu. Growth and Reproduction of *Pinus sibirica* Du Tour Subpopulation Altitudinal Transect in the North-Eastern Altai. *Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo universiteta. Biologiya* = Tomsk State University Journal of Biology, 2009, no. 3(7), pp. 73–84. (In Russ.).
6. Выводцев Н.В., Кобаяси Р., Якимов Д.С. Интродукция сосны кедровой сибирской в Хабаровске // Сохранение лесных генетических ресурсов Сибири: материалы 3-го Междунар. совещ. Красноярск: Ин-т леса им. В.Н. Сукачева СО РАН, 2011. С. 32–33.

Vyvodtsev N.V., Kobayashi R., Yakimov D.S. Introduction of *Pinus sibirica* in Khabarovsk. *Sokhranenie lesnykh geneticheskikh resursov Sibiri* = Conservation of Forest Genetics Resources in Siberia: Proceedings of 3rd International Conference. Krasnoyarsk, Sukachev Institute of Forest of the Siberian Branch of the RAS, 2011, pp. 32–33. (In Russ.).

7. Гришлова М.В., Братилова Н.П. Изменчивость показателей 55-летней сосны кедровой сибирской в разных условиях произрастания // Хвойные бореал. зоны. 2021. Т. XXXIX, № 2. С. 90–94. (In Russ.).

Grishlova M.V., Bratilova N.P. Variability of Indicators of 55-Year-Old *Pinus sibirica* in Different Growing Conditions. *Khvoynye boreal'noi zony* = Conifers of the Boreal Area, 2021, vol. XXXIX, no. 2, pp. 90–94. (In Russ.).

8. Земляной А.И. О генофонде кедра сибирского (*Pinus sibirica* Du Tour) // Сохранение лесных генетических ресурсов: материалы 5-й Междунар. конф.-совещ. Гомель: Колордрук, 2017. С. 54–57.

Zemlyanoy A.I. About the Gene Pool of Siberian Cedar (*Pinus sibirica* Du Tour). *Sokhranenie lesnykh geneticheskikh resursov* = Conservation of Forest Genetic Resources: Proceedings of the 5th International Conference. Homel, LLC "Kolordruk", 2017, pp. 54–57. (In Russ.).

9. Ирошников А.И. 1.1. Биоэкологические свойства и изменчивость кедра сибирского // Кедровые леса Сибири / отв. ред. А.С. Исаев. Новосибирск: Наука. Сиб. отд-ние, 1985. С. 8–40.

Iroshnikov A.I. 1.1. Bioecological Properties and Variability of Siberian Cedar. *Cedar Forests of Siberia*. Ed.-in-chief A.S. Isaev. Novosibirsk, Nauka Publ. (Siberian Branch), 1985, pp. 8–40. (In Russ.).

10. Казанцева М.Н., Спасибова М.М. Рост и продуктивность кедра сибирского (*Pinus sibirica* Du Tour) в посадках дендрария сибирской лесной опытной станции // Вестн. Тюмен. гос. ун-та. Экология и природопользование. 2018. Т. 4, № 3. С. 94–107.

Kazantseva M.N., Spasibova M.M. Growth and Productivity of Siberian Cedar (*Pinus sibirica* Du Tour) in the Plantings of the Arboretum, Siberian Forest Experiment Station. *Vestnik Tyumenskogo gosudarstvennogo universiteta. Ekologiya i prirodopol'zovanie* = Tyumen State University Herald. Natural Resource and Ecology, 2018, vol. 4, no. 3, pp. 94–107. (In Russ.). <https://doi.org/10.21684/2411-7927-2018-4-3-94-107>

11. Кузнецова Г.В. Межпопуляционная изменчивость размера шишек и массы семян сосны сибирской кедровой (*Pinus sibirica* Du Tour) // Хвойные бореал. зоны. 2022. Т. XL, № 5. С. 369–373.

Kuznetsova G.V. Interpopulation Variability of the Size of Cones and Seed Weight of Siberian Pine (*Pinus sibirica* Du Tour). *Khvoynye boreal'noi zony* = Conifers of the Boreal Area, 2022, vol. XL, no. 5, pp. 369–373. (In Russ.). <https://doi.org/10.53374/1993-0135-2022-5-369-373>

12. Матвеева Р.Н., Милютин Л.И., Буторова О.Ф., Братилова Н.П. Отбор деревьев кедра сибирского высокой репродуктивной способности на географической лесосеменной плантации // Изв. вузов. Лесн. журн. 2017. № 2. С. 9–20.

Matveeva R.N., Milyutin L.I., Butorova O.F., Bratilova N.P. Selection of High Reproductive Siberian Cedar Trees in the Geographic Seed Plantation. *Lesnoy Zhurnal* = Russian Forestry Journal, 2017, no. 2, pp. 9–20. (In Russ.). <https://doi.org/10.17238/issn0536-1036.2017.2.9>

13. Мерзленко М.Д., Глазунов Ю.Б., Мельник П.Г. Результаты выращивания провениенций сосны обыкновенной в географических посадках Серебряноборского опытного лесничества // Лесоведение. 2017. № 3. С. 176–182.

Merzlenko M.D., Glazunov Y.B., Mel'nik P.G. Growing Geographical Trial Provenances of the Scots Pine in Serebryany Bor Forestry. *Lesovedenie* = Russian Journal of Forest Science, 2017, no. 3, pp. 176–182. (In Russ.).

14. Наквасина Е.Н., Прожерина Н.А., Демина Н.А. Изучение реакции потомства ели разного географического происхождения в системе «генотип-среда» на Европейском Севере России // Изв. С.-Петерб. лесотехн. акад. 2017. Вып. 221. С. 145–161.

Nakvasina E.N., Prozherina N.A., Demina N.A. The Study of the Reaction of Spruce Progeny of Different Geographical Origins in the Genotype-Environment System in the European North of Russia. *Izvestia Sankt-Peterburgskoj lesotehniceskoy akademii*, 2017, iss. 221, pp. 145–161. (In Russ.).

15. Николаева М.А., Варенцова Е.Ю., Межина К.М. Оценка сохранности и состояния *Pinus sibirica* Du Tour в географических культурах Ленинградской области // Хвойные бореал. зоны. 2022. Т. XL, № 5. С. 381–387.

Nikolaeva M.A., Varentsova E.Yu., Mezhdina K.M. Assessment of the Preservation and Condition of *Pinus sibirica* Du Tour in Provenance Trials of the Leningrad Region. *Khvoynye boreal'noi zony = Conifers of the Boreal Area*, 2022, vol. XL, no. 5, pp. 381–387. (In Russ.). <https://doi.org/10.53374/1993-0135-2022-5-381-387>

16. Тараканов В.В., Дубовик Д.С., Rogovtsev P.B., Зацепина К.Г., Бугаков А.В., Гончарова Т.В. Состояние и перспективы развития генетико-селекционного комплекса хвойных пород в Сибири (на примере Новосибирской области) // Вестн. Поволж. гос. технол. ун-та. Сер.: Лес. Экология. Природопользование. 2019. № 3(43). С. 5–24.

Tarakanov V.V., Dubovik D.S., Rogovtsev R.V., Zatssepina K.G., Bugakov A.V., Goncharova T.V. State and Perspectives for Development of the Genetic-Breeding Pool of Conifers in Siberia (Based on the Example of the Novosibirsk Region). *Vestnik Povolzhskogo gosudarstvennogo tekhnologicheskogo universiteta. Seriya: Les. Ekologiya. Prirodopol'zovanie = Vestnik of Volga State University of Technology. Series: Forest. Ecology. Nature Management*, 2019, no. 3(43), pp. 5–24. (In Russ.).

17. Титов Е.В. Орехоплодовые плантации кедровых сосен // Лесн. хоз-во. 2001. № 1. С. 36–38.

Titov E.V. Cedar Pine Nut Plantations. *Lesnoe khozyajstvo*, 2001, no. 1, pp. 36–38. (In Russ.).

18. Brockerhoff E.G., Jactel H., Parrotta J.A., Quine C.P., Sayer J. Plantation Forests and Biodiversity: an Oxymoron or Opportunity? *Biodiversity and Conservation*, 2008, vol. 17, pp. 925–951. <https://doi.org/10.1007/s10531-008-9380-x>

19. Chmura D.J., Giertych M., Rozkowski R. Early Height Growth of Scots Pine (*Pinus sylvestris* L.) Progenies from Polish Clonal Seed Orchards. *Dendrobiology*, 2003, vol. 49, pp. 15–23.

20. Dobrev R. Family Selection of Height and Diameter Growth of 16 Years Old Progenies of Macedonian Pine (*Pinus peuce* Griseb.). *Nauka za Gorata*, 2007, vol. 44, no. 4, pp. 17–30.

21. Giertych M. Summary of Results of Scots Pine (*Pinus sylvestris* L.) Height Growth in IUFRO Provenance Experiments. *Silvae Genetica*, 1979, vol. 28, iss. 4, pp. 136–152.

22. Zhuk E., Goroshkevich S. Growth and Reproduction in *Pinus sibirica* Ecotypes from Western Siberia in a Common Garden Experiment. *New Forests*, 2018, vol. 49, no 2, pp. 159–172. <https://doi.org/10.1007/s11056-017-9611-7>

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