

ИЗМЕНЧИВОСТЬ 8-ЛЕТНИХ СЕЯНЦЕВ СОСНЫ КЕДРОВОЙ СИБИРСКОЙ, ВЫРАЩЕННЫХ ИЗ ОТСЕЛЕКТРОВАННЫХ ШИШЕК АЛТАЙСКОГО ПРОИСХОЖДЕНИЯ

Р. Н. Матвеева, О. Ф. Буторова, С. В. Попова, М. В. Гришлова, А. С. Коростелев, С. Н. Дырдин

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

Аннотация. Размеры шишек в разных популяциях хвойных видов отличаются по своим показателям в зависимости от места произрастания, наследственности и других факторов. Цель исследований – проанализировать изменчивость показателей 8-летних сеянцев сосны кедровой сибирской, выращенных из отселектированных шишек, собранных в Чойском лесничестве Республики Алтай. Семена были посеяны в интродукционном отделении дендрария Караульного лесничества Учебно-опытного лесхоза СибГУ (пригородная зона Красноярск). Изменчивость семенного потомства оценивали по высоте, приросту побега, диаметру стволика, длине хвои. Уровень варьирования показателей устанавливали по шкале С. А. Мамаева. Исследования показали, что шишки, собранные с разных деревьев, отличались формой, длиной, диаметром, количеством семян. Длина шишек варьировала от 7,5 до 11,5 см при среднем значении 9,1 см; диаметр – от 5,5 до 6,3 см при среднем значении 5,7 см. Шишки были цилиндрической и округлой форм. Количество семенных чешуй варьировало от 45 до 89 шт., количество семян – от 85 до 169 шт. Наибольшее количество семян отмечено в шишке № 29 цилиндрической формы. Установлена тесная корреляционная связь ($r = 0,995$) между количеством семян (y) и чешуй (x). Наибольшей высотой отличаются сеянцы из шишки № 9, имеющей превышение по длине. Уровень варьирования высоты сеянцев в сравниваемых семьях – от низкого до высокого, межсемейный уровень варьирования (11,3 %) меньше, чем внутрисемейный. Между длиной шишек и приростом сеянцев коэффициент корреляции равен 0,829. Средняя длина хвои варьировала от 8,0 до 9,8 см, то есть различие между крайними вариантами равно 22,5 %. Выделены экземпляры, отличающиеся интенсивным ростом, большим количеством почек и длинной хвоей.

Ключевые слова: сосна кедровая сибирская, шишки, сеянцы, изменчивость, отбор.

Conifers of the boreal area. 2025, Vol. XLIII, No. 4, P. 20–25

VARIABILITY OF 8-YEAR-OLD SIBERIAN PINE SEEDLINGS GROWN FROM SELECTED CONES OF ALTAI ORIGIN

R. N. Matveeva, O. F. Butorova, S. V. Popova, M. V. Grishlova, A. S. Korostelev, S. N. Dyrдин

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

Annotation. The size of cones in different populations of coniferous species differs in their indicators depending on the place of growth, heredity and other factors. The aim of the research was to analyze the variability of 8-year-old Siberian pine seedlings grown from selected cones collected in the Choysky forestry of the Altai Republic. The seeds were sown in the introduction department of the arboretum of the Karaulny Forestry of the Educational and Experimental Forestry of Reshetnev University (suburban zone of Krasnoyarsk). The variability of seed progeny was assessed by height, shoot growth, trunk diameter, and needle length. The level of variation of indicators was established according to the scale of S. A. Mamaev. Studies have shown that cones collected from different trees differed in shape, length, diameter, and number of seeds. The length of the cones varied from 7.5 to 11.5 cm with an average value of 9.1 cm; diameter varied from 5.5 to 6.3 cm with an average value of 5.7 cm. The cones were cylindrical and rounded. The number of seed scales varied from 45 to 89 pcs., the number of seeds varied from 85 to 169 pcs. The largest number of seeds was noted in cone No 29 of cylindrical shape. A close correlation ($r = 0.995$) was established between the number of seeds (y) and scales (x). The highest height is distinguished by seedlings from cone No 9, which has an excess in length. The level of variation in the height of seedlings in the compared families is from low to high, the interfamilial level of variation (11.3 %) is less than the intrafamilial level. The correlation coefficient between the length of the cones and the growth of seedlings is 0.829. The average length of the needles varied from 8.0 to 9.8 cm, that is, the difference between the extreme options is 22.5 %. Specimens distinguished by intensive growth, a large number of buds and long needles have been identified.

Keywords: Siberian pine, cones, seedlings, variability, selection.

ВВЕДЕНИЕ

Показатели шишек в разных популяциях хвойных видов отличаются в зависимости от мест произрастания, особенно северных и южных популяций; наследственности, условий выращивания и др. [1; 3; 5; 10–15 и др.].

А. В. Поповым, С. Н. Велисевич [11] показан уровень и характер изменчивости качества шишек и семян у 32 деревьев сосны кедровой сибирской. Установлен максимальный уровень изменчивости доли недоразвитых, пустых и неполных семян. У признаков, зависящих от генотипа материнского растения, формирование и размеры шишек (число чешуй и семян), уровень варьирования был ниже.

Влияние почвы и происхождения семян на показатели сеянцев сосны кедровой сибирской рассмотрено в работах С. Н. Велисевич и др. [6], О. Г. Бендер и др. [2]. Ими изучены особенности всхожести семян и роста однолетних сеянцев сосны кедровой сибирской в условиях, соответствующих лесоболотному экологическому профилю, где были заготовлены семена, а также в различных по влажности и плодородию почвах. В результате исследований грунтовая всхожесть и рост сеянцев оказались выше в условиях, соответствующих «материнской» популяции, и на плодородной почве.

Определены корреляционные связи между высотой сеянцев, длиной и количеством семядолей, почек, длиной первичной хвои, которые являются элементами ранней диагностики на первых этапах онтогенеза. Так, у 3–4-летних сеянцев на быстроту роста указывают наибольшие показатели по диаметру и высоте, образованию не менее двух крупных верхушечных почек [8].

Установлено [4], что у однолетних сеянцев сосны кедровой сибирской, отличающихся большим количеством семядолей, наблюдаются в дальнейшем превышения по высоте, диаметру, фитомассе. Проявляются раннее репродуктивное развитие, повышенная урожайность. В качестве элементов ранней диагностики предлагается использовать длину семядолей, верхушечных почек, высоту сеянцев.

По данным А. М. Пастуховой [9], в опыте с трехлетними сеянцами сосны кедровой сибирской в зависимости от условий выращивания, сроков посева и географического происхождения материнских растений выявлена значительная доля влияния (52,9 %) географического происхождения на их высоту и 20,0 % – на срок посева от общей дисперсии изучаемых факторов.

М. А. Карасёвой и др. [7] при изучении показателей роста 13-летнего семенного потомства сосны кедровой сибирской в Марийском Заволжье установлено, что изменчивость высоты и приростов составляет 33–39 %, что позволяет выделить лидирующие генотипы, обладающие устойчивостью и высокими адаптивными свойствами. Лидирующие особи сохраняют интенсивность роста и в последующие годы.

Цель исследований – проанализировать изменчивость показателей 8-летних сеянцев сосны кедровой сибирской, выращенных из шишек, собранных в Чой-

ском лесничестве Республики Алтай, отличающихся по размерам, форме и др.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЙ

Шишки отличались по длине, диаметру, форме. Семена из каждой шишки были посеяны в интродукционном отделении дендрария, расположенном в Караульном лесничестве Учебно-опытного лесхоза СибГУ (пригородная зона Красноярск). Изменчивость семенного потомства оценивали по высоте, приросту побега, диаметру стволика, длине хвои. Уровень варьирования показателей устанавливали по шкале С. А. Мамаева [1973]. Данные были обработаны статистически с использованием программы Microsoft Excel.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Шишки, собранные с разных деревьев в Чойском лесничестве Республики Алтай, отличались формой, длиной, диаметром, количеством семян [Попова и др., 2021]. Длина шишек варьировала от 7,5 до 11,5 см при среднем значении 9,1 см; диаметр – от 5,5 до 6,3 см при среднем значении 5,7 см. К крупношишечным отнесены № 25, 9, 29 (длина 10,0–11,5 см, диаметр – 5,4–5,8 см), к мелкошишечным – № 23 (рис. 1).

Коэффициент корреляции между шириной и длиной шишки равен 0,334. По соотношению диаметра и длины шишек цилиндрическая форма была у 5 шишек, округлая – у 4 шишек. Количество семенных чешуй варьировало от 45 до 89 шт., семян – от 85 до 169 шт. Наибольшее количество семян отмечено в шишке № 29 цилиндрической формы. Часть чешуй была с одним семенем (4,1–24,5 %), большая часть чешуй (75,5–95,9 %) имела по 2 семени. Наибольшее количество фертильных чешуй было у шишки № 9. У шишки № 30 процент чешуй с 2 семенами составил всего 75,5 % (рис. 2).

Установлена тесная корреляционная прямая связь ($r = 0,995$) между количеством семян (y) и чешуй (x).

Уравнение связи имеет вид

$$y = 1,9698x - 5,775 \quad R^2 = 0,991.$$

Результаты исследований изменчивости показателей сеянцев 8-летнего возраста в зависимости от принадлежности к определенной шишке показали, что высота сеянцев в различных семьях варьирует от 20,9 до 29,8 см. Наибольшей высотой отличаются сеянцы из шишки № 9 (имеющей и наибольшую длину), которые существенно ($t_{\phi} > t_{05}$) превышают высоту сеянцев в вариантах № 21, 29, 30, 31 на 21,1–42,6 % (табл. 1).

Уровень варьирования высоты сеянцев в сравниваемых семьях – от низкого до высокого. Самый низкий уровень изменчивости высоты в семье № 29, самый высокий – в семье № 33. Межсемейный уровень варьирования (11,3 %) меньше, чем внутрисемейный.

Диаметр стволика составил 3,6–5,0 мм. Большим диаметром выделяются сеянцы в семье № 33, превышая только семью № 31 на 38,9 %, достоверность различий между семьями подтверждается t -критерием.

С остальными семьями различие недостоверно. Уровень изменчивости диаметра средний в семьях № 21 и 29 и высокий в остальных семьях. Самый высокий уровень варьирования у сеянцев из шишки № 33. Варьирование диаметра стволика между семьями составило 10,8 %, что значительно меньше, чем внутри семей.

По приросту побега семьи также имеют значительные различия. Наибольший прирост отмечен в семье № 9, что, соответственно, превышает прирост в семьях № 29, 31. Уровень изменчивости в семьях высокий и очень высокий, между семьями – высокий (22,5 %).

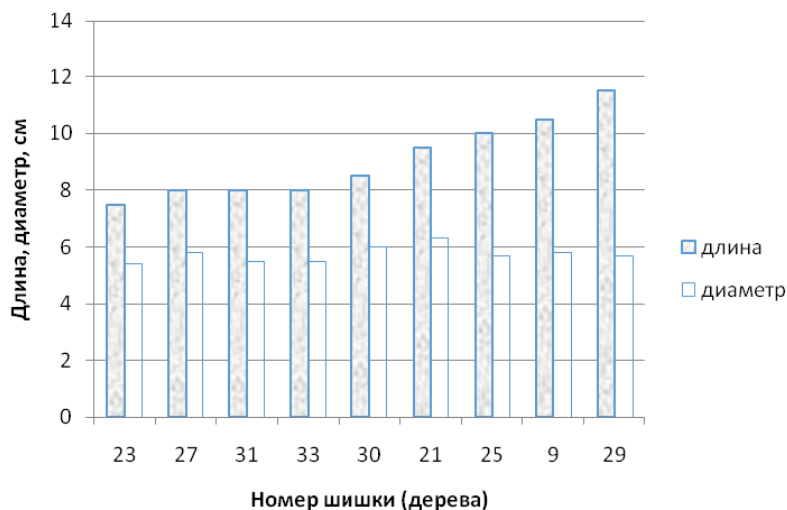


Рис. 1. Размеры шишек с разных деревьев

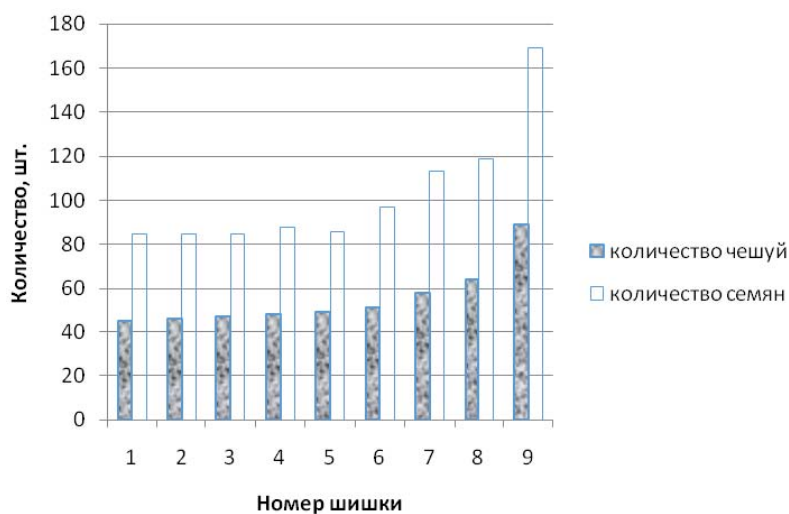


Рис. 2. Количество чешуй и семян в шишках

Таблица 1

Высота, диаметр стволика, прирост 8-летних сеянцев сосны кедровой сибирской

Номер шишки (семьи)	$\bar{X}_{\text{ср.}}$	$\pm m$	V, %	t_{ϕ} при $t_{05} = 1,99$	Уровень варьирования
Высота, см					
9	29,8	1,51	20,8	—	средний
21	21,9	1,86	20,8	3,31	средний
25	26,0	2,00	24,4	1,52	высокий
27	25,0	2,25	27,0	1,77	высокий
29	20,9	0,79	12,0	5,23	низкий
30	24,6	1,98	24,1	2,09	высокий
31	23,0	2,01	26,2	2,71	высокий
33	25,7	3,02	31,1	1,21	высокий
Среднее значение	24,6	0,98	11,3		

Окончание таблицы 1

Номер шишки (семьи)	$X_{\text{ср.}}$	$\pm m$	V, %	$t_{\text{ф}}$ при $t_{05} = 1,99$	Уровень варьирования
Диаметр стволика, мм					
9	4,4	0,25	23,4	0,96	высокий
21	4,0	0,23	13,8	1,63	средний
25	4,4	0,32	22,9	0,92	высокий
27	4,5	0,46	31,7	0,68	высокий
29	3,9	0,24	19,1	1,78	средний
30	4,8	0,40	26,6	0,29	высокий
31	3,6	0,33	28,7	2,13	высокий
33	5,0	0,57	36,3	–	высокий
Среднее значение	4,3	0,17	10,8		
Текущий прирост побега, см					
9	6,9	0,57	34,3	–	высокий
21	4,8	1,13	57,6	1,66	очень высокий
25	5,7	0,72	39,9	1,30	высокий
27	6,6	1,09	49,6	0,24	очень высокий
29	3,8	0,36	29,9	4,58	высокий
30	5,3	0,69	39,0	1,78	высокий
31	3,6	0,63	52,7	3,86	очень высокий
33	5,3	1,05	52,4	1,34	очень высокий
Среднее значение	5,2	0,42	22,5		

Между длиной шишек и приростом сеянцев коэффициент корреляции равен 0,829.

Показатель качества посадочного материала, характеризующий отношением диаметра стволика у корневой шейки к высоте, составило 0,15–0,20. Наи-

меньшее соотношение было у сеянцев в семье № 9, наибольшее – в семье № 30.

Среднее количество верхушечных почек на сеянцах в разных вариантах варьировало от 1,4 до 2,4 шт. (табл. 2).

Таблица 2

Количество, длина почек и хвои 8-летних сеянцев сосны кедровой сибирской

Номер шишки (семьи)	$X_{\text{ср.}}$	$\pm m$	V, %	$t_{\text{ф}}$ при $t_{05} = 1,99$	Уровень варьирования
Количество почек, шт.					
9	2,0	0,20	41,8	0,80	очень высокий
21	2,0	0,32	39,5	0,71	высокий
25	2,2	0,21	29,5	0,40	средний
27	2,4	0,46	57,5	–	очень высокий
29	2,3	0,31	42,3	0,18	высокий
30	1,9	0,33	54,4	0,89	очень высокий
31	1,4	0,11	24,6	2,12	средний
33	2,3	0,47	64,4	0,15	очень высокий
Среднее значение	2,1				
Длина почек, см					
9	0,7	0,05	31,8	1,57	высокий
21	0,6	0,13	52,7	1,74	очень высокий
25	0,7	0,03	13,9	1,68	средний
27	0,9	0,11	38,3	–	высокий
29	0,6	0,03	16,2	2,52	средний
30	0,8	0,09	34,5	0,69	высокий
31	0,5	0,08	48,3	2,90	очень высокий
33	0,7	0,08	37,0	1,42	высокий
Среднее значение	0,7				
Длина хвои, см					
9	8,6	0,28	13,6	2,35	средний
21	8,7	0,61	17,3	1,47	средний
25	9,6	0,27	8,8	0,40	низкий
27	9,3	0,52	16,7	0,75	средний
29	8,4	0,74	27,8	1,64	высокий
30	9,8	0,43	13,7	–	средний
31	8,2	0,29	11,4	3,09	низкий
33	8,0	0,63	25,0	2,36	высокий
Среднее значение	8,8				

По количеству почек различие между крайними значениями составило 71,4 % при наибольшем значении у сеянцев семьи № 27. Но достоверное различие подтверждается только с семьей № 31, с остальными семьями различие несущественное ($t_{\phi} < t_{05}$). Варьирование в семьях между сеянцами среднее, высокое и очень высокое ($V = 24,6-64,4$ %).

При средней длине почек 0,5-0,9 см отмечается средний, высокий и очень высокий уровни изменчивости в пределах семей. Наибольшая длина почек была в варианте № 27, но достоверное различие по данному показателю установлено только с растениями в семьях № 29 и 31. Длина почек в других вариантах не имеет существенных различий с семьей № 27.

Средняя длина хвои составила от 8,0 до 9,8 см, то есть различие между крайними вариантами равно 22,5 %. Длинная хвоя сформировалась у сеянцев, выросших из шишки № 30. Достоверно меньшая длина хвои была у сеянцев в вариантах № 9, 31, 33. Варьирование показателя находится на низком, среднем и высоком уровнях.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате исследований была установлена значительная изменчивость размеров шишек, заготовленных с разных деревьев сосны кедровой сибирской по длине, диаметру, количеству чешуй, семян. Сеянцы, выращенные из разных шишек, отличались биометрическими показателями. Установлено, что наибольшая высота была у сеянцев из шишки № 9, имевшей наибольшую длину. Наблюдается умеренная и тесная корреляционная связь между размерами шишек; количеством чешуй и семян. Отсекалированы сеянцы по интенсивности роста, длине хвои, количеству почек с целью их дальнейшего вегетативного размножения и использования для создания плантаций.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЕ ССЫЛКИ

1. Бабич Н. А., Хамитов Р. С. Рост сеянцев сосны кедровой сибирской в потомстве деревьев разных половых типов // Лесной журнал. 2018. № 1. С. 29–36. DOI: 10.17238/issn0536-1036.2018.1.29.
2. Бендер О. Г., Велисевич С. Н., Читоркина О. Ю., Зотикова А. П., Чернова Н. А. Анализ влияния качества почвенного субстрата и происхождения семян на морфогенез сеянцев кедра сибирского // Вестник Томского государственного университета. 2012. № 1. С. 109–121.
3. Бородинцева Л. И., Тараканов В. В., Гончарова Т. В. Продуктивность и качество семян кедра сибирского на лесосеменных объектах в Республике Алтай // Сибирский лесной журнал. 2023. № 4. С. 52–57. DOI 10.15372/SJFS20230405.
4. Братилова, Н. П., Орешенко С. А. Отбор ценных биотипов сосны кедровой сибирской по показателям их семенного потомства // Плодоводство, семеноводство, интродукция древесных растений. Красноярск : СибГУ, 2009. С. 10–13.
5. Брынцев, В. А., Храмова М. И. Изменчивость семенного потомства сосны кедровой сибирской при интродукции // Лесной журнал. 2013. № 6. С. 38–49.

6. Велисевич С. Н., Бендер О. Г., Читоркина О. Ю. Влияние происхождения семян и качества почвенного субстрата на развитие сеянцев сосны кедровой сибирской // Хвойные бореальной зоны. 2011. Т. XXIX, № 3–4. С. 194–200.

7. Карасёва М. А., Мухортов Д. И., Лежнин К. Т. Изменчивость показателей роста семенного потомства сосны кедровой сибирской местной репродукции в Марийском Заволжье // Вестник ПГТУ. Серия: Лес. Экология. Природопользование. 2023. № 1 (57). С. 73–87. doi.org/10.25686/2306-2827.2023.1.73.

8. Матвеева Р. Н., Буторова О. Ф. Генетика, селекция, семеноводство кедра сибирского. Красноярск : СибГТУ, 2000. 243 с.

9. Пастухова А. М. Изменчивость трехлетнего семенного потомства кедра сибирского от материнских растений разного географического происхождения // Вестник КрасГАУ. 2011. № 4. С. 95–98.

10. Пинаева Н. В., Данченко А. М. Биологические особенности роста сеянцев сосны кедровой сибирской // Актуальные проблемы лесоведения. Вестник ТГУ. Томск, 2006. Вып. 87. С. 56–67.

11. Попов А. В., Велисевич С. Н. Внутрипопуляционная изменчивость качества шишек и семян кедра сибирского на плантации с разреженной посадкой // Лесной вестник. 2021. Т. 25, № 3. С. 34–41. DOI: 10.18698/2542-1468-2021-3-34-41.

12. Попова С. В. Изменчивость сеянцев сосны кедровой сибирской назаровского и мининского происхождения при разных условиях стратификации семян // Леса России и хозяйство в них. 2023. № 3 (86). С. 116–124. DOI: 10.51318/FRET.2023.86.31.001.

13. Хамитов Р. С., Хамитова С. М. Влияние технологии выращивания сеянцев кедра сибирского в Вологодском селекцентре на их качество // Плодоводство, семеноводство, интродукция древесных растений. Красноярск: СибГУ, 2024. С. 127–130.

14. Хамитов Р. С., Хамитова С. М. Влияние наследственных свойств на всхожесть семян кедра сибирского // Вестник БГАУ. 2015. № 4. С. 105–109.

15. Novikov A., Iveta V., Novikova T., Petrishchev E. Scots Pine Seedlings Growth Dynamics Data Reveals Properties for the Future Proof of Seed Coat Color Grading Conjecture // Forests. 2019. № 10. 1064; doi:10.3390/f10121064.

REFERENCES

1. Babich N. A., Hamitov R. S. Rost seyancev sosny kedrovoy sibirskoy v potomstve derev'ev raznykh polovykh tipov // Lesnoj zhurnal. 2018. № 1. S. 29–36. DOI: 10.17238/issn0536-1036.2018.1.29.
2. Bender O. G., Velisevich S. N., Chitorkina O. Yu., Zotikova A. P., Chernova N. A. Analiz vliyaniya kachestva pochvennogo substrata i proiskhozhdeniya semyan na morfogenez seyancev kedra sibirskogo // Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo universiteta. 2012. № 1. S. 109–121.
3. Borodinceva L. I., Tarakanov V. V., Goncharova T. V. Produktivnost' i kachestvo semyan kedra sibirskogo na lesosemyennyykh ob'ektah v Respublike Altaj // Sibirskij lesnoj zhurnal. 2023. № 4. S. 52–57. DOI 10.15372/SJFS20230405.

4. Bratilova, N. P., Oreshenko S. A. Otbor cennyh biotipov sosny kedrovoj sibirskoj po pokazatelyam ih semennogo potomstva // Plodovodstvo, semenovodstvo, introdukciya drevesnyh rastenij. Krasnoyarsk : SibGU, 2009. S. 10–13.
5. Bryncev, V. A., Hramova M. I. Izmenchivost' semennogo potomstva sosny kedrovoj sibirskoj pri introdukcii // Lesnoj zhurnal. 2013. № 6. S. 38–49.
6. Velisevich S. N., Bender O. G., Chitorkina O. Yu. Vliyanie proiskhozhdeniya semyan i kachestva pochvennogo substrata na razvitie seyancev sosny kedrovoj sibirskoj // Hvojnye boreal'noj zony. 2011. T. XXIX, № 3-4. S. 194–200.
7. Karasyova M. A., Muhortov D. I., Lezhnin K. T. Izmenchivost' pokazatelej rosta semennogo potomstva sosny kedrovoj sibirskoj mestnoj reprodukcii v Marijskom Zavolzh'e // Vestnik PGU. Seriya: Les. Ekologiya. Prirodopol'zovanie. 2023. № 1 (57). S. 73–87. doi.org/10.25686/2306-2827.2023.1.73.
8. Matveeva R. N., Butorova O. F. Genetika, selekciya, semenovodstvo kedra sibirskogo. Krasnoyarsk : SibGTU, 2000. 243 s.
9. Pastuhova A. M. Izmenchivost' trekhletnego semennogo potomstva kedra sibirskogo ot materinskih rastenij raznogo geograficheskogo proiskhozhdeniya // Vestnik KrasGAU. 2011. № 4. S. 95–98.
10. Pinaeva N. V., Danchenko A. M. Biologicheskie osobennosti rosta seyancev sosny kedrovoj sibirskoj // Aktual'nye problemy lesovedeniya. Vestnik TGU. Tomsk, 2006. Vyp.87. S. 56–67.
11. Popov A. V., Velisevich S. N. Vnutripopulyacionnaya izmenchivost' kachestva shishek i semyan kedra sibirskogo na plantacii s razrezhennoj posadkoj // Lesnoj vestnik. 2021. T. 25, № 3. S. 34–41. DOI: 10.18698/2542-1468-2021-3-34-41.
12. Popova S. V. Izmenchivost' seyancev sosny kedrovoj sibirskoj nazarovskogo i mininskogo proiskhozhdeniya pri raznyh usloviyah stratifikacii semyan // Lesa Rossii i hozyajstvo v nih. 2023. № 3 (86). S. 116–124. DOI: 10.51318/FRET.2023.86.31.001.
13. Hamitov R. S., Hamitova S. M. Vliyanie tekhnologii vyrashchivaniya seyancev kedra sibirskogo v Vologodskom selekcentre na ih kachestvo // Plodovodstvo, semenovodstvo, introdukciya drevesnyh rastenij. Krasnoyarsk: SibGU, 2024. S. 127–130.
14. Hamitov R. S., Hamitova S. M. Vliyanie nasledstvennyh svojstv na vskhozhest' semyan kedra sibirskogo // Vestnik BGAU. 2015. № 4. S. 105–109.
15. Novikov A., Ivetti V., Novikova T., Petrishchev E. Scots Pine Seedlings Growth Dynamics Data Reveals Properties for the Future Proof of Seed Coat Color Grading Conjecture // Forests. 2019. № 10. 1064; doi:10.3390/f10121064.

© Матвеева Р. Н., Буторова О. Ф.,
Попова С. В., Гришлова М. В.,
Коростелев А. С., Дырдин С. Н., 2025

Поступила в редакцию 17.02.2025
Принята к печати 04.08.2025