

ИЗМЕНЧИВОСТЬ ПОКАЗАТЕЛЕЙ 17-ЛЕТНИХ МОДЕЛЬНЫХ ДЕРЕВЬЕВ СОСНЫ КЕДРОВОЙ СИБИРСКОЙ

Р. Н. Матвеева, О. Ф. Буторова, Ю. Е. Щерба, С. Н. Дырдин, И. В. Комаров, А. С. Коростелев

Сибирский государственный университет науки и технологий имени академика М. Ф. Решетнева
Российская Федерация, 660037, г. Красноярск, просп. им. газеты «Красноярский рабочий», 31
E-mail: butorova.olga@mail.ru

Приведена изменчивость показателей модельных деревьев 17-летней сосны кедровой сибирской в условиях Учебно-опытного лесхоза СибГУ им. М. Ф. Решетнева (пригородная зона Красноярск). Цель исследований – установить по модельным деревьям особенности роста, образования боковых ветвей, величину годичных приростов побега в высоту до и после посадки на плантацию, длину и массу хвои, количество боковых корней первой и второго порядков у деревьев второго поколения на плантации «ЛЭП-2». Размеры и массу хвои определяли на центральных и боковых побегах. Установлено, что большей высотой, текущим приростом побега, длиной, хвоей, количеством боковых корней отличалось дерево № 5-6. Образование боковых ветвей в мутовках в разные годы варьировало от 1 до 6 шт. Перед пересадкой сеянцев на плантацию в 2014 году прирост центрального побега составлял в среднем 33,5 см. В следующие три года после пересадки прирост уменьшился до 1,3–10,0 см. В возрасте 17 лет произошло резкое увеличение текущего прироста побега до 25,5–42,0 см. Длина и масса хвои на центральном побеге превышала данные показатели на боковых. Установлена корреляционная тесная связь между высотой и количеством корней, массой хвои и ее длиной.

Ключевые слова: сосна кедровая сибирская, изменчивость, модельное дерево, хвоя, плантация.

Conifers of the boreal area. 2023, Vol. XLI, No. 2, P. 145–150

VARIABILITY OF 17-YEAR-OLD MODEL TREES INDICATORS OF SIBERIAN CEDAR PINE

R. N. Matveeva, O. F. Butorova, Yu. E. Shcherba, S. N. Dyrdin, I. V. Komarov, A. S. Korostelev

Reshetnev Siberian State University of Science and Technology
31, Krasnoyarskii rabochii prospekt, Krasnoyarsk, 660037, Russian Federation
E-mail: butorova.olga@mail.ru

The variability of the indicators of model trees of the 17-year-old Siberian cedar pine in the conditions of the Educational and Experimental Forestry of the Reshetnev University (suburban zone of Krasnoyarsk) is given. The purpose of the research is to establish the features of growth, the formation of side branches, the magnitude of annual shoot growths in height from model trees before and after planting on the plantation. Then the purpose is to study the length and mass of needles, the number of side roots of the first and second orders in second-generation trees on the plantation "Power transmission line – 2". The size and weight of the needles were determined on the central and side shoots. It was established that the greater height, the current growth of the shoot, the length of the needles, the number of lateral roots differed in tree No. 5-6. The formation of lateral branches in the whorls in different years varied from 1 to 6 pieces. Before transplanting seedlings to the plantation in 2014, the growth of the central shoot averaged 33.5 cm. In the next three years after transplantation, the growth decreased to 1.3–10.0 cm. At the age of 17, there was a sharp increase in the current growth of the shoot to 25.5–42.0 cm. The length and mass of the needles on the central shoot exceeded these indicators on the lateral ones. A correlation close relationship was established between the height and number of roots, the mass of needles and its length.

Keywords: Siberian cedar pine, variability, model tree, needles, plantation.

ВВЕДЕНИЕ

Сосна кедровая сибирская (*Pinus sibirica* Du Tour) является уникальной древесной породой, полезные свойства которой общеизвестны. Данный вид ценится не только за экологические, лесоводственные функции, но и за орехи, обладающие ценными диетическими и лечебными свойствами, применяющимися при различных заболеваниях. Кедровые насаждения выполняют средообразующие, почвозащитные функции, оказывают бла-

гоприятное влияние на микроклимат, воздействуя на ветровой, радиационный, температурный режимы, регулируя кислородно-углеродный баланс, увеличивая содержание фитоорганических веществ, отрицательных ионов и пр. [2; 3; 8; 9; 12; 16–18; 22; 23; 24; 29 и др.].

Корневая система у деревьев хорошо развита, располагается преимущественно в верхнем почвенном горизонте и состоит из короткого стержневого и мощных боковых корней [4; 19 и др.].

Крона густая, конусовидной, цилиндрической, булавовидной и канделябровидной форм [14]. Хвоя выполняет важнейшие кислородопroduцирующую, экологическую функции, осуществляя фотосинтез, выделяя фитонциды [5; 6; 25 и др.]. Хвоя у сосны кедровой сибирской имеет окраску от светло- до тёмно-зелёной; длину от 5 до 14 см, ширину – от 0,8 до 1,2 мм. Продолжительность жизни хвои составляет 3–7 лет, хвоя расположена на слаборазвитых укороченных побегах в основном по 5 шт. в пучке [4]. А. И. Ирошников [13] отмечал, что встречаются экземпляры сосны кедровой сибирской с 6- и 7-ю хвоинками в пучке, которые были отнесены к наиболее быстрорастущим. Установлена корреляция между размерами хвои и темпами роста сосны горной и обыкновенной [27; 28]. Длинная хвоя, по заключению Т. П. Некрасовой [20], является диагностическим показателем принадлежности сосны кедровой сибирской к женской форме.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЙ

В 2005 году с 41-летних урожайных деревьев, произрастающих на опытной плантации Учебно-опытного лесхоза СибГУ, были собраны шишки и проведен осенний посев семян для выращивания посадочного материала. Среднее количество шишек на дереве составило 15,9 шт. [17].

Осенью 2014 года растения были пересажены на участок «ЛЭП-2». В 2021 году были взяты для исследований три модельных дерева, у которых измеряли высоту, диаметр ствола, годовые приросты побега в высоту, длину и массу хвои на центральных и боковых приростах за 2021 год, изучали строение корневой системы. Исследования проводили по общепринятым в лесокультурном производстве методикам. Для обработки экспериментального материала использованы статистические методы [11]. Уровень изменчивости оценивали по шкале С. А. Мамаева [15].

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Как показали исследования, высота 17-летних модельных деревьев составила 131,3–158,7 см. При этом большей высотой, текущим приростом побега и длиной хвои на центральном побеге отличалось дерево № 5-6 (табл. 1).

По количеству верхушечных почек на центральном побеге выделяется дерево № 4-5: на 12,0 % больше в сравнении с остальными моделями; по длине верхушечной почки – деревья № 4-4, 4-5; количеству корней – дерево № 5-6 (табл. 2).

У дерева № 5-6 боковых корней первого порядка было больше в 2,8–5,5 раза, второго порядка – в 1,2–2,4 раза, чем у деревьев № 4-5 и № 4-4.

Образование боковых ветвей в разные годы варьировало в больших пределах: от 1 до 6 шт. Наименьшее их количество (1–2 шт.) было в 2017 г. на третий год после пересадки, наибольшее – в 2021 году (3–6 шт.) (табл. 3).

Наибольшее их суммарное количество отмечено у дерева № 5-6 (38 шт.) в сравнении с деревьями № 4-4 и 4-5. Превышение составило 7,4 и 16,0 %, соответственно.

Анализ роста растений в высоту показал, что до пересадки с 2010 по 2014 гг. прирост варьировал от 4,0 до 17,0 см (рис. 1).

После пересадки (2015–2017 гг.) прирост центрального побега составлял всего 1,3–10,0 см. Затем годичный прирост стал увеличиваться и в возрасте 17 лет он составил 25,5–42,0 см.

Динамика роста модельных деревьев в высоту приведена на рис. 2.

Исследования показали, что длина хвои на центральных (2019–2021 гг.) и боковых побегах (2021 г.) на примере модельных деревьев неодинакова. Средняя длина хвои на приростах центрального побега составила 8,6–9,9 см, достигая наибольшего значения на приросте 2021 года: на 13,8–15,1 %. Уровень варьирования длины хвои на центральном побеге 2021 года средний, 2020 и 2019 гг. – низкий (табл. 4).

Таблица 1
Биометрические показатели модельных деревьев

Номер модели	Высота		Диаметр ствола		Текущий прирост побега		Средняя длина хвои на центральном побеге за 2019–2021 гг.	
	см	% к X_{cp}	см	% к X_{cp}	см	% к X_{cp}	X_{cp} , см	% к X_{cp}
4-4	131,3	90,7	2,2	88,0	25,5	76,1	9,1	96,8
4-5	144,0	99,5	2,5	100,0	33,0	98,5	8,7	92,6
5-6	158,7	109,7	2,9	116,0	42,0	125,4	10,3	109,6
Среднее значение	144,7	100,0	2,5	100,0	33,5	100,0	9,4	100,0

Таблица 2
Образование верхушечных почек и корней у модельных деревьев

Номер дерева	Верхушечные почки		Количество корней					
			1-го порядка		2-го порядка		всего	
	шт.	% к X_{cp}	шт.	% к X_{cp}	шт.	% к X_{cp}	шт.	% к X_{cp}
4-4	9	90,0	4	35,4	10	55,6	14	47,8
4-5	12	120,0	8	70,8	20	111,1	28	95,6
5-6	9	90,0	22	194,7	24	133,3	46	157,0
Среднее значение	10,0	100,0	11,3	100,0	18,0	100,0	29,3	100,0

Таблица 3
Количество боковых ветвей в мутовках центрального побега

Год образования мутовки	Номер дерева						Среднее значение	
	4-4		4-5		5-6		шт.	% к X_{cp}
	шт.	% к X_{cp}	шт.	% к X_{cp}	шт.	% к X_{cp}		
2021	3	111,1	6	240,0	6	206,9	5,0	185,2
2020	2	74,1	4	160,0	3	103,4	3,0	111,1
2019	6	222,2	3	120,0	4	137,9	4,3	159,2
2018	4	148,1	3	120,0	3	103,4	3,3	122,2
2017	2	74,1	1	40,0	1	34,5	1,3	48,1
2016	2	74,1	2	80,0	3	103,4	2,3	85,2
2015	2	74,1	3	120,0	3	103,4	2,7	100,0
2014	4	148,1	1	40,0	3	103,4	2,7	100,0
2013	1	37,0	2	80,0	3	103,4	2,0	74,1
2012	3	111,1	1	40,0	3	103,4	2,3	85,2
2011	2	74,1	4	160,0	2	69,0	2,7	100,0
2010	1	37,0	1	40,0	2	69,0	1,3	48,1
2009	3	111,1	2	80,0	2	69,0	2,3	85,2
Среднее значение	2,7	100,0	2,5	100,0	2,9	100,0	2,7	100,0

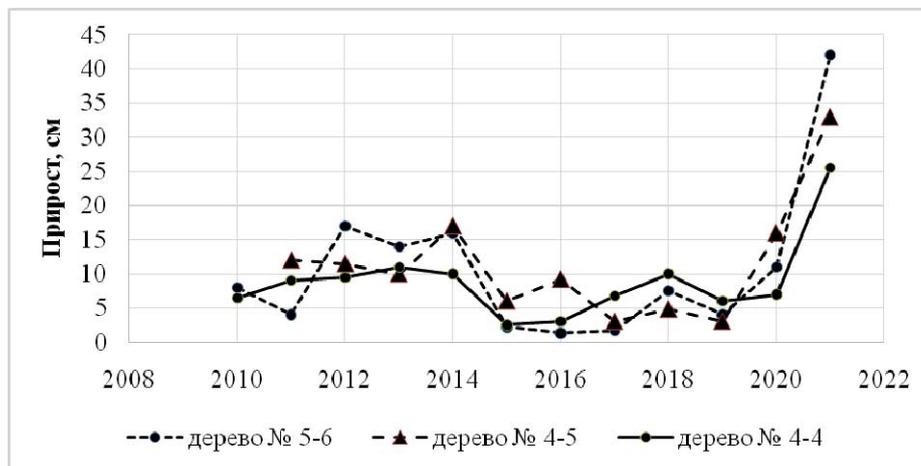


Рис. 1. Годичный прирост в высоту у растений в 2010–2021 годах

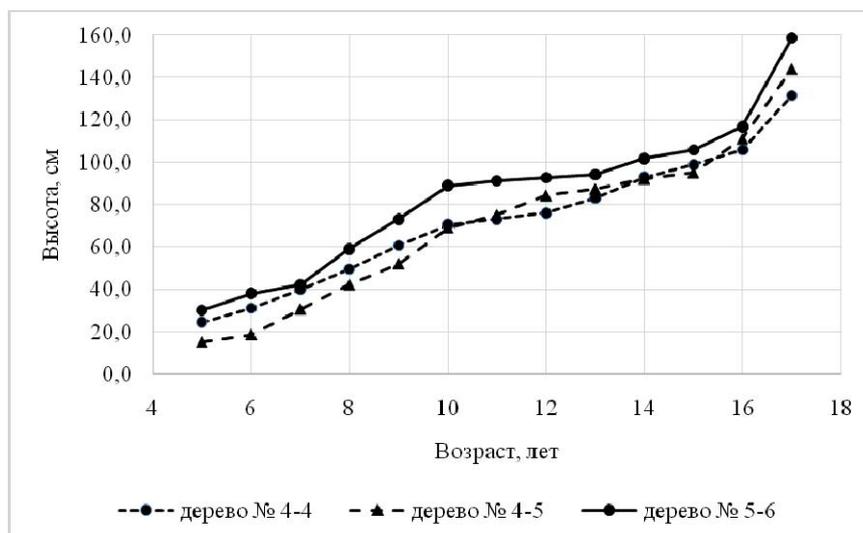


Рис. 2. Динамика роста модельных деревьев в высоту

Таблица 4
Изменчивость длины хвои у модели № 4-4, см

Год прироста	X_{cp}	$\pm m$	$V, \%$	$P, \%$	t_{ϕ} при $t_{05} = 2,01$	Уровень изменчивости
Центральный побег						
2021	9,9	0,32	14,6	3,2	-	средний
2020	8,6	0,17	10,2	2,0	3,59	низкий
2019	8,7	0,27	10,6	3,1	2,87	низкий
Среднее значение	9,1					
Боковые побеги (прирост 2021 г.)						
2021	8,1	0,19	12,2	2,3	-	средний
2020	8,0	0,17	14,2	2,1	0,39	средний
2019	7,7	0,14	18,0	1,8	1,69	средний
2018	7,3	0,15	18,2	2,0	3,30	средний
2017	7,8	0,25	18,5	3,2	0,96	средний
2016	7,7	0,16	10,1	2,1	1,61	низкий
2015	6,7	0,13	18,4	1,9	6,08	средний
2014	7,6	0,30	20,0	3,9	1,41	средний
Среднее значение	7,6					

Таблица 6
Изменчивость длины хвои у модели № 5-6, см

Год мутовки	X_{cp}	$\pm m$	$V, \%$	$P, \%$	t_{ϕ} при $t_{05} = 2,01$	Уровень изменчивости
Центральный побег						
2021	9,1	0,16	10,0	1,7	11,46	низкий
2020	12,6	0,26	7,3	2,1	-	низкий
2019	9,0	0,22	7,4	2,4	10,57	низкий
Среднее значение	10,3					
Боковые побеги (прирост 2021 г.)						
2021	8,2	0,19	19,6	2,3	3,18	средний
2020	9,1	0,16	11,3	1,8	0,34	низкий
2019	9,2	0,25	17,5	2,7	-	средний
2018	8,3	0,32	22,8	3,8	0,22	высокий
2017	8,6	0,22	23,7	2,6	1,80	высокий
2016	8,8	0,19	23,8	2,2	1,27	высокий
2015	8,3	0,16	21,2	1,9	3,03	высокий
Среднее значение	8,6					

На боковых побегах прироста 2021 года разница по длине хвои между значениями достигает до 20,1 %. Коэффициент варьирования равен 10,1–20,0 %, что соответствует низкому и среднему уровням. Наибольшая длина хвои отмечена на боковом побеге прироста 2021 года. Достоверно меньшие различия на 11,0–20,8 % подтверждаются с длиной хвои 2021 года на мутовках 2018, 2015 гг. ($t_{\phi} > t_{05}$).

Средняя длина хвои на центральных побегах (9,1 см) на 19,7 % больше, чем на боковых (7,6 см).

На дереве № 4-5 длина хвои на центральном побеге 2020 года равна 9,5 см, что превысило соответствующий показатель на 11,0–17,3 % при сравнении с 2019 и 2021 гг. Различия подтверждаются t -критерием при вероятности 95 % (табл. 5).

Наибольшая длина хвои отмечена на боковом побеге 2020 г., но достоверное различие подтверждается только с длиной хвои на побегах 2021, 2019 и 2015 годов.

Сравнение средней длины хвои на центральном и боковых побегах модели № 4-5 показало, что различие составило 16,0 %.

Наибольшие коэффициенты варьирования отмечены на боковых побегах 2017 и 2018 гг. (21,6–22,0 %). Самый низкий коэффициент варьирования – на боковом побеге 2021 г.

На центральном побеге дерева № 5-6 длина хвои варьирует от 7,5 до 14,0 см при среднем значении 10,3 см. Средняя длина хвои на побеге 2020 года существенно превысила ($t_{\phi} > t_{05}$) данный показатель на побегах 2019 и 2021 гг. на 38,5–40,0 % (табл. 6).

На боковых побегах прироста 2021 года средняя длина хвои составляет 8,2–9,2 см. Хвоя большей длины сформировалась на побеге 2019 года. Установлено достоверное различие с длиной хвои на побегах 2021 и 2015 гг. (на 10,8–12,2 %), что подтверждается t -критерием. Коэффициент изменчивости находится в пределах 11,3–23,8 %. Более высокий уровень

варьирования (21,2–23,8 %) длины хвои наблюдается на побегах 2018–2015 гг.

Сравнение средней длины хвои на центральном и боковых побегах показало, что хвоя на центральном побеге на 19,8 % длиннее, чем на боковых.

Проведено сопоставление массы хвои в сухом состоянии на центральном и боковых побегах у модельных деревьев (табл. 7).

Наибольшая масса хвои (0,88–1,17 г) отмечена на центральных побегах в сравнении с боковыми (0,68–0,81 г).

Между высотой и количеством корней установлена тесная связь: коэффициент корреляции равен 0,996; массой хвои и ее длиной – 0,871. Между высотой и количеством ветвей в мутовках теснота связи средняя (0,536).

Таблица 5
Изменчивость длины хвои у модели № 4-5, см

Год мутовки	X_{cp}	$\pm m$	$V, \%$	$P, \%$	t_{ϕ} при $t_{05} = 2,01$	Уровень изменчивости
Центральный побег						
2021	8,1	0,27	17,6	3,4	3,47	средний
2020	9,5	0,30	12,2	3,2	–	средний
2019	8,6	0,32	11,6	4,1	2,05	низкий
Среднее значение	8,7					
Боковые побеги (прирост 2021 г.)						
2021	6,6	0,11	12,7	1,7	7,86	средний
2020	8,0	0,14	15,1	1,8	–	средний
2019	7,6	0,14	18,3	1,8	2,02	средний
2018	7,9	0,26	21,6	3,3	0,34	высокий
2017	7,6	0,22	22,0	2,9	1,53	высокий
2016	7,7	0,12	17,3	1,6	1,63	средний
2015	6,7	0,14	18,4	2,1	6,57	средний
2014	7,6	0,30	20,0	3,9	1,21	средний
Среднее значение	7,5					

Таблица 7
Масса 10 пучков хвои на центральных и боковых побегах 2019–2021 гг.

Показатель	Модель 4-4		Модель 4-5		Модель 5-6	
	г	% к X_{cp}	г	% к X_{cp}	г	% к X_{cp}
Центральные	1,04	58,8	0,88	56,4	1,17	59,1
Боковые	0,73	41,2	0,68	43,6	0,81	40,9
Итого	1,77	100,0	1,56	100,0	1,98	100,0

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате проведенных исследований была отражена индивидуальная изменчивость показателей 17-летних модельных деревьев сосны кедровой сибирской по высоте, диаметру ствола, развитию корневой системы, годичному приросту, длине и массе хвои. Приведенные данные позволили установить влияние отдельных показателей на интенсивность роста сосны кедровой сибирской. Выявлены особенности роста растений до и после посадки на плантацию. Установлено, что на интенсивность роста оказывает большое значение развитие корневой системы. Дерево № 5-6, отличающееся наибольшей высотой, характеризуется хорошо развитой корневой системой и другими показателями.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЕ ССЫЛКИ

1. Андропова М. М., Корчагов С. А. Рост и развитие сосны кедровой сибирской в Вологодской области // Вестник МГУЛ. Лесной вестник. 2015. Т. 19, № 6. С. 45–49.

2. Бабинцева Р. М., Поликарпов Н. П., Чебакова Н. М. Природозащитная роль кедровых лесов // Кедровые леса Сибири. Новосибирск : Наука, 1985. С. 40–49.

3. Бабич Н. А., Соколов Н. Н., Бахтин А. А. Бесценный дар тайги. Архангельск: АГТУ, 1996. 224 с.

4. Бех И. А., Данченко А. М., Кибиш И. В. Сосна кедровая сибирская (сибирское чудо-дерево). Томск : ТГУ, 2004. 160 с.

5. Братилова Н. П., Калинин А. В. Оценка биопродуктивности плантационных культур кедровых сосен в зеленой зоне Красноярск. Красноярск : СибГТУ, 2012. 132 с.

6. Братилова Н. П., Калагин В. Н., Гришлова М. В., Коновалова Д. А., Лапшова М. С. Эндогенная изменчивость показателей сосны кедровой корейской на плантации // Хвойные бореальной зоны. 2020. Т. XXXVIII, № 1-2. С. 7–11.

7. Брынцев В. А., Коженкова А. А. Географическая изменчивость сосны кедровой сибирской (*Pinus sibirica* Du Tour) при интродукции // Лесной журнал. 2016. № 6. С. 89–97.

8. Горошкевич С. Н. Динамика роста и плодоношения кедр сибирского (*Pinus sibirica* Du Tour): циклические или ациклические колебания // Вестник ТГУ. Биология. Томск : ТГУ, 2017. № 38. С. 104–120.
9. Данченко А. М., Бех И. А. Кедровые леса Западной Сибири. Томск : ТГУ, 2010. 424 с.
10. Дебков Н. М., Покляцкий Д. А., Паршина В.-В. Г. Оценка состояния потенциальных кедровников средней тайги Западной Сибири // Известия Санкт-Петербургской лесотехнической академии. 2017. Вып. 221. С. 52–64. DOI: 10.21266/2079-4304.2017.221.52-64.
11. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта. Москва : Колос, 1973. 336 с.
12. Игнатенко М. М. Сибирский кедр. Москва : Наука, 1988. 161 с.
13. Ирошников А. И. Полиморфизм популяций кедр сибирского // Изменчивость древесных растений Сибири. Красноярск, 1974. С. 77–03.
14. Крылов Г. В., Таланцев Н. К., Казакова Н. Ф. Кедр. Москва : Лесная промышленность, 1983. 216 с.
15. Мамаев С. А. Формы внутривидовой изменчивости древесных растений. Москва : Наука, 1973. 284 с.
16. Матвеева Р. Н., Буторова О. Ф., Братилова Н. П. Полезные свойства и методы размножения кедр сибирского. Красноярск : СибГТУ, 2003. 154 с.
17. Матвеева Р. Н., Буторова О. Ф., Пастухова А. М. Рост и семеношение кедровых сосен на плантации «Известковая» в зеленой зоне г. Красноярска. Красноярск : СибГТУ, 2014. 168 с.
18. Матвеева Р. Н., Мартынов В. С. Эндогенная изменчивость показателей сосны кедровой сибирской // Плодоводство, семеноводство, интродукция древесных растений. Красноярск : СибГУ, 2015. С. 46–49.
19. Некрасова Т. П. Строение корневой системы кедр сибирского, ее значение для повышения урожая семян // Возобновление и улучшение лесов. Новосибирск : Наука, 1964. Вып. 8. С. 156–158.
20. Некрасова Т. П. Припоселковые кедровники как потенциальная база семеноводства кедр сибирского // Эффективность использования лесных ресурсов и их восстановления в Западной Сибири. Новосибирск, 1971. С. 248–255.
21. Ситдиков Р. Г. Рост культур сосны кедровой сибирской на Южном Урале // Плодоводство, семеноводство, интродукция древесных растений. Красноярск : СибГТУ, 2005. С. 114–117.
22. Титов Е. В. Царь сибирской тайги. Москва: Колос, 2007. 152 с.
23. Тихонова И. В. Морфоструктура ствола и кроны низкорослых деревьев *Pinus sylvestris* L. в условиях недостаточного увлажнения // Хвойные бореальной зоны. 2012. Т. XXX, № 1–2. С. 174–179.
24. Усольцев В. А., Щерба Н. П. Структура фитомассы кедровых сосен в плантационных культурах. Красноярск : СибГТУ, 1998. 134 с.
25. Чемякина С. Д. Влияние леса на биосферу и рекреационное использование лесных насаждений. Москва, 1978. 45 с.
26. Щерба Ю. Е. Бурова А. В., Мартынова Д. О. Изменчивость биометрических показателей 39-летнего клонового потомства плюсовых деревьев кедр сибирского на гибридно-семенной плантации // Плодоводство, семеноводство, интродукция древесных растений. Красноярск : СибГУ, 2021. С. 212–215.
27. Boratynska K., Bobowicz M. A. Variability of *Pinus uncinata* Ramond ex DC. as expressed in needle traits // Dendrobiology. 2000. Vol. 45. Pp. 7–16 : http://www.idpan.poznan.pl/images/stories/dendrobiology/vol145/45_7_16.
28. Kloiseiko J., Tilk M. Drought tolerance of Scots pine in diverse growth conditions on a dune estimated on the basis of carbohydrates and chlorophyll fluorescence in needles // Forestry Studies. 2008. Vol. 49. Pp. 25–36.
29. Titov E. V. Bioecological aspects of plantation nut cultivation of Siberian cedar (*Pinus sibirica* Du Tour.) in Russia. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, International scientific and practical conference “Forest ecosystems as global resource of the biosphere: calls, threats, solutions” 23–24 October 2019, Voronezh, Russia, 392, 012069. URL: <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1755-1315/392/1/012069/pdf>. Doi:10.1088/1755-1315/392/1/012069.

REFERENCES

1. Andronova M. M., Korchagov S. A. Rost i razvitie sosny kedrovoy sibirskoj v Vologodskoj oblasti // Vestnik MGUL. Lesnoj vestnik. 2015. T.19, № 6. S. 45–49.
2. Babinceva R. M., Polikarpov N. P., Chebakova N. M. Prirodozashchitnaya rol' kedrovyyh lesov // Kedrovyye lesa Sibiri. Novosibirsk : Nauka, 1985. S. 40–49.
3. Babich N. A., Sokolov N. N., Bahtin A. A. Bescennyj dar tajgi. Arhangel'sk: AGTU, 1996. 224 s.
4. Bekh I. A., Danchenko A. M., Kibish I. V. Sosna kedrovaya sibirskaya (sibirskoe chudo-derevo). Tomsk : TGU, 2004. 160 s.
5. Bratilova N. P., Kalinin A. V. Ocenka bioproduktivnosti plantacionnyh kul'tur kedrovyyh sosen v zelenoj zone Krasnoyarska. Krasnoyarsk : SibGTU, 2012. 132 s.
6. Bratilova N. P., Kalagin V. N., Grishlova M. V., Konovalova D. A., Lapshova M. S. Endogennaya izmenchivost' pokazatelej sosny kedrovoy korejskoj na plantacii // Hvojnye boreal'noj zony. 2020. T XXXVIII, № 1-2. S. 7–11.
7. Bryncev V. A., Kozhenkova A. A. Geograficheskaya izmenchivost' sosny kedrovoy sibirskoj (Rinus sibirica Du Tour) pri introdukcii // Lesnoj zhurnal. 2016. № 6. S. 89–97.
8. Goroshkevich S. N. Dinamika rosta i plodonosheniya kedra sibirskogo (Rinus sibirica Du Tour) : ciklicheskie ili aciklicheskie kolebaniya // Vestnik TGU. Biologiya. Tomsk : TGU, 2017. № 38. S. 10–120.
9. Danchenko A. M., Bekh I. A. Kedrovyye lesa Zapadnoj Sibiri. Tomsk : TGU, 2010. 424 s.
10. Debkov N. M., Poklyackij D. A., Parshina V.-V. G. Ocenka sostoyaniya potencial'nyh kedrovnikov srednej tajgi Zapadnoj Sibiri // Izvestiya Sankt-Peterburgskoj lesotekhnicheskoy akademii. 2017. Vyp. 221. S. 52–64. DOI: 10.21266/2079-4304.2017.221.52-64.
11. Dospekhov B. A. Metodika polevogo opyta. Moskva : Kolos, 1973. 336 s.
12. Ignatenko M. M. Sibirskij kedr. Moskva : Nauka, 1988. 161 s.
13. Iroshnikov A. I. Polimorfizm populyacij kedra sibirskogo // Izmenchivost' drevesnyh rastenij Sibiri. Krasnoyarsk, 1974. S. 77–103.

14. Krylov G. V., Talancev N. K., Kazakova N. F. *Kedr. Moskva : Lesnaya promyshlennost'*, 1983. 216 s.
15. Mamaev S. A. *Formy vnutrividovoy izmenchivosti drevesnyh rastenij. Moskva: Nauka*, 1973. 284 s.
16. Matveeva R. N., Butorova O. F., Bratilova N. P. *Poleznye svoystva i metody razmnozheniya kedra sibirskogo. Krasnoyarsk: SibGTU*, 2003. 154 s.
17. Matveeva R. N., Butorova O. F., Pastuhova A. M. *Rost i semenoshenie kedrovyyh sosen na plantacii "Izvestkovaya" v zelenoy zone g. Krasnoyarska. Krasnoyarsk : SibGTU*, 2014. 168 s.
18. Matveeva R. N., Martynov V. S. *Endogennaya izmenchivost' pokazatelej sosny kedrovoy sibirskoy // Plodovodstvo, semenovodstvo, introdukciya drevesnyh rastenij. Krasnoyarsk : SibGU*, 2015. S. 46–49.
19. Nekrasova T. P. *Stroenie kornevoj sistemy kedra sibirskogo, ee znachenie dlya povysheniya urozhaya semyan // Vozobnovlenie i uluchshenie lesov. Novosibirsk: Nauka*, 1964. Vyp. 8. S. 156–158.
20. Nekrasova T. P. *Priposelkovye kedrovniki kak potencial'naya baza semenovodstva kedra sibirskogo // Effektivnost' ispol'zovaniya lesnyh resursov i ih vosstanovleniya v Zapadnoj Sibiri. Novosibirsk*, 1971. S. 248–255.
21. Sitdikov R. G. *Rost kul'tur sosny kedrovoy sibirskoy na Yuzhnom Urale // Plodovodstvo, semenovodstvo, introdukciya drevesnyh rastenij. Krasnoyarsk : SibGTU*, 2005. S. 114–117.
22. Titov E. V. *Car' sibirskoy tajgi. Moskva: Kolos*, 2007. 152 s.
23. Tihonova I. V. *Morfostruktura stvola i krony nizkoroslyh derev'ev Pinus sylvestris L. v usloviyah nedostatochnogo uvlazhneniya // Hvojnye boreal'noj zony. 2012. T. XXX, № 1–2. S. 174–179.*
24. Usol'cev V. A., Shcherba N. P. *Struktura fitomassy kedrovyyh sosen v plantacionnyh kul'turah. Krasnoyarsk : SibGTU*, 1998. 134 s.
25. Chemyakina S. D. *Vliyanie lesa na biosferu i rekreacionnoe ispol'zovanie lesnyh nasazhdenij. Moskva*, 1978. 45 s.
26. Shcherba Yu. E., Burova A. V., Martynova D. O. *Izmenchivost' biometricheskikh pokazatelej 39-letnego klonovogo potomstva plyusovyh derev'ev kedra sibirskogo na gibridno-semennoj plantacii // Plodovodstvo, semenovodstvo, introdukciya drevesnyh rastenij. Krasnoyarsk : SibGU*, 2021. S. 212–215.
26. Boratynska K., Bobowicz M. A. *Variability of Pinus uncinata Ramond ex DC. as expressed in needle traits // Dendrobiology. 2000. Vol. 45. Pp. 7–16 : http://www.idpan.poznan.pl/images/stories/dendrobiology/vol145/45_7_16.*
27. Kloseiko J., Tilk M. *Drought tolerance of Scots pine in diverse growth conditions on a dune estimated on the basis of carbohydrates and chlorophyll fluorescence in needles // Forestry Studies. 2008. Vol. 49. Pp. 25–36.*
28. Titov E. V. *Bioecological aspects of plantation nut cultivation of Siberian cedar (Pinus sibirica Du Tour.) in Russia. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, International scientific and practical conference "Forest ecosystems as global resource of the biosphere: calls, threats, solutions" 23–24 October 2019, Voronezh, Russia, 392, 012069. URL: <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1755-1315/392/1/012069/pdf>. Doi:10.1088/1755-1315/392/1/012069.*

© Матвеева Р. Н., Буторова О. Ф.,
Щерба Ю. Е., Дырдин С. Н.,
Комаров И. В., Коростелев А. С., 2023

Поступила в редакцию 19.01.2023
Принята к печати 04.04.2023