

УДК 630.165.62

Научная статья



Открытый доступ

DOI: 10.32634/0869-8155-2024-389-12-133-139

А.М. Пастухова

Сибирский государственный университет
науки и технологий им. академика
М.Ф. Решетнева, Красноярск, Россия

✉ albinp@yandex.ru

Поступила в редакцию: 17.06.2024

Одобрена после рецензирования: 11.11.2024

Принята к публикации: 25.11.2024

© Пастухова А.М.

Research article



Open access

DOI: 10.32634/0869-8155-2024-389-12-133-139

Albina M. Pastukhova

Reshetnev University, Krasnoyarsk, Russia

✉ albinp@yandex.ru

Received by the editorial office: 17.06.2024

Accepted in revised: 13.09.2024

Accepted for publication: 27.09.2024

© Pastukhova A.M.

Оценка полиморфности по росту полусибсового потомства сосны кедровой сибирской 19-летнего биологического возраста

РЕЗЮМЕ

Актуальность. Селекционные исследования по испытанию семенного потомства ценных лесообразующих пород РФ имеют важное практическое значение и приобретают еще большую актуальность при переходе к интенсивному лесовыращиванию и внедрению генетических методов в лесное хозяйство.

Цель данной работы — оценка уровня изменчивости по росту полусибсового потомства сосны кедровой сибирской (*Pinus sibirica* Du Tour) в 19-летнем биологическом возрасте.

Методы. Изучен рост полусибсового потомства кедров сибирского 19-летнего биологического возраста. Исследования проводили в опытных культурах учебно-опытного лесхоза СибГУ им. М.Ф. Решетнева. Данная территория согласно лесорастительному районированию относится к Среднесибирскому подтаежно-лесостепному району. У полусибсового потомства, полученного от свободного опыления материнских растений разного географического происхождения, изучали высоту, диаметр стволика на 5 см от поверхности земли. Для оценки общей комбинационной способности использовали индексную оценку потомства.

Результаты. Результаты исследования показали проявления полиморфности по скорости роста полусибсового потомства кедров сибирского 19-летнего биологического возраста. Выявлены значительные различия по высоте, диаметру стволика у корневой шейки в зависимости от исходного происхождения материнских деревьев и состава опылителей. Отмечено, что независимо от комбинации генов сохраняют высокую скорость роста полусибсы материнских деревьев тисульского, черемховского, танзыйского, алтайского и местного (бирюсинского) генотипов. Слабой общей комбинационной способностью отличались материнские деревья ленинградской популяции (Республика Казахстан). Проведенная индексная оценка потомства по двум годам наблюдения позволила подтвердить отмеченные закономерности в проявлении признаков материнских растений по скорости роста и отселектировать некоторые из них, отличающиеся высокой комбинационной способностью. В целом отмечены высокая полиморфность и дифференциация семей по скорости роста.

Ключевые слова: полусиб, кедр сибирский, скорость роста, индексная оценка, изменчивость, испытательные культуры

Для цитирования: Пастухова А.М. Оценка полиморфности по росту полусибсового потомства сосны кедровой сибирской 19-летнего биологического возраста. *Аграрная наука*. 2024; 389(12): 133–139.

<https://doi.org/10.32634/0869-8155-2024-389-12-133-139>

Assessment of polymorphism by growth of half-sibs *Pinus sibirica* Du Tour offspring of 19-year-old biological age

ABSTRACT

Relevance. Breeding studies on testing the seed offspring of valuable forest-forming breeds of the Russian Federation are of great practical importance and become even more relevant during the transition to intensive forest cultivation and the introduction of genetic methods in forestry.

The purpose of this work was to assess the level of variability in the growth of the half-sibs offspring *Pinus sibirica* Du Tour at the age of 19 years.

Methods. The growth of half-sibs offspring of Siberian cedar of 19-year-old biological age has been studied. Studies were carried out in experimental cultures of the educational and experimental forestry enterprise of Siberian State University named after M.F. Reshetnev. This territory, according to forest-growing zoning, belongs to the Central Siberian sub-taiga-forest-steppe region. In half-sibs offspring obtained from free pollination of maternal plants of different geographical origin, the height and diameter of the trunk were studied 5 cm from the surface of the earth. An index score of offspring was used to assess overall combinational ability.

Results. The results of the study showed manifestations of polymorphism in the growth rate of semi-Siberian cedar offspring of Siberian 19-year-old biological age. It is obtained from the free pollination of mother plants of different geographical origin and forms growing in plantation crops. Significant differences in height and stem diameter at the root neck were noted, depending on the initial origin of the parent trees and the composition of pollinators. It is noted that, regardless of the combination of genes, the semi-hybrids of the mother trees of the Tisulsky, Cheremkhovsky, Tansybeysky, Altai, and local (Biryusinsky) genotypes maintain a high growth rate. The maternal trees of the Leninogorsk population (Republic of Kazakhstan) were distinguished by a weak general combinational ability. The conducted index assessment of the offspring over two years of observation allowed us to confirm the noted patterns in the manifestation of signs of maternal plants in terms of growth rate and to isolate some of them, characterized by high combinational ability. In general, there is a high polymorphism and differentiation of families in terms of growth rate.

Key words: half-sib, *Pinus sibirica*, growth rate, index estimation, variability, test cultures

For citation: Pastukhova A.M. Assessment of polymorphism by growth of half-sibs *Pinus sibirica* Du Tour offspring of 19-year-old biological age. *Agrarian science*. 2024; 389(12): 133–139 (in Russian).

<https://doi.org/10.32634/0869-8155-2024-389-12-133-139>

Введение/Introduction

Селекционные исследования основных лесобразующих пород во многом направлены на оценку полиморфности вида и поиск ценных биотипов, генотипов. Практический эффект от такого рода работ можно рассматривать в получении посадочного материала с нужными генетическими свойствами. Для этого необходимо проведение сети испытаний в поиске перспективных биотипов, генотипов, выявлении закономерностей проявления хозяйственно ценных признаков во втором и третьем поколениях [1–3]. Так, по данным Е.В. Титова, использование отселектированных клонов при создании промышленных орехопродуктивных плантаций позволяет получать с 1 га (при наличии 200 прививок и достаточном опылении) к 11–14-летнему возрасту 40–60 кг кедровых орехов, к 15–17 годам — 100–150 кг, к 20–25 годам — 200–320 кг.

При максимальном урожае биологическая продуктивность орехов повышается не менее чем вдвое. Орехопродуктивность 25-летних плантаций, заложенных отселектированным материалом, при размещении и смешении клонов, обеспечивающих максимальную урожайность, в 2–3 раза превышает среднюю орехопродуктивность лучших 200-летних таежных кедровников и приближается к показателям рощ вблизи сел [4]. Однако до сих пор остаются дискуссионными вопросы методики организации испытаний в нескольких поколениях, сроках его проведения, эффективности и целесообразности. Накопленные на текущий момент данные показывают необходимость дифференцировать подход в селекционной работе в зависимости от способа размножения, отбираемых биотипов и их видовой принадлежности.

По данным Б.В. Раевского, М.Л. Щурова [2], продолжительность периода предварительной оценки клонов сосны обыкновенной составляет 20 лет, тогда как для семенного потомства потребуется еще на 8–10 лет больше. По мнению М.В. Рогозина [5], для снижения затрат на закладку испытательных культур необходимо использовать значение общей комбинационной способности (ОКС) не менее двух урожаев, по семенам одного урожая прогнозировать рост семенного потомства других урожаев не представляется возможным.

Оценка эффективности отбора потомства плюсовых деревьев рассматривается через определение сдвига при отборе (респонс), селекционного дифференциала, интенсивности отбора, определении ОКС, определении «материнского эффекта» [6]. Как показывают испытания семенного потомства плюсовых деревьев сосны обыкновенной, превышение по высоте составляет не более 10–20% над контролем. Это соответствует особенностям роста родительских деревьев и может быть объяснено адаптивным действием генов [7].

Установлена наследственно обусловленная неоднородность семенных генераций плюсовых деревьев по высоте и диаметру в испытательных культурах, имеющих второй класс возраста [6]. Многопараметрическое несходство плюсовых деревьев позволяет дать интегральную оценку их генотипической неидентичности, которая обеспечивает выделение в составе ассортимента лесосеменных плантаций и архивов клонов наиболее предпочтительных кандидатов для объектов постоянной лесосеменной базы [8].

При этом многие авторы отмечают изменения рангового положения по росту отобранного потомства при семенном размножении [9–13], проявлению географической изменчивости во втором поколении [14].

По данным испытаний Р.Г. Шеверножука и др. [15], в культурах разных селекционных категорий установлено значительное разнонаправленное изменение отнесенных темпов роста потомств в высоту в отрезке онтогенеза 16–25 лет. Это приводит к выравниванию в данном возрасте высот медленно- и быстрорастущих семей, что объясняется постепенным уменьшением влияния длительных «плюс» и «минус» модификаций, вызванных их различиями в стартовых условиях роста и местопрорастания материнских деревьев. В связи с этим у сосны обыкновенной до 20–25 лет в большинстве случаев нецелесообразно проведение генотипической оценки роста и вычисление различных генетико-статистических показателей, которые не устраняются повторностями опыта.

Актуальным до сих пор является и вопрос минимального возраста отбора, когда можно достоверно оценить хозяйственную ценность генотипа, биотипа, формы. Так, отобранные материнские деревья сосны кедровой сибирской (кедра сибирского), отличившиеся ранним семеношением, в 7-летнем возрасте дали потомство, превышающее по высоте среднее значение от 5,4 до 33,4 см [16].

Ю.Н. Ильичев [17] указывает, что в трехлетнем возрасте целесообразно проводить предварительную оценку потомства плюсовых деревьев кедра сибирского, так как 10–15% семей отстают в росте. О перспективности первичного отбора по скорости роста в молодом возрасте указывали А.М. Данченко, С.А. Кабанов [18]. Н.П. Братилова и др. указывают, что при селекции быстрорастущих и высокоурожайных экземпляров кедра сибирского необходимо проводить многократный отбор: первый — среди деревьев в высокопродуктивных естественных насаждениях, второй — среди потомства на лесных плантациях по показателям роста и репродуктивного развития, третий — среди семенного потомства [19].

Р.Н. Матвеева и др. [20] считают, что среди сеянцев 3–4-летнего возраста можно провести отбор быстрорастущих экземпляров по таким признакам, как высота и диаметр стволика. К быстрорастущим относятся те деревья, у которых показатель превышает средние значения на 2 σ и более. Быстрорастущие особи в этом возрасте закладывают 3 и более крупных верхушечных почек. Автор отмечает, что отбор у экземпляров кедра сибирского раннего семеношения целесообразно проводить по следующим коррелятивным признакам: фенологической форме, образованию двойных приростов побегов с мутовками на каждом приросте, густому охвоению. Коэффициенты корреляции между ранним репродуктивным развитием и данными показателями: $0,63 \pm 0,15$ — $0,88 \pm 0,06$.

Р.Н. Матвеевой и др. [20] в качестве элементов ранней диагностики хозяйственно ценных признаков предлагается использовать и ряд других показателей. Так, красная окраска гипокотилей кедра сибирского при появлении всходов коррелирует с лучшим ростом, повышенной приживаемостью саженцев, а в последующем — с большим содержанием кальция в кедровых семенах.

Отбор на декоративность (шаровидная форма) можно провести среди однолетних сеянцев, образовавших три и более мелких верхушечных почек. В 3–4-летнем возрасте диагностическими признаками, указывающими на быстроту роста, являются наибольшие показатели по диаметру стволика при редких посевах, по высоте — при загущенных посевах, образование не менее

двух крупных верхушечных почек. Высокой степенью генетической обусловленности характеризуется дата окончания роста в высоту или наличие вторичного прироста, отбор по этому признаку.

При изучении динамики роста кедров сибирского разных отселектированных групп установлено, что растения 10-летнего возраста многосемядольной формы в большей степени превосходили малосемядольные в сравнении с 25-летними. Экземпляры, имеющие первичную длинную хвою, раньше вступали в репродуктивную фазу, отличались регулярным формированием урожая. Одним из признаков ранней диагностики может служить отклонение в фенологическом развитии генеративных почек. По данным Р.Н. Матвеевой, О.Ф. Буторовой [20], растения поздней формы отличаются ранним семеношением, а для ранних форм характерна быстрота роста.

Однако остается дискуссионным и вопрос об уровне полиморфности в насаждениях, создаваемых отобранными семьями, клонами, как залого устойчивости таких фитоценозов в будущем.

Цель работы — оценка изменчивости по росту полусибирского потомства сосны кедровой сибирской (*Pinus sibirica* Du Tour, кедров сибирский) в 19-летнем биологическом возрасте.

Материалы и методы исследования / Materials and methods

Исследования проводили на территории Красноярского края. Объект исследований — полусибирское потомство кедров сибирского репродукции 2004 г., высаженное в опытные культуры учебно-опытного лесхоза Сибирского государственного университета науки и технологий им. академика М.Ф. Решетнева (СибГУ им. М.Ф. Решетнева) в 2010 г.

Данная территория согласно лесорастительному районированию относится к Среднесибирскому подтаежно-лесостепному району. В данных условиях среднегодовая температура близка к 0 °С. Наиболее жарким летним месяцем является июль, самыми холодными — январь и февраль к нему по среднемесячной температуре декабрь. Среднегодовое количество осадков несколько возросло в последние годы. Максимальное количество осадков приходится на июнь — август, что составляет 42% годового количества.

Количество осадков и их распределение по месяцам — вполне достаточно для роста и развития растительности. Появление снежного покрова приходится на начало октября, в отдельные годы снег выпадает в сентябре. К концу октября образуется устойчивый снежный покров, который держится до начала апреля; полный сход снега наблюдается в конце апреля — начале мая. Наиболее глубокий снег держится в феврале и марте. Таяние снежного покрова сравнительно быстрое (в течение одного месяца) и зависит в значительной степени от рельефа местности.

Продолжительность вегетационного периода составляет 153 дня (с 2 мая по 3 октября), а безморозного периода — в среднем 117 дней с колебаниями в разные годы от 102 до 146 дней. Последние заморозки весной приходятся на 26 мая с колебаниями в отдельные годы от 12 мая до 6 июня, а первые — в среднем на 21 сентября, самые ранние — на 10 сентября, самые поздние — на 6 октября.

Преобладающие ветры во все времена года юго-западного направления, они же имеют и наибольшую скорость. В целом климат местности резко

континентальный. Весна скоротечна, с резкими колебаниями температур. Лето умеренно теплое с достаточным увлажнением, теплыми днями и холодными ночами. Безморозный период короткий. Климат благоприятен для произрастания таких древесных и кустарниковых пород, как сосны, лиственницы, ели, пихты, кедров, березы, осины, спиреи, рябины, жимолости, что подтверждает наличие значительных площадей насаждений 1–2 классов бонитета основных лесообразующих пород.

В данных условиях были созданы опытные культуры полусибирского потомства, полученного от свободного опыления материнских растений разного географического происхождения и форм, произрастающих на разных плантациях в тех же условиях.

Плантационные культуры, в которых заготавливались семена для выращивания полусибирского потомства, представлены тремя участками: «Известковая-1», «Известковая-2», «Метеостанция». На плантациях «Известковая-1» и «Метеостанция» материнские растения отличаются разным географическим происхождением: алтайское (урочища Атушкен, Курли, Туштуезень), бирюсинское, танзыбейское, шумихинское, ярцевское (Красноярский край), ленинское (Республика Казахстан), черемховское (Иркутская обл.), читинское (Забайкальский край), тисульское (Кемеровская обл.) (табл. 1).

В плантационных культурах «Известковая-2» материнские растения принадлежат к разным морфологическим формам, выделенным в 1,3-летнем возрасте по числу верхушечных почек от одной до четырех, длине семядолей (длинная — ДПХ, короткая — КПХ), числу семядолей (от 10 до 14 шт.), форме семядолей (прямая — ПС, серповидная — СС), категории крупности (средние по высоте и диаметру, превышающие средние показатели и ниже средних), фенологической формой (ранние (НП) и поздние (ПП) — плантация «Известковая-2»). Биологический возраст материнских растений, отличавшихся разным географическим происхождением, составил 40 лет, форм — 25 лет.

Полусибирские выращивались в посевном отделении дендрария СибГУ им. М.Ф. Решетнева. Посев семян

Таблица 1. Характеристика места сбора семян, использованных для создания плантационных культур

Table 1. Characteristics of the seed collection site used to create plantation crops

Происхождение семян	Место сбора семян			
	республика (край, область)	широта	долгота	высота над уровнем моря, м
Плантация «Известковая-1»				
Алтайское, урочище Курли (Ку)	Алтай	51°50 ¹	86°54 ¹	700
Бирюсинское (Би)	Красноярский	56°00	92°30 ¹	300
Танзыбейское (Та)	Красноярский	53°30 ¹	92°25 ¹	500
Шумихинское (Шу)	Красноярский	56°00	92°40	500
Черемховское (Че)	Иркутская	53°00	102°36 ¹	960
Читинское (Чи)	Забайкальский край			
Плантация «Метеостанция»				
Алтайское, урочище Атушкен (секция 5)	Алтай	51°45 ¹	86°40 ¹	700
Лениногорское (секция 4)	Казахстан	50°12	85°33 ¹	1700
Тисульское (секция 9)	Кемеровская	55°50	88°24	800
Ярцевское (секция 6)	Красноярский	61°00 ¹	90°00	100
Бирюсинское (секция 8)	Красноярский	56°00	92°40	500

осуществлялся осенью в широкие строки с расстоянием между центрами 25 см. После посева проведено мульчирование с целью сохранения влаги в почве и для избежания образования корки на ее поверхности. В дальнейшем в течение лета проводилась прополка сорняков.

На постоянное место полусибсы высаживали весной 2010 г. в борозды по отрезкам — по 3 растения в отрезке с шагом посадки 1 м, расстояние между центрами — 3 м. Каждая семья размещалась на территории опытного поля в нескольких проворностях (2–4 шт.) рендомизированно, за исключением семей с единичным количеством семян.

Категория земель, отведенных под опытные культуры, — сенокос. Площадь — 1,0 га.

Подготовка почвы осуществлялась бороздами с расстоянием между ними 3,0 м. После в течение лета проводилась прополка сорняков.

В работе применяли общепринятые в лесном хозяйстве методики¹: высоту дерева измеряли от поверхности земли до основания верхушечной почки с помощью рулетки; диаметр стволика на высоте 5 см от поверхности земли — штангенциркулем [19].

Статистическая обработка материалов исследований проведена согласно общепринятым методикам вариационной статистики Г.Ф. Лакин (1990 г.)² с помощью программного пакета анализа данных Microsoft Excel (США).

Для оценки достоверности различий между показателями животных опытных групп использовали t-критерий Стьюдента.

Исследования проведены в 2014 г. и 2023 г.

Экспериментальные данные были статистически обработаны с применением программы IBM SPSS Statistics (США). Для подтверждения различий по высоте и диаметру стволика между полусибсовым потомством был использован однофакторный дисперсионный анализ. Индексная оценка реакции признаков семей от свободного опыления проводилась по методике В.М. Роне³, использованная С.В. Ребко при анализе гибридного потомства сосны обыкновенной [10].

Результаты и обсуждение / Results and discussion

Рост полусибсового потомства кедра сибирского отличается высоким уровнем вариативности в зависимости от комбинации генотипов материнских растений, представленных на участках плантационных культур. Важно отметить, что на 13-й год после их высадки на постоянное место продолжается фаза интенсивного роста в высоту изучаемых полусибсов. При этом наблюдается процесс дифференциации растений по интенсивности роста в высоту и по диаметру стволика, на что указывают высокие уровни коэффициентов изменчивости. Так, высота растений варьировала от 0,5 до 5,21 м, диаметр стволика — от 1,16 до 9,12 см, средний прирост — от 2,7 до 27,4 см.

Замедленным ростом полусибсового потомства отличаются растения из коллекции климатипов, собранных на участке «Метеостанция», что, возможно, связано с влиянием северного генотипа (ярцевского), который произрастает только здесь и по розе ветров не может переопылить коллекцию участка «Известковый» (табл. 2).

Таблица 2. Показатели 19-летнего полусибсового потомства
Table 2. Indicators of 19-year-old half-sib offspring

Показатель	М	±m	±σ	V, %	min	max
Плантация «Известковая-1»						
Высота, м	2,57	0,072	0,920	35,8	0,65	5,21
Диаметр стволика, см	4,55	0,141	1,808	39,8	1,16	9,12
Средний прирост по высоте, см	13,50	0,38	4,84	35,8	3,40	27,40
Плантация «Известковая-2»						
Высота, м	2,17	0,123	0,810	37,3	0,50	4,27
Диаметр стволика, см	4,18	0,237	1,556	37,2	1,17	8,04
Средний прирост по высоте, см	11,4	0,65	4,26	37,3	2,70	22,50
Плантация «Метеостанция»						
Высота, см	2,15	0,069	0,725	33,8	0,80	3,76
Диаметр стволика, см	3,94	0,148	1,546	39,2	1,36	8,02
Средний прирост по высоте, см	11,30	0,36	3,82	33,8	4,20	19,80

Различие между участками «Известковая-1» и «Известковая-2» заключается прежде всего в том, что на втором произрастают материнские деревья одного бирюсинского происхождения, но более молодого возраста. Средние показатели высоты, диаметра стволика и среднего прироста участка «Известковый-2» уступают первому, что можно отчасти объяснить меньшим генотипическим разнообразием материнских деревьев, которые дали урожай. Достоверность различий по высоте и диаметру стволика у корневой шейки между семенным потомством, чьи материнские деревья произрастают на разных участках плантационных культур, подтверждается результатами дисперсионного анализа.

Как видно из представленных результатов, полученная значимость больше принятой, равной 0,05 (табл. 3).

Сумма квадратов внутри групп показывает, что значительное влияние на высоту и диаметр у корневой шейки имеет не только место происхождения материнских растений, но и внешние факторы.

Сравнение по росту семенного потомства от свободного опыления материнских растений показало, что и во втором поколении сохраняется высокая скорость роста семей алтайского, черемховского, тисульского и местного (бирюсинского) происхождения.

Слабое проявление признака материнских растений наблюдается у полусибсов ленинградского происхождения. Ранее проведенные исследования за ростом материнских деревьев показали, что лучшими по высоте, диаметру ствола на высоте 1,3 м были растения алтайского, танзыбейского, бирюсинского (местного)

Таблица 3. Дисперсионный анализ по высоте и диаметру стволика полусибсового потомства кедра сибирского
Table 3. Analysis of variance for the height and diameter of the stem of half-sibs progeny of Pinus sibirica

Показатель	Сумма квадратов	Степень свободы	Средний квадрат	F	Значимость
Высота, см					
Между группами	12,900	2	6,450	8,994	0,000
Внутри групп	225,181	314	0,717		
Всего	238,081	316			
Диаметр стволика, см					
Между группами	22,779	2	11,389	3,964	0,020
Внутри групп	902,160	314	2,873		
Всего	924,939	316			

Примечание: уровень значимости $p = 0,05$.

¹ Огиевский В.В., Хиров А.А. Обследование и исследование лесных культур. Л.: Ленинградская ордена Ленина ЛТА им. С.М. Кирова. 1967: 49.

² Лакин Г.Ф. Биометрия: учеб. пособие для биол. спецвузов. 4-е изд., перераб. и доп. М.: Высшая школа. 1990: 352.

³ Роне В.М. и др. Индекс селекционной оценки потомств. Методические рекомендации и указания для лесного хозяйства: сборник научных трудов / Государственный комитет лесного хозяйства Совмина СССР, Литовский НИИ лесного хозяйства, Латвийский НИИ лесохозяйственных проблем, Эстонский НИИ лесного хозяйства и охраны природы, БелНИИЛХ; под ред. Л.А. Кайрюкшиса (пред.) и др. Вильнюс: Мокслас. 1979; IV: 14–16.

Таблица 4. Показатели полусибисового потомства кедров сибирского в зависимости от географического происхождения материнских деревьев

Table 4. Indicators of half-sib offspring of *Pinus sibirica* depending on the geographical origin of the mother trees

Происхождение семьи	M	± m	± σ	V, %	t_{05} при $t_{05} = 2,04$
Высота, м					
<i>Плантация «Известковая»</i>					
Алтайское, ур. Курли	2,79	0,141	1,022	36,7	0,80
Танзыйское	2,54	0,141	0,881	34,7	0,25
Шумихинское (ед. семьи)	2,62	0,195	0,781	29,8	0,01
Черемховское	2,65	0,164	0,838	31,6	0,20
Читинское (ед. семьи)	1,64	0,150	0,635	38,8	3,95
Бирюсинское (ед. семьи)	2,60	0,191	0,741	28,5	–
<i>Плантация «Метеостанция»</i>					
Алтайское, ур. Атушкен	2,22	0,188	0,820	37,0	1,14
Ленинское (ед. семьи)	1,76	0,127	0,583	33,1	4,18
Тисульское (ед. семьи)	2,38	0,405	0,573	24,1	0,21
Ярцевское	2,25	0,117	0,853	38,0	1,35
Бирюсинское (ед. семьи)	2,47	0,113	0,564	22,8	–
Диаметр стволика, см					
<i>Плантация «Известковая»</i>					
Алтайское, ур. Курли	4,75	0,261	1,888	39,7	0,60
Танзыйское	4,36	0,269	1,681	38,5	0,15
Шумихинское (ед. семьи)	5,16	0,506	2,025	39,2	1,07
Черемховское	4,90	0,362	1,845	37,6	0,81
Читинское	3,03	0,245	1,040	34,3	2,79
Бирюсинское (ед. семьи)	4,44	0,442	1,713	38,5	–
<i>Плантация «Метеостанция»</i>					
Алтайское, ур. Атушкен	3,70	0,355	1,546	41,7	2,26
Ленинское (ед. семьи)	3,03	0,245	1,040	34,3	4,83
Тисульское (ед. семьи)	3,75	1,005	1,421	37,8	0,88
Ярцевское	4,16	0,242	1,622	42,4	1,49
Бирюсинское (ед. семьи)	4,66	0,232	1,163	25,0	–

происхождений. Отставали в росте деревья ярцевского и ленинского происхождения. В семенном потомстве репродукции 2005 г. выявлено влияние географического происхождения материнских популяций на длину семян, высоту сеянцев. Как и в полусибисовом потомстве 2004 г., наибольшей высотой, длиной семян отличались сеянцы алтайского, танзыйского происхождения, числом семян — черемховского и ленинского [19].

Интересно проявление признака северной популяции (ярцевской): в семенном потомстве при сочетании разных генов рост в высоту и по диаметру стволика значительно отличается от бирюсинского варианта (табл. 4).

Однако исходно материнские растения ярцевского происхождения в плантационных культурах проявляют замедленный рост.

Для оценки комбинационной способности материнских растений были выбраны отдельные семьи, отличающиеся разной скоростью роста. Для учета возрастных изменений была выбрана методика индексной оценки потомства и взяты данные по высоте полусибисов в 10- и 19-летнем биологическом возрасте.

Данные периоды соответствуют разным фазам развития опытных культур — фазе приживаемости и фазе

Таблица 5. Индексная оценка по высоте семей материнских деревьев разного географического происхождения 19-летнего возраста

Table 5. Index assessment of the height of families of mother trees of different geographical origins of 19 years of age

Номер семьи	Высота по возрастам, см		Диаметр стволика, см	Ранг J
	10 лет	19 лет		
Плантация «Известковая-1»				
Та-9	0,35	2,89	5,42	5
Та-19	0,39	3,09	4,68	4
Та-24	0,31	2,77	4,45	6
Та-76	0,26	1,47	2,19	14
Та-85	0,28	1,32	1,84	15
Би-6	0,33	2,43	3,81	9
Би-59	0,43	2,63	4,31	7
Ку-39	0,37	3,25	5,95	2
Ку-83	0,34	1,93	3,08	13
Ку-101	0,36	2,40	4,07	11
Ку-155	0,31	3,13	4,95	3
Че-54	0,39	2,24	3,92	12
Че-57	0,29	2,41	4,49	10
Че-58	0,59	3,38	6,35	1
Шу-11	0,39	2,63	5,16	8
Плантация «Метеостанция»				
4-24	0,27	1,76	3,19	10
4-73	0,26	1,82	3,71	9
4-127	0,22	1,56	2,92	12
5-9	0,12	1,60	3,28	11
5-35	0,33	3,05	4,17	3
5-53	0,56	3,17	5,36	2
5-143	0,54	3,76	8,02	1
6-13	0,30	2,73	5,31	4
6-23	0,26	2,13	3,99	7
6-36	0,26	2,79	4,50	5
8-10	0,41	2,60	4,77	6
9-80	0,39	1,97	2,75	8

интенсивного роста. Индексная оценка полусибисового потомства показала, что высокой ОКС отличаются семьи материнского дерева Че-58 (черемховское происхождение), алтайского Ку-39, Ку-155, 5-35, 5-53, 5-143, ярцевского 6-13, 6-36 (табл. 5).

Учитывая, что этап индивидуального роста в опытных культурах еще продолжается, полученные результаты следует рассматривать как промежуточные.

Выводы/Conclusions

Таким образом, проведенные исследования показали проявление высокой полиморфности по скорости роста полусибисового потомства.

Полусибисы материнских деревьев алтайского, черемховского, тисульского, бирюсинского климатипов отличаются высокой скоростью роста.

Отмечено, что при свободном опылении деревьев северной популяции (ярцевской) в полусибисовом потомстве проявилась высокая скорость роста, в отличие от их материнских растений (низкорослых).

Применение индексной оценки потомства позволило установить достоверно высокую общую комбинационную способность у ряда семей выделенных климатипов.

Автор несет ответственность за работу и представленные данные.
The author is responsible for the work and the submitted data.
The author is responsible for plagiarism.
The author declared no conflict of interest.

ФИНАНСИРОВАНИЕ

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

FUNDING

The research was carried out within the framework of state task No. FEFE-2024-0013 commissioned by the Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation by the staff of the scientific laboratory "Selection of woody plants" on the topic "Breeding and genetic foundations for the formation of target plantations and rational use of wood resources of the Krasnoyarsk Territory (Yenisei Siberia)".

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Видякин А.И. Эффективность плюсовой селекции древесных растений. *Хвойные бореальной зоны*. 2010; 27(1–2): 18–24. <https://www.elibrary.ru/nejqar>
2. Раевский Б.В., Куклина К.К., Щурова М.Л. Селекционно-генетическая оценка плюсовых деревьев сосны обыкновенной в Карелии. *Труды Карельского научного центра РАН*. 2020; (3): 45–59. <https://doi.org/10.17076/eb1163>
3. Царев А.П., Лаур Н.В. Испытательные культуры *Pinus sylvestris* в Республике Карелия. *Труды Кубанского государственного аграрного университета*. 2020; 85: 266–272. <https://doi.org/10.21515/1999-1703-85-266-272>
4. Титов Е.В. Платационное лесовыращивание кедровых сосен. Воронеж: Воронежская государственная лесотехническая академия. 2004; 165. <https://www.elibrary.ru/rewhbn>
5. Рогозин М.В. Общая комбинационная способность *Pinus sylvestris* L. на семенных участках. *Сибирский лесной журнал*. 2014; (2): 53–61. <https://www.elibrary.ru/smhfvw>
6. Бессчетнова Н.Н. Оценка эффективности отбора плюсовых деревьев сосны обыкновенной в испытательных культурах в Нижегородской области. *Лесной вестник*. 2009; (2): 31–36. <https://www.elibrary.ru/knpnmxl>
7. Егоров М.Н. Испытание потомств как одна из ключевых проблем в генетике и селекции древесных пород (на примере *Pinus sylvestris* L.). *Лесной вестник*. 2002; (5): 37–45. <https://www.elibrary.ru/hvyosz>
8. Бессчетнов В.П., Бессчетнова Н.Н., Горелов А.Н. Индекс неидентичности в сравнительной оценке плюсовых деревьев сосны обыкновенной в архивах клонов в Нижегородской области. *Сельские территории — основа развития страны: современное состояние, проблемы и перспективы. Материалы Всероссийской (национальной) научно-практической конференции научно-педагогических работников и молодых ученых*. Нижний Новгород: Нижегородская государственная сельскохозяйственная академия. 2022; 20–26. <https://www.elibrary.ru/bfneul>
9. Бондаренко А.С., Жигунов А.В. Оптимальный возраст оценки генетических свойств плюсовых деревьев в испытательных культурах ели европейской. *Лесоведение*. 2020; (5): 442–450. <https://doi.org/10.31857/S0024114820040038>
10. Ребко С.В. Оценка гибридного потомства сосны обыкновенной с использованием селекционных индексов. *Проблемы лесоведения и лесоводства. Сборник научных трудов*. Гомель: Институт леса Национальной академии наук Беларуси. 2009; 69: 268–275. <https://www.elibrary.ru/gajuwj>
11. Крекова Я.А., Чеботко Н.К. Рост полусибисовых потомств сосны обыкновенной в испытательных культурах северного Казахстана. *3i: intellect, idea, innovation — интеллект, идея, инновация*. 2023; (4): 78–85. https://doi.org/10.52269/22266070_2023_4_78
12. Ильинов А.А., Раевский Б.В. Генетическое разнообразие деревьев сосны обыкновенной *Pinus sylvestris* L. Различных селекционных категорий в плюсовых насаждениях Карелии. *Экологическая генетика*. 2021; 19(1): 23–35. <https://doi.org/10.17816/ecogen50176>
13. Игнатенко Р.В., Ершова М.А., Галибина Н.А., Раевский Б.В. Цитогенетическая характеристика семенного потомства клонов плюсовых деревьев сосны обыкновенной в Карелии. *Известия высших учебных заведений. Лесной журнал*. 2022; (1): 9–22. <https://doi.org/10.37482/0536-1036-2022-1-9-22>
14. Матвеева Р.Н., Буторова О.Ф., Щерба Ю.Е., Комарницкий В.В., Иванов В.С., Гришлов Д.А. Влияние географического происхождения на рост сосны кедровой сибирской во втором поколении. *Хвойные бореальной зоны*. 2019; 37(6): 426–431. <https://www.elibrary.ru/lspfan>
15. Шеверножук Р.Г., Королева Н.Б., Бытченко Н.В. Рост полусибисовых потомств сосны обыкновенной в испытательных культурах. *Генетическая оценка исходного материала в лесной селекции. Сборник научных трудов*. Воронеж: Научно-исследовательский институт лесной генетики и селекции. 2000; 50–58. <https://www.elibrary.ru/tsksoz>
16. Матвеева Р.Н., Буторова О.Ф., Братилова Н.П., Соколова Е.Ю., Щерба Ю.Е. Рациональное использование генофонда сосны кедровой сибирской путем создания плантаций потомства разных популяций. *Современное садоводство*. 2015; (1): 79–86. <https://www.elibrary.ru/tpybrx>
17. Ильичев Ю.Н. Перспектива качественного отбора деревьев кедра сибирского в горных условиях. *Хвойные бореальной зоны*. 2010; 27(1–2): 83–86. <https://www.elibrary.ru/nejqfh>
18. Данченко А.М., Кабанов С.А. Оценка роста полусибисового потомства сосны кедровой сибирской в открытом грунте и теплице. *Хвойные бореальной зоны*. 2007; 24(2–3): 174–178. <https://www.elibrary.ru/juikcz>
19. Братилова Н.П., Матвеева Р.Н., Орешенко С.А., Пастухова А.М. Изменчивость и отбор 42–45-летних деревьев сосны кедровой сибирской разного географического происхождения (зеленая зона г. Красноярск). Красноярск: Сибирский государственный технологический университет. 2013; 133. ISBN 978-8173-0571-5
20. Матвеева Р.Н., Буторова О.Ф. Генетика, селекция, семеноводство кедра сибирского. Красноярск: Сибирский государственный технологический университет. 2000; 242. ISBN 5-8173-0009-5

REFERENCES

1. Vidyakin A.I. Efficiency of plus selection of trees. *Conifers of the boreal area*. 2010; 27(1–2): 18–24 (in Russian). <https://www.elibrary.ru/nejqar>
2. Raevsky B.V., Kuklina K.K., Shchurova M.L. Genetic and breeding assessment of Scots pine plus trees in Karelia. *Transactions of the Karelian Research Centre of the Russian Academy of Sciences*. 2020; (3): 45–59 (in Russian). <https://doi.org/10.17076/eb1163>
3. Tsarev A.P., Laur N.V. Test plantations of *Pinus sylvestris* in Karelia Republic. *Proceedings of the Kuban State Agrarian University*. 2020; 85: 266–272 (in Russian). <https://doi.org/10.21515/1999-1703-85-266-272>
4. Titov E.V. Plantation reforestation of cedar pines Voronezh: *Voronezh State Academy of Forestry and Technologies*. 2004; 165 (in Russian). <https://www.elibrary.ru/rewhbn>
5. Rogozin M.V. General combination ability of common pine (*Pinus sylvestris* L.) on seminal gardens. *Siberian journal of forest science*. 2014; (2): 53–61 (in Russian). <https://www.elibrary.ru/smhfvw>
6. Besschetnova N.N. Assessment of the effectiveness of selection of *Pinus sylvestris* L. in test crops in the Nizhny Novgorod region. *Forestry bulletin*. 2009; (2): 31–36 (in Russian). <https://www.elibrary.ru/knpnmxl>
7. Egorov M.N. Testing of offspring as one of the key problems in genetics and selection of tree species (on the example of *Pinus sylvestris* L.). *Forestry bulletin*. 2002; (5): 37–45 (in Russian). <https://www.elibrary.ru/hvyosz>
8. Besschetnov V.P., Besschetnova N.N., Gorelov A.N. Non-identity index in the comparative assessment of plus *Pinus sylvestris* L. trees in clone archives in the Nizhny Novgorod region. *Rural areas are the basis for the country's development: current state, problems and prospects. Proceedings of the All-Russian (national) scientific and practical conference of scientific and pedagogical workers and young scientists*. Nizhny Novgorod: Nizhny Novgorod State Agricultural Academy. 2022; 20–26 (in Russian). <https://www.elibrary.ru/bfneul>
9. Bondarenko A.S., Zhigunov A.V. Optimal age of the elite trees' genetic properties assessment in test cultures of a Norway spruce. *Russian Journal of Forest Science*. 2020; (5): 442–450 (in Russian). <https://doi.org/10.31857/S0024114820040038>
10. Rebko S.V. Evaluation of hybrid offspring of Scots pine using breeding indices. *Problems of forestry and forestry. Collection of scientific papers*. Gomel: Institute of Forest of the National Academy of Sciences of Belarus. 2009; 69: 268–275 (in Russian). <https://www.elibrary.ru/gajuwj>
11. Krekova Ya.A., Chebotko N.K. The growth of semi-siberian offspring of scots pine in test crops of northern Kazakhstan. *3i: intellect, idea, innovation*. 2023; (4): 78–85 (in Russian). https://doi.org/10.52269/22266070_2023_4_78
12. Ilyin A.A., Raevsky B.V. Genetic diversity of Scots pine trees of different selection categories in plus stands of Karelia. *Ecological genetics*. 2021; 19(1): 23–35 (in Russian). <https://doi.org/10.17816/ecogen50176>
13. Ignatenko R.V., Ershova M.A., Galibina N.A., Raevsky B.V. Cytogenetic characteristics of seed progeny of Scots pine plus tree clones in Karelia. *Bulletin of Higher Educational Institutions. Forestry journal*. 2022; (1): 9–22 (in Russian). <https://doi.org/10.37482/0536-1036-2022-1-9-22>
14. Matveeva R.N., Butorova O.F., Shcherba Iu.E., Komarnitsky V.V., Ivanov V.S., Grishlov D.A. Influence of geographic origin on the growth of *Pinus sibirica* du tour in the second generation. *Conifers of the boreal area*. 2019; 37(6): 426–431 (in Russian). <https://www.elibrary.ru/lspfan>
15. Shevernozhuik R.G., Koroleva N.B., Bytchenko N.V. Growth of half-sib offspring of *Pinus sylvestris* L. in test crops. *Genetic assessment of source material in forest selection. Collected scientific works*. Voronezh: Scientific Research Institute of Forest Genetics and Breeding. 2000; 50–58 (in Russian). <https://www.elibrary.ru/tsksoz>
16. Matveeva R.N., Butorova O.F., Bratiloova N.P., Sokolova E.Yu., Shcherba Yu.E. The rational use of the Siberian cedar pine gene pool for creating plantations by offspring of different populations. *Contemporary horticulture*. 2015; (1): 79–86 (in Russian). <https://www.elibrary.ru/tpybrx>
17. Ilyichev Yu.N. The prospects of selection of *Pinus sibirica* plus trees. *Conifers of the boreal area*. 2010; 27(1–2): 83–86 (in Russian). <https://www.elibrary.ru/nejqfh>
18. Danchenko A.M., Kabanov S.A. Assessment of the growth of half-sib offspring of *Pinus sibirica* in open ground and greenhouse. *Conifers of the boreal area*. 2007; 24(2–3): 174–178 (in Russian). <https://www.elibrary.ru/juikcz>
19. Bratiloova N.P., Matveeva R.N., Oreshenko S.A., Pastukhova A.M. Variability and selection of 42–45-year-old *Pinus sibirica* trees of different geographical origin (green zone of Krasnoyarsk). Krasnoyarsk: *Siberian State Technological University*. 2013; 133 (in Russian). ISBN 978-8173-0571-5
20. Matveeva R.N., Butorova O.F. Genetics, breeding, seed production of *Pinus sibirica*. Krasnoyarsk: *Siberian State Technological University*. 2000; 242 (in Russian). ISBN 5-8173-0009-5

ОБ АВТОРАХ**Альбина Михайловна Пастухова**

кандидат сельскохозяйственных наук

albinp@yandex.ru

<https://orcid.org/0000-0003-0024-9925>

Сибирский государственный университет науки и технологий
имени академика М.Ф. Решетнева
пр-т. Красноярский рабочий, 31, Красноярск, 660037, Россия

ABOUT THE AUTHORS**Albina Mikhailovna Pastukhova**

Candidate of Agricultural Sciences

albinp@yandex.ru

<https://orcid.org/0000-0003-0024-9925>

Reshetnev Siberian State University of Science
and Technology
31 Krasnoyarskiy rabochiy prospekt, Krasnoyarsk, 660037, Russia



Подпишитесь на Telegram канал ИД «Аграрная наука»



Ежедневно вы будете получать
свежие новости АПК
и сельского хозяйства,
анонсы отраслевых событий,
знакомиться с результатами
научных исследований,
репортажами и интервью.



Оформите подписку на информационные e-mail рассылки



Дважды в неделю на ваш e-mail ящик
будут приходить уведомления
о топовых событиях АПК,
аналитика, прогнозы,
приглашения на выставки
и конференции.

**Через наши рассылки вы можете познакомиться
со своими товарами и услугами
потенциальных клиентов.**

Связаться с редакцией:

**Тел. +7 (495) 777 67 67
(доб. 1453)**

agrovetpress@inbox.ru