

ОПЫТ ВЫРАЩИВАНИЯ КЕДРОВОГО СТЛАНИКА РАЗНОГО ГЕОГРАФИЧЕСКОГО ПРОИСХОЖДЕНИЯ В УСЛОВИЯХ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ

Г.В. Иволина✉, Е.А. Жук

ФГБУН «Институт мониторинга климатических и экологических систем Сибирского отделения Российской академии наук», Россия, 634055, г. Томск, пр. Академический, д. 10/3

galina_biology@mail.ru

Представлены результаты эксперимента по выращиванию кедрового стланика (*Pinus pumila* (Pall.) Regel) в однородных почвенно-климатических условиях юга Томской области. На примере семенного потомства кедрового стланика из четырех районов с различными климатическими условиями показаны внутривидовые различия по высоте дерева, длине и наклону ствола, ширине кроны и числу боковых ветвей, длине годичных побегов и хвои. Выявлены различия между экотипами по степени морозных повреждений. Указаны возможные причины различий между экотипами.

Ключевые слова: внутривидовая изменчивость, рост, экотип, *Pinus pumila*

Ссылка для цитирования: Иволина Г.В., Жук Е.А. Опыт выращивания кедрового стланика разного географического происхождения в условиях Западной Сибири // Лесной вестник / Forestry Bulletin, 2024. Т. 28. № 6. С. 18–27. DOI: 10.18698/2542-1468-2024-6-18-27

Кедровый стланик (*Pinus pumila* (Pall.) Regel.) имеет самый большой ареал среди видов подрода *Strobus* [1] — около 6 млн км², основная часть которого находится на территории России и Японии [2]. Вид произрастает в широком спектре климатических условий — от субальпийского до субтропического климата [3]. Кедровый стланик имеет жизненную форму стелющегося дерева (рис. 1). Его ветви обладают свойством активного предзимнего полегания под действием мороза [4, 5]. Кедровому стланику характерно как половое размножение с помощью семян, распространяемых кедровкой [6, 7], так и бесполое — через укоренение полегающих ветвей [8, 9]. На большей части ареала кедровый стланик произрастает совместно с другими хвойными видами. Этот преимущественно субарктический и субальпийский вид часто произрастает над верхней границей леса, где он доминирует, в хвойных лесах встречается в подлеске [10–12].

Кедровый стланик обладает высоким по сравнению с другими видами хвойных уровнем генетического разнообразия, что было доказано с помощью исследования аллозимного полиморфизма [13–16]. Исследования внутривидового разнообразия по морфологическим признакам проводились только в природных популяциях. В частности, показано, что кедровый стланик обладает значительной изменчивостью по длине побегов и хвои в зависимости от климатических условий [17] и изменчивостью по

структуре и форме семенных чешуй женских шишек [18]. Данные о высоком генетическом разнообразии кедрового стланика свидетельствуют о том, что доля генотипической изменчивости в общей изменчивости его морфологических признаков может быть весьма велика. Однако никаких исследований по данной проблеме до сих пор не проводилось.

Одним из основных методов изучения внутривидового разнообразия является выращивание потомства вида в однородных почвенно-климатических условиях. Уже почти на протяжении столетия выращивание в однородных условиях растений из популяций разного происхождения позволяет выяснить, насколько географическая и экологическая изменчивость морфологических признаков генетически обусловлена. Для видов с обширными сплошными ареалами часто характерна клинальная изменчивость, связанная с определенными факторами среды [19, 20]. Для видов, имеющих ареалы с контрастными климатическими условиями, характерны другие специфические паттерны генотипической изменчивости, непосредственно связанные с лимитирующими факторами в каждой части ареала [21]. Кедровый стланик имеет необычную для рода *Pinus* жизненную стратегию и структуру ареала, климат которого можно охарактеризовать как контрастный.

Цель работы

Цель работы — выявление различий по морфологическим признакам и устойчивости между семенным потомством кедрового стланика



Рис. 1. Кедровый стланик
Fig. 1. Siberian dwarf pine

различного географического происхождения, выращенного в однородных почвенно-климатических условиях.

Материалы и методы

Семена собраны в четырех российских популяциях кедрового стланика (рис. 2–6, табл. 1), расположенных далеко друг от друга и охватывающих большую часть климатического разнообразия ареала. Данные по климату в районе эксперимента были предоставлены Томским центром по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды, климатические переменные в районах происхождения семенного материала получены из Агроклиматического атласа мира [22].

Для сбора семян в каждой популяции выбрали 25 деревьев, с каждого из которых было собрано по 5 шишек. Поскольку кедровый стланик часто образует протяженные клоны, выбранные деревья находились на расстоянии не менее 30 м один от другого для того, чтобы избежать сбора образцов с одного клона.

После трехмесячной холодной стратификации смешанные образцы семян из каждой популяции были посеяны в открытый грунт на научном стационаре «Кедр» Института мониторинга климатических и экологических систем СО РАН (Томская область, 56°13' с. ш., 84°52' в. д., высота 90 м н. у. м.). В трехлетнем возрасте сеянцы были пересажены рядами в школьное отделение питомника и выращивались с размещением 30×40 см (рис. 7). За растениями осуществлялся минимальный уход, который заключался в прополке и поливе по мере необходимости.

Было измерено по 30 сеянцев кедрового стланика для каждого экотипа. У 12-летних сеянцев

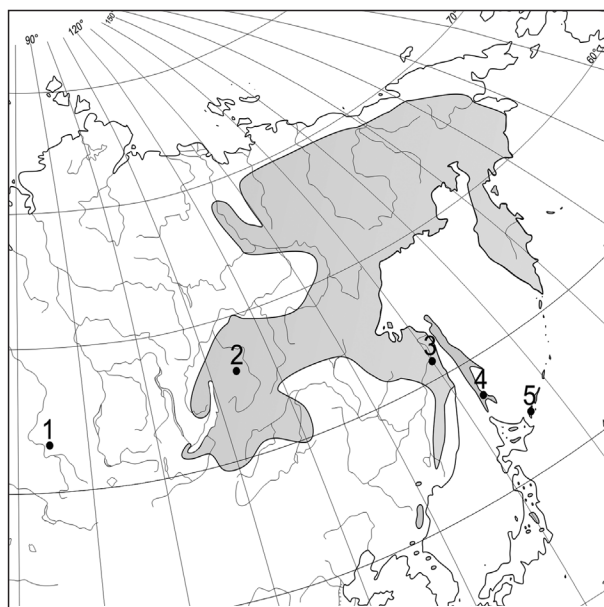


Рис. 2. Ареал кедрового стланика, место исследования: 1 — научный стационар «Кедр»; районы происхождения семян: 2 — Северо-Муйский хребет; 3 — Нижний Амур; 4 — о. Сахалин; 5 — о. Кунашир

Fig. 2. Natural habitat of Siberian dwarf pine, location of the experiment: 1 — field station «Kedr»; seed origins: 2 — Severomuysk ridge; 3 — Nizhni Amur; 4 — i. Sakhalin; 5 — i. Kunashir

измерили высоту растений и ширину крон, длину ствола и его диаметр на высоте 2 см от поверхности почвы, длину главных годичных побегов за последние 7 лет, длину хвои за последние 3 года, подсчитали общее число боковых ветвей на стволе. Согласно классификации жизненных форм И.Г. Серебрякова [23], кедровый стланик — это стелющееся дерево, поэтому длина ствола и высота сеянца в данном случае имеют различные



Рис. 3. Кедровый стланик на Северо-Муйском хребте
Fig. 3. Siberian dwarf pine on Severomuysk ridge



Рис. 4. Кедровый стланик на Нижнем Амуре
Fig. 4. Siberian dwarf pine on the Nizhniy Amur



Рис. 5. Кедровый стланик на о. Сахалин (фото С.Н. Горошкевича)
Fig. 5. Siberian dwarf pine on Sakhalin Island (photo by S.N. Goroshkevich)



Рис. 6. Кедровый стланик на о. Кунашир (фото С.Н. Горошкевича)
Fig. 6. Siberian dwarf pine on Kunashir Island (photo by S.N. Goroshkevich)

Т а б л и ц а 1

Географическое положение и климатические характеристики района эксперимента и районов происхождения растительного материала

Geographical location and climatic characteristics of experiment location and origins of plant material

Место исследования и сбора семян	Географические координаты	Высота, м н. у. м.	Сумма активных температур (+10 °С и более), °С	Среднегодовая температура воздуха, °С	Продолжительность безморозного периода, дни	Количество осадков за год, мм	Тип климата
Томск (район эксперимента)	56°13' с. ш. 84°52' в. д.	90	1850	-0,6	110–120	568	Континентально-циклонический
Северо-Муйский хребет	56°10' с. ш. 113°30' в. д.	900	400	-5,0	до 60	900	Резко-континентальный
Нижний Амур	51°17' с. ш. 139°13' в. д.	100	1450	-0,8	до 120	692	Муссонный
о. Сахалин	47°30' с. ш. 142°30' в. д.	800	1700	+2,8	180	815	То же
о. Кунашир	44°20' с. ш. 145°40' в. д.	150	1700	+4,8	189	1319	«←»

значения. Высота измерялась как расстояние от поверхности почвы до высшей точки сеянца. У каждого сеянца отмечали наличие или отсутствие морозных повреждений и их степень. Если было повреждено 1–5 побегов, повреждения считали единичными. Если было повреждено 5 побегов и более, повреждения считали слабыми. Если от мороза пострадала целая ветвь, отходящая от ствола, повреждения считали средними. Если погибла часть кроны, то повреждения считали сильными.

С помощью критерия Шапиро — Уилка было установлено, что все признаки имели нормальное распределение. Для оценки разнообразия между популяциями по этим признакам использовали однофакторный дисперсионный анализ (ANOVA). Если анализ показывал, что совокуп-

ность неоднородна, то экотипы сравнивали между собой с помощью теста Ньюмана — Кейлса. Для визуализации общей дифференциации экотипов провели дискриминантный анализ.

Результаты и обсуждение

Деревья из экотипа о. Сахалин имели меньшие длину и диаметр стволов, более низкую крону и меньше ветвились по сравнению с остальными экотипами (табл. 2). Деревья из экотипа о. Кунашир имели наиболее наклонный ствол и самую широкую крону по сравнению с другими экотипами. Деревья из экотипов Нижнего Амура и Северо-Муйского хребта оказались наиболее близки по морфологическим признакам, между ними не было отмечено значимых различий.



Рис. 7. Ряды сеянцев кедрового стланика разного географического происхождения на научном стационаре «Кедр»: 1 — о. Сахалин; 2 — о. Кунашир; 3 — Северо-Муйский хребет; 4 — Нижний Амур

Fig. 7. Rows of seedlings with different geographical origins in field station Kedr: 1 — i. Sakhalin; 2 — i. Kunashir; 3 — Severomuysk ridge; 4 — Nizhni Amur

Т а б л и ц а 2

**Морфологические признаки (средние значения и стандартные отклонения)
у разных экотипов кедрового стланика в 12-летнем возрасте**

Morphological traits (means and standard deviations) in different ecotypes of Siberian dwarf pine at the age 12 years

Признаки	о. Кунашир	о. Сахалин	Нижний Амур	Северо-Муйский хребет
Длина ствола, см	116,3 ± 16,7 a	67,7 ± 17,4 b	117,9 ± 20,5 a	118,4 ± 22,7 a
Высота дерева, см	97,6 ± 18,3 a	61,4 ± 17,1 b	109,3 ± 18,6 a	109,5 ± 21,3 a
Длина ствола/высота дерева	1,21 ± 0,14 a	1,11 ± 0,09 b	1,08 ± 0,04 b	1,08 ± 0,05 b
Диаметр ствола, мм	3,6 ± 1,2 b	1,9 ± 0,6 a	3,5 ± 0,9 b	3,5 ± 1,0 b
Ширина кроны, см	100,3 ± 36,4 a	39,5 ± 16,2 c	72,8 ± 19,4 b	75,3 ± 18,4 b
Число боковых ветвей	20,6 ± 4,9 b	11,8 ± 4,3 c	24,8 ± 5,0 a	24,2 ± 8,3 a

Примечание. Значимость (принятый уровень значимости $p < 0,05$) различий между популяциями показана буквами: наличие одинаковой буквы у разных экотипов означает отсутствие значимых различий между ними по данному признаку.

Характер динамики роста годовых побегов у всех экотипов был схож, однако деревья из экотипа о. Сахалин в разные годы имели в 1,3...2,6 раза меньшую длину годовых побегов по сравнению с остальными экотипами (рис. 8). По длине хвои были отмечены слабые различия между экотипами (рис. 9). Максимальная длина хвои в 10-летнем возрасте была у экотипа о. Кунашир, в 11-летнем — у экотипа Северо-Муйского хребта, в 12-летнем возрасте различий не было.

Сравнение экотипов одновременно по всем измеренным признакам с помощью дискриминантного анализа показало их довольно слабую дифференциацию между собой (рис. 10). Экотипы о. Кунашир и о. Сахалин были наиболее дифференцированы, тогда как экотипы Северо-Муйского хребта и Нижнего Амура были практически

неразделимы. Наибольшая корреляция первого канонического корня (Root 1) наблюдалась с длиной (0,745) и высотой дерева (0,725), а также с числом ветвей (0,624), а для второго канонического корня (Root 2) — с шириной кроны (0,550).

Морозные повреждения были отмечены у всех экотипов. Наибольшая доля пострадавших от мороза деревьев принадлежала экотипу Нижнего Амура: единичные морозные повреждения имели 90 % деревьев. Большинство деревьев из экотипа Северо-Муйского хребта (80 %) также имели единичные морозные повреждения, а два дерева погибли от сильных повреждений. У экотипа о. Кунашир менее половины деревьев имели морозные повреждения: 15 % — единичные, 7 % — слабые и 3 % имели средние повреждения.

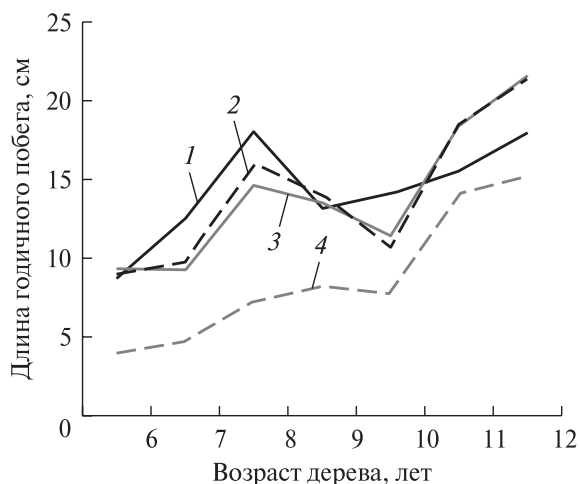


Рис. 8. Динамика годовых приростов у экотипов кедрового стланика: 1 — о. Кунашир; 2 — Северо-Муйский хребет; 3 — Нижний Амур; 4 — о. Сахалин

Fig. 8. Dynamics of annual shoot growth in Siberian dwarf pine ecotypes: 1 — i. Kunashir; 2 — Severomuysk ridge; 3 — Nizhni Amur; 4 — i. Sakhalin

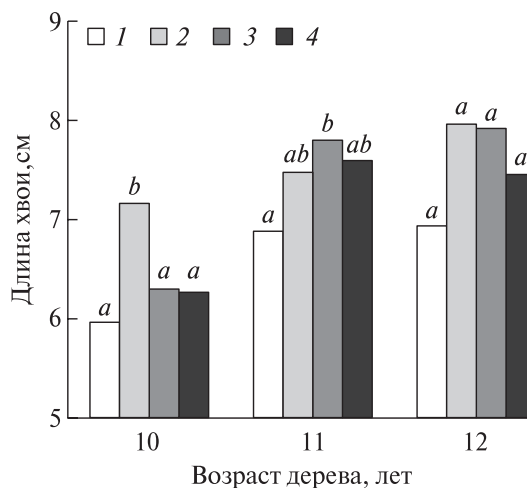


Рис. 9. Длина хвои у экотипов кедрового стланика в возрасте дерева 10, 11 и 12 лет: 1 — о. Кунашир; 2 — Северо-Муйский хребет; 3 — Нижний Амур; 4 — о. Сахалин; наличие одинаковой буквы у разных экотипов означает отсутствие значимых различий между ними по данному признаку ($p < 0,05$)

Fig. 9. Needle length in Siberian dwarf pine ecotypes at the age 10, 11 and 12 years: 1 — i. Kunashir; 2 — Severomuysk ridge; 3 — Nizhni Amur; 4 — i. Sakhalin; means associated with a different letter are statistically different ($p \leq 0,05$)

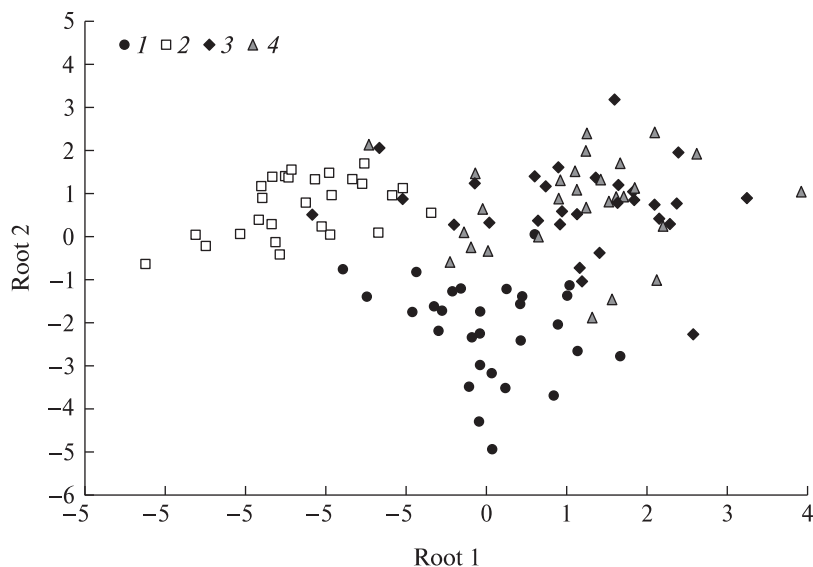


Рис. 10. Дифференциация экотипов кедрового стланика в плоскости канонических корней, полученных в ходе дискриминантного анализа: 1 — о. Кунашир; 2 — о. Сахалин; 3 — Северо-Муйский хребет; 4 — Нижний Амур

Fig. 10. Differentiation of Siberian dwarf pine ecotypes in the plane of canonical roots obtained after discriminant analysis: 1 — i. Kunashir; 2 — i. Sakhalin; 3 — Severomuysk ridge; 4 — Nizhni Amur

Наиболее устойчивыми оказались деревья из экотипа о. Сахалин: 15 % из них имели единичные и 7 % — средние морозные повреждения.

В рамках данного эксперимента по выращиванию кедрового стланика *ex situ* впервые были получены результаты, позволяющие выделить генотипический компонент в изменчивости его морфологических признаков. Огромный ареал

кедрового стланика с широким спектром климатических условий, а также самая высокая генетическая изменчивость среди видов семейства *Pinaceae* [24–27] предполагают его сильную внутривидовую дифференциацию по морфологическим признакам. Исследования в районах естественного местообитания кедрового стланика показали, что его внутривидовая изменчивость

по морфологическим признакам довольно велика. Длина побегов и хвои у деревьев из популяций на востоке ареала в 1,2...1,5 раза меньше, чем на западе [28]. Длина годового прироста кедрового стланика в горах значительно уменьшалась с увеличением высоты на 10...50 м н. у. м., в зависимости от рельефа [29]. В работах, рассматривающих разнообразие кедрового стланика по морфологическим признакам, характеризующим размеры и форму шишек, семенных чешуй и семян, также был показан высокий уровень его внутривидовой изменчивости [30].

Хотя для данного эксперимента все исследованные экотипы были перемещены на запад, климатические характеристики районов их происхождения сильно различались между собой, а также существенно отличались от таковых в районе проведения эксперимента. Наиболее близкими к району эксперимента по температурному режиму были климатические условия Нижнего Амура, хотя этот район имеет другой тип климата. Район Северо-Муйского хребта обладал наименьшей теплообеспеченностью. Районы происхождения островных экотипов имели более мягкие климатические условия, чем район проведения эксперимента. Однако при выращивании в одинаковых условиях деревья из экотипа Нижнего Амура по исследованным признакам были очень схожи с деревьями из экотипа Северо-Муйского хребта, имели средние показатели роста и ветвления. Максимальные различия наблюдались между двумя наиболее восточными островными экотипами из муссонного климата — о. Сахалин и о. Кунашир.

Поскольку сеянцы были выращены за пределами видového ареала, можно было ожидать проявления их плохой адаптации к местным условиям. Популяции, произрастающие в районах с муссонным климатом, сформировались в условиях длинного безморозного периода, поэтому они рано начинали рост, а также могли не успеть закончить формирование терминальной почки до наступления осенних заморозков в районе эксперимента. Действительно, деревья всех экотипов в новых условиях в той или иной степени повреждались морозом. Наиболее значительные повреждения ожидаемо имели экотипы из муссонного климата. Однако, по доле поврежденных деревьев лидировал экотип Северо-Муйского хребта из самого холодного климата с наиболее коротким безморозным периодом. Возможно, это происходило по причине более раннего начала роста деревьев у этого экотипа, чем у остальных, поскольку для этого им требуется накопление меньшей суммы активных температур. В связи с этим начавшие рост побеги становятся уязвимыми для поздних весенних заморозков и гибнут после начала роста.

Мы не обнаружили какой-либо корреляции исследованных признаков с климатическими характеристиками места происхождения семян. В естественных популяциях такие связи, как правило, довольно хорошо выражены. Например, в Японии была показана сильная связь температурных условий местообитания и различных показателей продуктивности кедрового стланика [31], а в Китае скорость роста деревьев в южных популяциях кедрового стланика оказалась выше, чем в северных [32]. Это свидетельствует о том, что специфические климатические условия конкретных районов, в которых формировались экотипы, не являются единственным фактором внутривидовой дифференциации кедрового стланика. Значительное влияние на дифференциацию экотипов могло оказать их происхождение из разных рефугиумов. Подобное влияние ранее было показано для кедра сибирского [33], а также для сосны горной (*Pinus mugo Turra*) [34].

Выводы

Экотипы кедрового стланика в возрасте 12 лет в целом обладали небольшой изменчивостью при выращивании в условиях юга Западной Сибири по высоте и ширине крон, длине и диаметру стволов, длине годовых побегов и хвои, а также по интенсивности ветвления. Наименьшими значениями признаков обладали деревья из экотипа о. Сахалин, остальные экотипы были слабо дифференцированы по большинству признаков. При этом именно два островных экотипа имели наибольшие отличия.

Деревья всех экотипов имели морозные повреждения, но большинство повреждений оказались незначительными. Причиной этого, вероятно, было раннее начала роста кедрового стланика по сравнению с местными видами хвойных, что способствовало уязвимости побегов для поздних весенних заморозков.

Особенности дифференциации экотипов по морфологическим признакам показывают, что с большой вероятностью на нее повлияло происхождение экотипов из разных рефугиумов.


Исследование выполнено по гранту Российского научного фонда № 23-26-00077.

Список литературы

- [1] Syring J., Farrell K., Businsky R., Cronn R., Liston A. Widespread genealogical nonmonophyly in species of *Pinus* subgenus *Strobus* // *Systematic Biology*, 2007, v. 56, pp. 163–181. <https://doi.org/10.1080/10635150701258787>
- [2] Mirov N.T. The genus *Pinus*. New York: The Ronald Press Company, 1967, 602 p.
- [3] Richardson D.M. Ecology and Biogeography of *Pinus*. Cambridge University Press, 1998, 527 pp.

- [4] Гроссет Г.Э. Кедровый стланик. М.: Изд-во Московского общества испытателей природы, 1959. 140 с.
- [5] Моложников В.Н. Кедровый стланик горных ландшафтов Северного Прибайкалья. Л.: Наука, 1975, 203 с.
- [6] Saito S. On signs of the Japanese nutcracker's behavior in seed dispersal of *Pinus pumila* // Transactions of the Japanese Forestry Society, Hokkaido Branch, 1982, v. 31, pp. 155–157.
- [7] Kajimoto T., Onodera H., Ikeda Sh., Daimaru H., Seki T. Seedling establishment of Subalpine Stone Pine (*Pinus pumila*) by nutcracker (*Nucifraga*) seed dispersal on Mt. Yumori, Northern Japan // Arctic and Alpine Research, 1998, v. 30, v. 4, pp. 408–417.
- [8] Okitsu S., Ito K. Vegetation dynamics of the Siberian dwarf pine (*Pinus pumila* Regel) in the Taisetsu mountain range, Hokkaido, Japan // Vegetatio, 1984, v. 58, pp. 105–113.
- [9] Kajimoto T. Dynamics and dry matter production of below ground woody organs of *Pinus pumila* trees growing on the Kiso mountain range in central Japan // Ecological Research, 1992, v. 7, pp. 333–339.
- [10] MacDonald G.M., Kremenetski K.V., Beilman D.W. Climate change and the northern Russian treeline zone // Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences, 2008, v. 363, iss. 1501, pp. 2285–2299. <https://doi.org/10.1098/rstb.2007.2200>
- [11] Okuda M., Sumida A., Ishii H., Vetrova V.P., Hara T. Establishment and growth pattern of *Pinus pumila* under a forest canopy in central Kamchatka // Ecological Research, 2008, v. 23, pp. 831–840. <https://doi.org/10.1007/s11284-007-0445-1>
- [12] Takahashi K., Hirosawa T., Morishima R. How the timberline formed: altitudinal changes in stand structure and dynamics around the timberline in central Japan // Annals of Botany, 2012, v. 109, iss. 6, pp. 1165–1174. <https://doi.org/10.1093/aob/mcs043>
- [13] Политов Д.В., Крутовский К.В., Алтухов Ю.П. Характеристика генофондов популяций кедровых сосен по совокупности изоферментных локусов // Генетика, 1992. Т. 28. № 1. С. 93–114.
- [14] Goncharenko G.G., Padutov V.E., Silin A.E. Allozyme variation in natural populations of Eurasian pines. I. Population structure genetic variation and differentiation in *Pinus pumila* (Pall.) Regel from Chukotsk and Sakhalin // Silvae Genetica, 1993, v. 42, iss. 4–5, pp. 237–253.
- [15] Tani N., Tomaru N., Araki M., Ohba K. Genetic diversity and differentiation in populations of Japanese stone pine (*Pinus pumila*) in Japan // Canadian J. of Forest Research, 1996, v. 26, iss. 8, pp. 1454–1462.
- [16] Малюченко О.П. Генетическая дифференциация кедрового стланика *Pinus pumila* (Pall.) Regel в Прибайкалье // Экология и генетика популяций. Йошкар-Ола: Периодика Марий Эл, 1998. С. 38–45.
- [17] Takahashi K. Effects of climatic conditions on shoot elongation of alpine dwarf pine (*Pinus pumila*) at its upper and lower altitudinal limits in central Japan // Arctic, Antarctic, and Alpine Research, 2003, v. 35, pp. 1–7. [https://doi.org/10.1657/1523-0430\(2003\)035\[0001:EOCCOS\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1657/1523-0430(2003)035[0001:EOCCOS]2.0.CO;2)
- [18] Ветрова В.П., Савенкова Ю.В. Изменчивость количественных признаков семенных чешуй и шишек кедрового стланика // Лесоведение, 2009. № 1. С. 42–51.
- [19] Soliani C., Azpilicueta M.M., Arana M.V., Marchelli P. Clinal variation along precipitation gradients in Patagonian temperate forests: unravelling demographic and selection signatures in three *Nothofagus* spp. // Annals of Forest Science, 2020, v. 77, atc. 4. <https://doi.org/10.1007/s13595-019-0908-x>
- [20] Tyrmä J.S., Vuosku J., Acosta J.J., Li Z., Sterck L., Cervera M.T., Savolainen O., Pyhäjärvi T. Genomics of clinal local adaptation in *Pinus sylvestris* under continuous environmental and spatial genetic setting // G3: Genes, Genomes, Genetics, 2020, v. 10, iss. 8, pp. 2683–2696. <https://doi.org/10.1534/g3.120.401285>
- [21] Rehfeldt G.E., Jaquish B.C., Saenz-Romero C., Joyce D.G., Leites L.P., St Clair J.B., Lopez-Upton J. Comparative genetic responses to climate in the varieties of *Pinus ponderosa* and *Pseudotsuga menziesii*: reforestation // Forest Ecology and Management, 2014, v. 324, pp. 147–157. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2014.02.041>
- [22] Агроклиматический атлас мира / под ред. И.А. Гольдберг. М.; Л.: Гидрометеоиздат, 1972. 145 с.
- [23] Серебряков И.Г. Экологическая морфология растений. Жизненные формы покрытосеменных и хвойных. М.: Высшая школа, 1962. 378 с.
- [24] Крутовский К.В., Политов Д.В., Алтухов Ю.П. Межвидовая генетическая дифференциация кедровых сосен Евразии по изоферментным локусам // Генетика, 1990. Т. 26. № 4. С. 694–707.
- [25] Krutovskii K.V., Politov D.V., Altukhov Yu.P. Study of genetic differentiation and phylogeny of stone pine species using isozyme loci // Proceedings of International workshop on subalpine stone pines and their environment: The status of our knowledge. USDA Forest Service Intermountain Research Station Ogden, Utah, 1994, pp. 19–30.
- [26] Politov D.V., Krutovskii K.V. Phylogenetics, genogeography and hybridization of 5-needle pines in Russia and neighboring countries // Five-needle pine species: genetic improvement, disease resistance, and conservation, Proceedings of IUFRO Working Party, Medford, OR, 2001. USDA Forest Service, Rocky Mountain Research Station, Colorado, 2004, pp. 85–97.
- [27] Наконечная О.В., Холина А.Б., Корень О.Г., Janeček V., Kohutka A., Gebauer R., Журавлев Ю.Н. Характеристика генофондов трех популяций *Pinus pumila* (Pall.) Regel на границах ареала // Генетика, 2010. Т. 46. № 12. С. 1609–1618.
- [28] Горошкевич С.Н. Попов А.Г. Структура побегов у российских видов *Pinus* из группы *Cembrae* (*Pinaceae*) // Ботанический журнал, 2004. Т. 89. № 7. С. 1077–1092.
- [29] Takahashi K. Effect of climatic conditions on shoot elongation of Alpine Dwarf pine (*Pinus pumila*) at its upper and lower altitudinal limits in central Japan // Arctic, Antarctic, and Alpine Research, 2003, v. 35, iss. 1, pp. 1–7.
- [30] Vetrova V.P. Geometric morphometric analysis of shape variation in the cone-scales of *Pinus pumila* (Pall.) Regel (*Pinaceae*) in Kamchatka // Botanica Pacifica, 2013, v. 2, iss. 1, pp. 19–26.
- [31] Kajimoto T., Kurachi N., Chiba Y., Utsugi H., Ishizuka M. Effects of external factors on growth and structure of *Pinus pumila* scrub in Mt. Kinpu, Central Japan // Climate Change and Plants in East Asia, 1996, pp. 149–156.
- [32] Yang J., Zhang Q., Song W., An Y., Wang X. Divergent response of *Pinus pumila* growth to climate warming at different latitudes and in different simulation predictions // Frontiers in Forests and Global Change, 2022, v. 5. <https://doi.org/10.3389/ffgc.2022.1075100>
- [33] Shuvaev D.N., Ibe A.A. Genetic structure and postglacial recolonization of *Pinus sibirica* Du Tour in the West Siberian Plain, inferred from nuclear microsatellite markers // Silvae Genetica, 2021, v. 70, iss. 1, pp. 70–109. <https://doi.org/10.2478/sg-2021-0008>
- [34] Zukowska W.B., Boratynska K., Wachowiak W. Comparison of range-wide chloroplast microsatellite and needle trait variation patterns in *Pinus mugo* Turra (dwarf mountain pine) // iForest, 2017, v. 10, pp. 250–258. <https://doi.org/10.3832/ifer1860-009>

Сведения об авторах

Иволина Галина Валериевна  — канд. биол. наук, ст. науч. сотр. ФГБУН «Институт мониторинга климатических и экологических систем Сибирского отделения Российской академии наук», galina_biology@mail.ru

Жук Евгения Анатольевна — канд. биол. наук, ст. науч. сотр. ФГБУН «Институт мониторинга климатических и экологических систем Сибирского отделения Российской академии наук», eazhuk@yandex.ru

Поступила в редакцию 22.06.2023.

Одобрено после рецензирования 14.11.2023.

Принята к публикации 09.02.2024.

SIBERIAN DWARF PINE CULTIVATION OF DIFFERENT GEOGRAPHICAL PROVENANCE IN WESTERN SIBERIA

G.V. Ivolina , **E.A. Zhuk**

Institute of monitoring of climatic and ecological systems SB RAS, 10/3, Akademicheskii av., 634055, Tomsk, Russia

galina_biology@mail.ru

The article presents the results of the experiment on growing Siberian dwarf pine (*Pinus pumila* (Pall.) Regel) in homogeneous soil and climatic conditions in the south of Tomsk region. Intraspecific differences in tree height, trunk length and slope, crown width and number of lateral branches, length of annual shoots and needles are shown on the example of Siberian dwarf pine seed progeny from four regions with different climatic conditions. Differences between ecotypes in the degree of frost damage are revealed. Possible reasons for the differences between ecotypes are indicated.

Keywords: intraspecies variation, growth, ecotype, *Pinus pumila*

Suggested citation: Ivolina G.V., Zhuk E.A. *Opyt vyrashchivaniya kedrovogo stlanika raznogo geograficheskogo proiskhozhdeniya v usloviyakh Zapadnoy Sibiri* [Siberian dwarf pine cultivation of different geographical provenance in Western Siberia]. *Lesnoy vestnik / Forestry Bulletin*, 2024, vol. 28, no. 6, pp. 18–27. DOI: 10.18698/2542-1468-2024-6-18-27


References

- [1] Syring J., Farrell K., Businsky R., Cronn R., Liston A. Widespread genealogical nonmonophyly in species of *Pinus* subgenus *Strobus*. *Systematic Biology*, 2007, v. 56, pp. 163–181. <https://doi.org/10.1080/10635150701258787>
- [2] Mirov N.T. The genus *Pinus*. New York: The Ronald Press Company, 1967, 602 p.
- [3] Richardson D.M. Ecology and Biogeography of *Pinus*. Cambridge University Press, 1998, 527 pp.
- [4] Grosset G.E. *Kedrovyy stlanik* [Siberian dwarf pine] M.: Izd-vo Moskovskogo obshchestva ispytateley prirody, 1959. 140 p.
- [5] Molozhnikov V.N. *Kedrovyy stlanik gornykh landshaftov Severnogo Pribaykal'ya* [Siberian dwarf pine in mountain landscapes of Northern Pribaikalie]. Leningrad: Nauka, 1975, 203 p.
- [6] Saito S. On signs of the Japanese nutcracker's behavior in seed dispersal of *Pinus pumila*. *Transactions of the Japanese Forestry Society, Hokkaido Branch*, 1982, v. 31, pp. 155–157.
- [7] Kajimoto T., Onodera H., Ikeda Sh., Daimaru H., Seki T. Seedling establishment of Subalpine Stone Pine (*Pinus pumila*) by nutcracker (*Nucifraga*) seed dispersal on Mt. Yumori, Northern Japan. *Arctic and Alpine Research*, 1998, v. 30, v. 4, pp. 408–417.
- [8] Okitsu S., Ito K. Vegetation dynamics of the Siberian dwarf pine (*Pinus pumila* Regel) in the Taisetsu mountain range, Hokkaido, Japan. *Vegetatio*, 1984, v. 58, pp. 105–113.
- [9] Kajimoto T. Dynamics and dry matter production of below ground woody organs of *Pinus pumila* trees growing on the Kiso mountain range in central Japan. *Ecological Research*, 1992, v. 7, pp. 333–339.
- [10] MacDonald G.M., Kremenetski K.V., Beilman D.W. Climate change and the northern Russian treeline zone. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 2008, v. 363, iss. 1501, pp. 2285–2299. <https://doi.org/10.1098/rstb.2007.2200>
- [11] Okuda M., Sumida A., Ishii H., Vetrova V.P., Hara T. Establishment and growth pattern of *Pinus pumila* under a forest canopy in central Kamchatka. *Ecological Research*, 2008, v. 23, pp. 831–840. <https://doi.org/10.1007/s11284-007-0445-1>
- [12] Takahashi K., Hirokawa T., Morishima R. How the timberline formed: altitudinal changes in stand structure and dynamics around the timberline in central Japan. *Annals of Botany*, 2012, v. 109, iss. 6, pp. 1165–1174. <https://doi.org/10.1093/aob/mcs043>
- [13] Politev D.V., Krutovskiy K.V., Altukhov Yu.P. *Kharakteristika genofondov populyatsiy kedrovyykh sosen po sovokupnosti izofermentnykh lokusov* [Characteristics of the gene pools of stone pine populations according to the complex of isoenzyme loci]. *Genetika*, 1992, v. 28, iss. 1, pp. 93–114.
- [14] Goncharenko G.G., Padutov V.E., Silin A.E. Allozyme variation in natural populations of Eurasian pines. I. Population structure genetic variation and differentiation in *Pinus pumila* (Pall.) Regel from Chukotsk and Sakhalin. *Silvae Genetica*, 1993, v. 42, iss. 4–5, pp. 237–253.

- [15] Tani N., Tomaru N., Araki M., Ohba K. Genetic diversity and differentiation in populations of Japanese stone pine (*Pinus pumila*) in Japan. *Canadian J. of Forest Research*, 1996, v. 26, iss. 8, pp. 1454–1462.
- [16] Malyuchenko O.P. *Geneticheskaya differentsiatsiya kedrovogo stlanika Pinus pumila (Pall.) Regel v Pribaykal'e* [Genetic differentiation of Siberian dwarf pine *Pinus pumila* (Pall.) Regel in Pribajkalia]. *Ekologiya i genetika populyatsiy*. Yoshkar-Ola: Periodika Mariy El, 1998, pp. 38–45.
- [17] Takahashi K. Effects of climatic conditions on shoot elongation of alpine dwarf pine (*Pinus pumila*) at its upper and lower altitudinal limits in central Japan. *Arctic, Antarctic, and Alpine Research*, 2003, v. 35, pp. 1–7. [https://doi.org/10.1657/1523-0430\(2003\)035\[0001:EOCCOS\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1657/1523-0430(2003)035[0001:EOCCOS]2.0.CO;2)
- [18] Vetrova V.P., Savenkova Yu.V. *Izmenchivost' kolichestvennykh priznakov semennykh cheshuy i shishek kedrovogo stlanika* [Variability of quantitative characteristics in seed scales and cones of Siberian dwarf pine]. *Lesovedenie*, 2009, v. 1, pp. 42–51.
- [19] Soliani C., Azpilicueta M.M., Arana M.V., Marchelli P. Clinal variation along precipitation gradients in Patagonian temperate forests: unravelling demographic and selection signatures in three *Nothofagus* spp. *Annals of Forest Science*, 2020, v. 77, atc. 4. <https://doi.org/10.1007/s13595-019-0908-x>
- [20] Tyrmi J.S., Vuosku J., Acosta J.J., Li Z., Sterck L., Cervera M.T., Savolainen O., Pyhäjärvi T. Genomics of clinal local adaptation in *Pinus sylvestris* under continuous environmental and spatial genetic setting. *G3: Genes, Genomes, Genetics*, 2020, v. 10, iss. 8, pp. 2683–2696. <https://doi.org/10.1534/g3.120.401285>
- [21] Rehfeldt G.E., Jaquish B.C., Saenz-Romero C., Joyce D.G., Leites L.P., St Clair J.B., Lopez-Upton J. Comparative genetic responses to climate in the varieties of *Pinus ponderosa* and *Pseudotsuga menziesii*: reforestation. *Forest Ecology and Management*, 2014, v. 324, pp. 147–157. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2014.02.041>
- [22] *Agroklimaticheskij atlas mira* [Agroclimatic atlas of the world]. Pod red. I.A. Gol'dberg. Moscow–Leningrad: Gidrometioizdat, 1972, 145 p.
- [23] Serebryakov I.G. *Ekologicheskaya morfologiya rasteniy. Zhiznennye formy pokrytozemnykh i khvoynnykh* [Ecological morphology of plants. Life forms of angiosperms and conifers.]. Moscow: Vysshaya shkola, 1962, 378 p.
- [24] Krutovskiy K.V., Politov D.V., Altukhov Yu.P. *Mezhvidovaya geneticheskaya differentsiatsiya kedrovyykh sosen Evrazii po izofermentnym lokusam*. *Genetica*, 1990, v. 26, iss. 4, pp. 694–707.
- [25] Krutovskii K.V., Politov D.V., Altukhov Yu.P. Study of genetic differentiation and phylogeny of stone pine species using isozyme loci. *Proceedings of International workshop on subalpine stone pines and their environment: The status of our knowledge*. USDA Forest Service Intermountain Research Station Ogden, Utah, 1994, pp. 19–30.
- [26] Politov D.V., Krutovskii K.V. Phylogenetics, genogeography and hybridization of 5-needle pines in Russia and neighboring countries. Five-needle pine species: genetic improvement, disease resistance, and conservation, *Proceedings of IUFRO Working Party*, Medford, OR, 2001. USDA Forest Service, Rocky Mountain Research Station, Colorado, 2004, pp. 85–97.
- [27] Nakonechnaya O.V., Kholina A.B., Koren' O.G., Janeček V., Kohutka A., Gebauer R., Zhuravlev Yu.N. *Kharakteristika genofondov trekh populyatsiy Pinus pumila (Pall.) Regel na granitsakh areala* [Characteristics of gene pools of three *Pinus pumila* (Pall.) Regel populations at the range margins]. *Genetika*, 2010, v. 46, iss. 12, pp. 1609–1618.
- [28] Goroshkevich S.N., Popov A.G. *Struktura pobegov u rossiyskikh vidov Pinus iz gruppy Cembrae (Pinaceae)* [Shoot structure in Russian *Pinus* species from group *Cembrae* (*Pinaceae*)]. *Botanicheskiy zhurnal*, 2004, v. 89, iss. 7, pp. 1077–1092.
- [29] Takahashi K. Effect of climatic conditions on shoot elongation of Alpine Dwarf pine (*Pinus pumila*) at its upper and lower altitudinal limits in central Japan // *Arctic, Antarctic, and Alpine Research*, 2003, v. 35, iss. 1, pp. 1–7.
- [30] Vetrova V.P. Geometric morphometric analysis of shape variation in the cone-scales of *Pinus pumila* (Pall.) Regel (*Pinaceae*) in Kamchatka // *Botanica Pacifica*, 2013, v. 2, iss. 1, pp. 19–26.
- [31] Kajimoto T., Kurachi N., Chiba Y., Utsugi H., Ishizuka M. Effects of external factors on growth and structure of *Pinus pumila* scrub in Mt. Kinpu, Central Japan // *Climate Change and Plants in East Asia*, 1996, pp. 149–156.
- [32] Yang J., Zhang Q., Song W., An Y., Wang X. Divergent response of *Pinus pumila* growth to climate warming at different latitudes and in different simulation predictions // *Frontiers in Forests and Global Change*, 2022, v. 5. <https://doi.org/10.3389/ffgc.2022.1075100>
- [33] Shuvaev D.N., Ibe A.A. Genetic structure and postglacial recolonization of *Pinus sibirica* Du Tour in the West Siberian Plain, inferred from nuclear microsatellite markers // *Silvae Genetica*, 2021, v. 70, iss. 1, pp. 70–109. <https://doi.org/10.2478/sg-2021-0008>
- [34] Zukowska W.B., Boratynska K., Wachowiak W. Comparison of range-wide chloroplast microsatellite and needle trait variation patterns in *Pinus mugo* Turra (dwarf mountain pine) // *iForest*, 2017, v. 10, pp. 250–258. <https://doi.org/10.3832/ifor1860-009>

The research was funded by the Russian Science Foundation Grant No. 23-26-00077.

Authors' information

Ivolina Galina Valer'evna  — Cand. Sci. (Biology), Senior Researcher, Institute of Monitoring of climatic and ecological systems SB RAS, galina_biology@mail.ru

Zhuk Evgeniya Anatol'evna — Cand. Sci. (Biology), Senior Researcher, Institute of monitoring of climatic and ecological systems SB RAS, eazhuk@yandex.ru

Received 22.06.2023.

Approved after review 14.11.2023.

Accepted for publication 09.02.2024.

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