

Оригинальная статья

DOI: <https://doi.org/10.34220/issn.2222-7962/2023.1/7>

УДК 630.181.2:582.475



Изменчивость репродуктивного развития полусибов плюсовых деревьев *Pinus sibirica* Du Tour

Римма Н. Матвеева, matveevrn@yandex.ru 0000-0002-3476-9622

Юлия Е. Щерба, shcherba@mail.ru 0000-0002-8437-4274

Наталья А. Шенмайер , schenmaier@yandex.ru 0000-0001-8879-4412

ФГБОУ ВО «Сибирский государственный университет науки и технологий имени акад. М.Ф. Решетнева», просп. им. газеты «Красноярский рабочий», 31, г. Красноярск, 660037, Российская Федерация

Выделение плюсовых деревьев *Pinus sibirica* Du Tour по семенной продуктивности, отбор и размножение полусибов, отличающихся обилием шишек и пыльцы, служат основой для создания высокоурожайных плантаций целевого назначения. Целью исследований явилось выделить семьи, где наблюдается большой процент деревьев раннего репродуктивного развития и экземпляры с наибольшим содержанием шишек и побегов с мужскими соцветиями, отселектировать экземпляры в разных семьях плюсовых деревьев по раннему репродуктивному развитию с учётом образования шишек и пыльцы. Предметом исследования явилось семенное потомство плюсовых деревьев в 31-35-летнем биологическом возрасте, выращиваемое на территории дендрария СибГУ им. М.Ф. Решетнева, участок «Продолжение геошколы» (55°58' с.ш., 92°37' в.д., 287 м НУМ). Первоначально среди аттестованных плюсовых деревьев по семенной продуктивности были отобраны для размножения пять плюсовых деревьев, произрастающих в Иркутской (60/24) и Новосибирской области (98/62, 102/66, 106/70 и 110/74). Условия произрастания и показатели деревьев приведены из паспортов, составленных комиссией при их аттестации. С этих деревьев были собраны шишки, проведен посев семян, выращен посадочный материал, который пересажен на участок дендрария СибГУ. В 2018, 2021 и 2022 гг. у полусибов раннего репродуктивного развития определяли количество шишек, микростробиллов с использованием бинокля. Отмечается *изменчивость проявления раннего репродуктивного развития полусибов по образованию шишек как между семьями плюсовых деревьев (от 7,8 до 25,3 шт.), так и внутри семей (60/24 – 2-22 шт.; 98/62 – 2-115 шт.; 102/66 – 4-45 шт.; 106/70 – 1-54 шт.; 110/74 – 1-15 шт.). Отбор экземпляров по крупности шишек не проводился. Некоторые экземпляры образовали и шишки, и пыльцу: 82-7, 85-10 и 87-13 в семье плюсового дерева 60/24; 72-11, 79-2, 79-3, 79-4, 79-8, 80-3, 81-4, 85-22 (семья 98/62); 83-1, 83-6, 83-9, 84-2, 84-4, 86-9, 86-11 (семья 102/66); 78-3, 78-9, 81-8, 81-9, 81-10, 85-19 (семья 106/70); 79-9, 84-12, 86-5 (семья 110/74). Данные экземпляры представляют селекционную ценность и могут найти широкое применение при их вегетативном размножении и создании высокоурожайных плантаций раннего репродуктивного развития.*

Ключевые слова: *сосна кедровая сибирская (Pinus sibirica Du Tour), полусибовы плюсовых деревьев, изменчивость, отбор, раннее репродуктивное развитие*

Финансирование: данное исследование не получало внешнего финансирования.

Благодарности: авторы благодарят рецензентов за вклад в экспертную оценку статьи.


Конфликт интересов: авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.


Для цитирования: Матвеева Р. Н. Изменчивость репродуктивного развития полусибов плюсовых деревьев *Pinus sibirica* Du Tour / Р. Н. Матвеева, Ю. Е. Щерба, Н. А. Шенмайер // Лесотехнический журнал. – 2023. – Т. 13. – № 1 (49). – С. 99–111. – Библиогр.: с. 107–110 (20 назв.). – DOI: <https://doi.org/10.34220/issn.2222-7962/2023.1/7>.

Поступила 05.12.2022. *Пересмотрена* 19.04.2023. *Принята:* 21.04.2023. *Опубликована онлайн:* 15.05.2023.

Article

Variability of reproductive development of half-sibs of *Pinus Sibirica* Du Tour

Rimma N. Matveeva, matveevrn@yandex.ru  0000-0002-3476-9622

Iuliia E. Shcherba, shcherba@mail.ru  0000-0002-8437-4274

Natalya A. Schenmaier , schenmaier@yandex.ru  0000-0001-8879-44-12

Reshetnev Siberian State University of Science and Technology, Imeni gazety "Krasnoyarskiy rabochiy" Ave., 31, Krasnoyarsk, 660037, Russian Federation

Abstract

Selection of *Pinus sibirica* Du Tour plus trees by seed productivity, breeding of half-sibs, characterized by an abundance of cones and pollen, serve as the basis for the creation of high-yielding target plantations. The aim of the research was to select families with a large percentage of early reproductive development's trees, and specimens with a lot of cones and shoots with male inflorescences. Also, to select specimens in different families of *Pinus sibirica* Du Tour plus trees by early reproductive development, taking into account the formation of cones and pollen. The subject of the study was the seed progeny of *Pinus sibirica* Du Tour trees at biological age of 31-35 years, grown on the territory of the arboretum of Reshetnev University, the site «Prodolzhenie geoshkoly» (55°58'N, 92°37'E, 287 meters above sea level). Initially, five plus trees growing in Irkutsk (60/24) and Novosibirsk regions (98/62, 102/66, 106/70 and 110/74) for reproduction among certified plus trees by seed productivity were selected. The growing conditions and indicators of plus trees from the certificate drawn up by the commission during their certification are given. Cones from these trees were collected, then seeds were sown and planting material was grown, which was transplanted to the site of the arboretum of Reshetnev University. In 2018, 2021 and 2022, the number of cones and microstrobiles in early reproductive development semis by using binoculars was determined. The variability by early reproductive development of half-sibs in the formation of cones both between families of plus trees (от 7,8 до 25,3 psc.), and within families (60/24 – 2-22 psc.; 98/62 – 2-115 psc.; 102/66 – 4-45 psc.; 106/70 – 1-54 psc.; 110/74 – 1-15 psc.) is noted. The selection of specimens by the size of the cones was not carried out. Some specimens formed both cones and pollen: 82-7, 85-10 and 87-13 in the family of the plus trees 60/24; 72-11, 79-2, 79-3, 79-4, 79-8, 80-3, 81-4, 85-22 (family 98/62); 83-1, 83-6, 83-9, 84-2, 84-4, 86-9, 86-1 (family 102/66); 78-3, 78-9, 81-8, 81-9, 81-10, 85-19 (family 106/70); 79-9, 84-12, 86-5 (family 110/74). Selected specimens have a huge value and can be widely used in their vegetative reproduction and the creation of high-yielding plantations of early reproductive development.

Keywords: *Pinus sibirica* Du Tour, half-sibs of plus trees, variability, selection, early reproductive development

Funding: This research received no external funding.

Acknowledgments: authors thank the reviewers for their contribution to the peer review.

Conflict of interest: the authors declare no conflict of interest.

For citation: Matveeva R. N., Shcherba Iu E., Schenmaier N. A. (2023). Variability of reproductive development of half-sibs of *Pinus sibirica* Du Tour. *Lesotekhnicheskii zhurnal* [Forestry Engineering journal], Vol. 13, No. 1 (49), pp. 99-111 (in Russian). DOI: <https://doi.org/10.34220/issn.2222-7962/2023.1/7>.

Received 05.12.2022. *Revised* 19.04.2023 *Accepted* 21.04.2023. *Published online* 15.05.2023

Введение

Сосна кедровая сибирская (*Pinus sibirica* Du Tour) является ценной древесной породой, отличающейся образованием кедровых орехов, содержащих комплекс необходимых для жизнедеятельности веществ, таких как белки, жиры, углеводы, аминокислоты, микроэлементы и др. [1-3].

О выращивании посадочного материала, создании лесных культур и лесосеменных плантаций *Pinus sibirica* DuTour имеется ряд научных публикаций: Е. В. Жигулин [4], А.А. Алейников и др. [5], М.Н. Казанцева, М.М. Спасибова [6], Р.Н. Матвеева, О.Ф. Буторова [7], Е.В. Titov [8], Ю.Е Щерба и др. [9], В.В. Нарзязев и др. [10].

В публикациях S. Velisevicha, A. Popova [11], О.В. Паркиной и др. [12], Г. В. Кузнецовой [13], R. S. Khamitova и др. [14], Т.С. Седелниковой и др. [15], С. Н. Горошкевича [16], N. Debkova [17], S.N. Goroshkevich и др. [18] исследовались аспекты, связанные с репродуктивной сферой *Pinus sibirica* Du Tour как в природных условиях, так и при искусственном выращивании (лесные культуры и плантации).

Создание урожайных лесосеменных плантаций с использованием потомств плюсовых деревьев, отобранных по семенной продуктивности, позволяет отселектировать генетически ценные экземпляры по данному показателю во втором поколении.

Цель исследований – повышение семенной продуктивности создаваемых плантаций с использованием отселектированных экземпляров раннего репродуктивного развития и обильного семеношения в семьях плюсовых деревьев.

Для достижения цели определили следующие задачи:

1. Выделить семьи, где наблюдается большой процент деревьев раннего репродуктивного

развития и экземпляры с наибольшим содержанием шишек и побегов с мужскими соцветиями.

2. Отселектировать экземпляры *Pinus sibirica* Du Tour в разных семьях плюсовых деревьев по раннему репродуктивному развитию с учетом образования шишек и пыльцы.

Материалы и методы

Предмет и объект исследований

Предмет исследования – семенное потомство плюсовых деревьев *Pinus sibirica* DuTour в 31-35-летнем биологическом возрасте, выращиваемое на территории дендрария СибГУ им. М.Ф. Решетнева, опытный участок «Продолжение геошколы» (55°58' с.ш., 92°37' в.д., 287 м НУМ). Характеристика материнских плюсовых деревьев на период сбора семян (осень 1987 г.) для создания опытного участка приведена в табл. 1. Возраст плюсовых деревьев составлял 120-140 лет. Наибольший процент превышения по высоте (26 %), диаметру ствола (54 %) в сравнении со средними значениями в насаждении был у плюсового дерева 60/24.

Объектом исследования явились показатели репродуктивного развития семенного потомства пяти плюсовых деревьев: количество шишек на дереве, на побеге (в пучке), побегов с мужскими соцветиями.

Дизайн эксперимента

Плюсовые деревья *Pinus sibirica* Du Tour были размножены посевом семян осенью 1987 г. Полусибы плюсовых деревьев в количестве 30 шт. каждой семьи были пересажены на участок «Продолжение геошколы» в дендрарии СибГУ им. М.Ф. Решетнева. Расстояние между посадочными местами составило 4×4 м. Наблюдения за репродуктивным развитием полусибов от плюсовых деревьев проводили в 2018, 2021 и 2022 годах.

У каждого полусиба в пяти семьях определяли следующие показатели:

Таблица 1

Возраст, высота и диаметр ствола материнских плюсовых деревьев *Pinus sibirica* Du Tour в сравнении со средними значениями в лесных насаждениях

Table 1

Age, height and trunk diameter of mother plus trees of *Pinus sibirica* Du Tour compared to forest stands averages

Номер плюсового дерева Plus tree number	Место произрастания Provenance	Возраст, лет Age, years	Высота Height		Диаметр ствола Trunk diameter	
			м m	% к $X_{\text{ср.}}$ в насаждении % to $X_{\text{av.}}$ in the planting	см cm	% к $X_{\text{ср.}}$ в насаждении % to $X_{\text{av.}}$ in the planting
60/24	Иркутская обл. Irkutsk region	130	24	126	40	154
98/62	Новосибирская обл. Novosibirsk region	140	19	105	65	125
102/66		120	20	111	52	100
106/70		120	20	111	55	105
110/74		140	21	116	67	129

Источник: паспорта, составленные комиссией при аттестации плюсовых деревьев

Source: certificate, drawn up by the commission during plus trees certification

– количество шишек на дереве,
– количество шишек на побеге (в пучке),
– количество побегов с мужскими соцветиями (микростробилами) с использованием бинокля, суммируя показатели с разных сторон дерева.

Анализ данных

Обработку экспериментальных данных проводили с использованием стандартного пакета Microsoft Office Excel 2016.

Ежемесячные показатели температуры и осадков за период наблюдений приведены в табл. 2. Наибольшее количество осадков выпало в 2021 г. (564 мм). Минимальная температура воздуха была в 2021 и в 2018 г.г. (-20,5 и -20,2 °C), максимальная – в 2018 и 2021 г.г. (19,8 и 19,6 °C). Искусственный полив на опытном участке не проводился. Количество деревьев, образовавших шишки, зависит в основном от их возраста. В 31-летнем возрасте урожайных деревьев было 4,8 %, в 34-летнем - 61,0 %, 35-летнем - 90,2 %. Изменчивость проявляется и по количеству шишек на дереве в одинаковых климатических условиях.

Результаты и обсуждение

Процент полусибов плюсовых деревьев *Pinus sibirica* Du Tour раннего репродуктивного раз-

вития, образовавших шишки и микростробилы в 2018, 2021 и 2022 гг. приведен в табл. 3.

Формирование шишек у экземпляров, вступивших в репродуктивную фазу развития в 2018 году, отмечено только у единичных полусибов в семье 102/66. В 2021 году этот показатель варьировал от 20,0 до 100,0 %, в 2022 г. – от 66,7 до 100,0 %. В 2021 г. наибольший процент деревьев с шишками был в семьях плюсового дерева 102/66, в 2022 г. – 98/62 и 110/74.

В 2018 г. в 31-летнем биологическом возрасте полусибы образовали микростробилы в семьях плюсовых деревьев 60/24, 98/62 и 102/66. Наибольший процент полусибов, образовавших пыльцу, отмечен в семье 102/66. Не образовали микростробилы полусибов в семьях 106/70 и 110/74. В 2021 году образование пыльцы отмечено у 63,6-75,0 % полусибов в разных семьях.

Образование шишек у полусибов разных семей приведено в табл. 4, сравнительный анализ – на рис. 1.

Образование шишек в 31-летнем возрасте (2018 г.) отмечено у полусибов 86-9, 84-2 в семье плюсового дерева 102/66. Экземпляр 86-9 отличался также образованием шишек в 2021 и 2022 гг. Суммарное количество шишек за 2018, 2021 и 2022 гг. составило 45 шт., что на 143,2 % больше в сравнении со средним значением по опыту. В 34-летнем воз-

расте изменчивость по количеству шишек у семеносящих деревьев была от 1 до 30 шт. (2021 г.). Наибольший показатель отмечен у полусиба 72-11 семьи плюсового дерева 98/62. В 35-летнем возрасте по количеству шишек лидировали полусибы 72-11 (семья 98/62), 81-8 (семья 106/70). Количество шишек за трехлетний период у полусибов, вступивших в фазу семеношения, в среднем по опыту составило 18,5 шт. Наибольший суммарный показатель был у полусиба 72-11 в семье плюсового дерева 98/62 (115 шт.); 81-8 плюсового дерева 106/70 (54 шт.); 86-9 (45 шт.) и 83-6 (43 шт.) семьи 102/66.

Кроме этого, выделены экземпляры, содержащие максимальное количество шишек «в пучке» (3 шт.). К ним отнесены 82-7, 87-13 (семья 60/24); 72-11, 72-19 (семья 98/62); 83-6, 86-11 (102/66); 80-9, 81-8, 81-10 (106/70).

У полусибов количество побегов с наличием мужских соцветий колебалось в больших пределах. В 2018 г. были выделены по данному показателю полусибы 82-8 в семье 60/24 (80 шт.), 86-9 в семье 102/66 – 35 шт. По сумме ветвей, имеющих пыльники, отобраны экземпляры 81-11, 86-9 в семье плюсового дерева 102/66. Превышение над средним значением по опыту составило 250,9 % и 139,1 %, соответственно. В семье 106/70 выделен экземпляр 85-19 (превышение 160,9 %), в семье 110/74 экземпляры 84-12 (73,9 %) и 86-5 (39,8 %).

Среднее количество шишек и побегов с мужскими соцветиями на полусибах между семьями плюсовых деревьев колебалось значительно: от 7,8 шт. (семья 110/74) до 25,3 шт. (семья 98/62) по количеству шишек и от 24,2 шт. (семья 106/70) до 52,2 шт. (семья 60/24) по количеству побегов с мужскими соцветиями (рис. 2).

Некоторые экземпляры образовали и шишки, и пыльцу: 82-7, 85-10 и 87-13 в семье плюсового дерева 60/24; 72-11, 79-2, 79-3, 79-4, 79-8, 80-3, 81-4, 85-22 (семья 98/62); 83-1, 83-6, 83-9, 84-2, 84-4, 86-9, 86-11 (семья 102/66); 78-3, 78-9, 81-8, 81-9, 81-10, 85-19 (семья 106/70); 79-9, 84-12, 86-5 (семья 110/74).

Анализ полусибов плюсовых деревьев по репродуктивному развитию в 31-, 34- и 35-летнем возрасте показал значительное проявление изменчивости межсемейственной и индивидуальной

внутри семей. С. Н. Велисевич, А. В. Попов [19] отмечали проявление изменчивости урожайности в зависимости от генотипа у деревьев 40-летнего возраста на плантации семенного происхождения, созданной из семян местной популяции. В.В. Нарзев и др. [10] сопоставляли количество шишек у рамет от плюсовых деревьев по семенной продуктивности при возрасте привоя 29 лет. Р.А. Третьякова, О.В. Паркина [20] в условиях Искитимского лесничества Новосибирской области установили взаимосвязи и характер изменчивости семенной продуктивности с основными биометрическими показателями. S. Velisevich, A. Popov [11] предлагают вести заготовку семян сосны кедровой сибирской на специальных плантациях, созданных с использованием высокоурожайных клонов. Ю.Е. Щерба и др. [9] установили изменчивость 36-летних полусибов по образованию шишек и макростробилов на лесосеменной плантации в Ермаковском лесничестве Красноярского края.

На участке «Продолжение геошколы» дендрария СибГУ им. М.Ф. Решетнева были отобраны экземпляры раннего репродуктивного развития по образованию шишек, числу шишек в пучке (многошишечная форма), количеству побегов с мужскими соцветиями и комплексу этих факторов. Данные экземпляры представляют большую селекционную ценность и могут служить маточными для размножения и использования при создании плантаций раннего репродуктивного развития в качестве семенников и опылителей по определенным схемам смешения в условиях пригородной зоны Красноярска.

Выводы

1. Отобраны полусибы плюсовых деревьев раннего репродуктивного развития, имеющие наибольшее количество шишек за трехлетний период: в семье 60/24 - № 82-7 (22 шт.); семья 98/62 - № 72-11 (115 шт.), 73-13 (30 шт.), 79-4 (26 шт.), 74-17, 72-19, 81-4 (по 25 шт.); семья 102/66 - № 86-9 (45 шт.), 83-6 (43 шт.), 83-1 (21 шт.), семья 106/70 - № 81-8 (54 шт.), 85-19 (31 шт.), 81-10 (26 шт.).

2. Отобраны экземпляры плюсовых деревьев раннего репродуктивного развития, образовавшие и шишки и пыльцу: 82-7, 85-10 и 87-13 в семье плюсового дерева 60/24; 72-11, 79-2, 79-3, 79-

Природопользование

4, 79-8, 80-3, 81-4, 85-22 (семья 98/62); 83-1,83-6,
83-9, 84-2, 84-4, 86-9, 86-11 (семья 102/66); 78-3, 78-

9, 81-8, 81-9, 81-10,85-19 (семья 106/70); 79-9, 84-
12, 86-5 (семья 110/74).

Таблица 2

Климатические показатели

Table 2

Climate indicators

Месяц Month	Средняя месячная температура воздуха, °С average monthly air temperature, °С			Средние месячные суммы выпавших осадков, мм average monthly rainfall amounts, mm		
	2018 г. 2018 y.	2021 г. 2021 y.	2022 г. 2022 y.	2018 г. 2018 y.	2021 г. 2021 y.	2022 г. 2022 y.
Январь January	-20,2	-20,5	-12,2	27	37	6
Февраль February	-13,9	-14,4	-11,8	7	32	11
Март March	-5,6	-3,9	-6,2	16	13	17
Апрель April	4,0	2,7	5,5	11	38	21
Май May	7,9	10,1	14,0	38	39	15
Июнь June	19,8	15,5	16,8	55	102	63
Июль July	17,7	19,6	17,6	41	71	52
Август August	18,0	17,4	14,9	30	76	77
Сентябрь September	10,3	8,1	9,5	115	29	66
Октябрь October	5,4	2,9	3,0	27	44	25
Ноябрь November	-8,6	-4,1	-7,1	72	43	30
Декабрь December	-19,3	-11,6	-13,5	29	40	10
Σ осадков, мм Σ rainfall, mm				468	564	393

Источник: собственные вычисления авторов

Source: own calculations

Таблица 3

Образование репродуктивных органов у экземпляров раннего репродуктивного развития в семьях плюсовых
деревьев

Table 3

Formation of reproductive organs of early reproductive development specimens in families of plus trees

Номер плюсового дерева (семьи) Plus tree (family) number	с шишками, % with cones, %			с микростробилами, % with mi- crostrobiles, %	
	2018 г. 2018 y.	2021 г. 2021 y.	2022 г. 2022 y.	2018 г. 2018 y.	2021 г. 2021 y.
60/24	0,0	20,0	66,7	66,7	66,7
98/62	0,0	75,0	100,0	30,0	75,0
102/66	25,0	100,0	90,0	75,0	66,7
106/70	0,0	72,7	66,7	0,0	63,6
110/74	0,0	50,0	100,0	0,0	75,0

Источник: собственные вычисления авторов

Source: own calculations

Природопользование

Таблица 4

Полусибы, образовавшие шишки в разных семьях плюсовых деревьев

Table 4

Selected half-sibs by the formation of cones

Номер Number		Количество шишек, шт. Number of cones, pcs.					максимальное «в пучке» maximum "in the bunch"
		на дереве on the tree					
плюсового дерева (семьи) plus tree (family)	полусиба half-sib	2018 г.	2021 г.	2022 г.	итого total	% к X _{ср.} % to X _{ав.}	
60/24	82-7	0	0	22	22	118,9	3
	82-12	0	0	2	2	10,8	2
	85-10	0	6	4	10	54,1	2
	87-13	0	0	16	16	86,5	3
98/62	72-11	0	30	85	115	621,6	3
	72-19	0	0	25	25	135,1	3
	73-13	0	0	30	30	162,2	2
	74-17	0	0	25	25	135,1	2
	79-2	0	2	6	8	43,2	2
	79-3	0	3	6	9	48,6	2
	79-4	0	10	16	26	140,5	2
	79-8	0	0	15	15	81,1	2
	80-3	0	0	6	6	32,4	2
	81-4	0	23	2	25	135,1	2
	81-6	0	0	2	2	10,8	2
	85-22	0	12	6	18	97,3	2
	102/66	83-1	0	9	12	21	113,5
83-5		0	0	13	13	70,3	2
83-6		0	21	22	43	232,4	3
83-8		0	6	1	7	37,8	1
83-9		0	7	2	9	48,6	2
84-2		3	1	0	4	21,6	2
84-4		0	3	12	15	81,1	2
86-8		0	11	2	13	70,3	2
86-9		3	20	22	45	243,2	2
86-11		0	4	14	18	97,3	3
106/70	78-3	0	17	0	17	91,9	2
	78-9	0	6	12	18	97,3	2
	79-6	0	0	9	9	48,6	2
	79-7	0	1	0	1	5,4	1
	80-9	0	0	15	15	81,1	3
	80-12	0	0	9	9	48,6	2
	81-8	0	7	47	54	291,9	3
	81-9	0	2	3	5	27,0	1
	81-10	0	6	20	26	140,5	3
	85-11	0	2	0	2	10,8	2
110/74	85-19	0	24	7	31	167,6	2
	79-9	0	0	2	2	10,8	2
	84-12	0	6	7	13	70,3	2
	84-15	0	0	1	1	5,4	1
	86-5	0	11	4	15	81,1	2
Среднее значение по опыту Average value by experience					18,5	100,0	1,8

Источник: собственные вычисления авторов

Source: own calculations

Природопользование

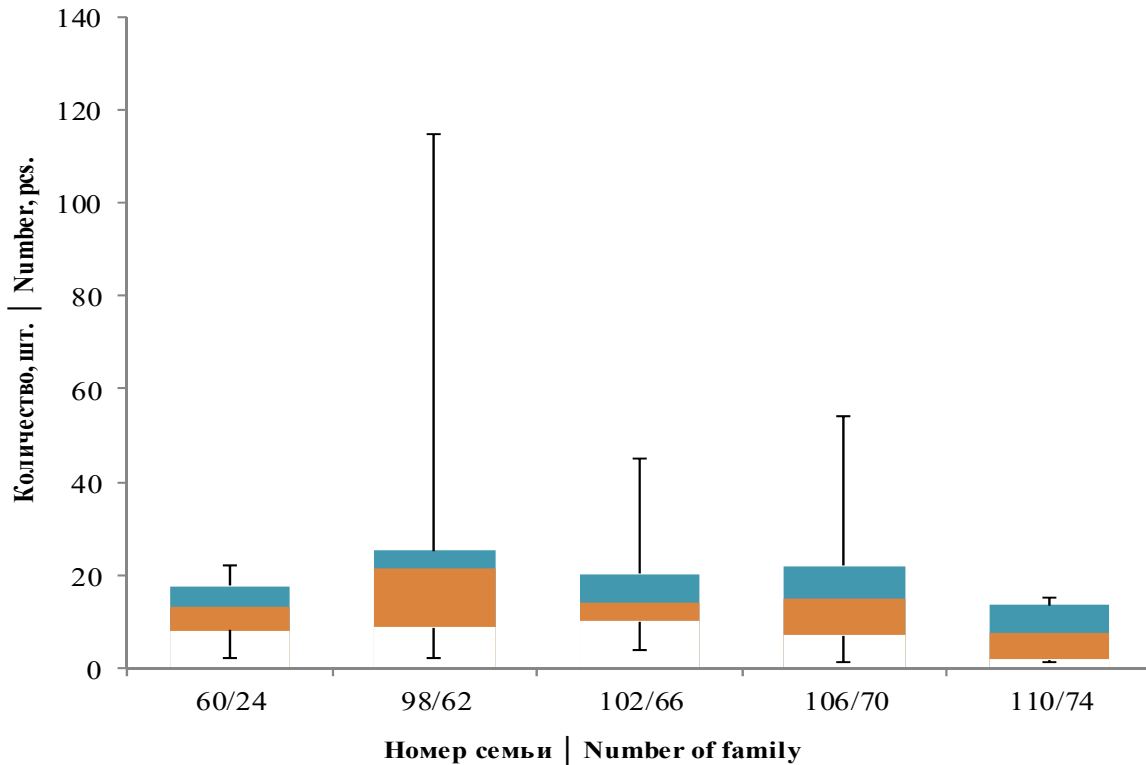


Рисунок 1. Сравнительный анализ количества шишек у полусибов в разных семьях
 Figure 1. Comparative analysis of the number of cones of half-sibs in different families

Источник: собственные вычисления авторов
 Source: own calculations

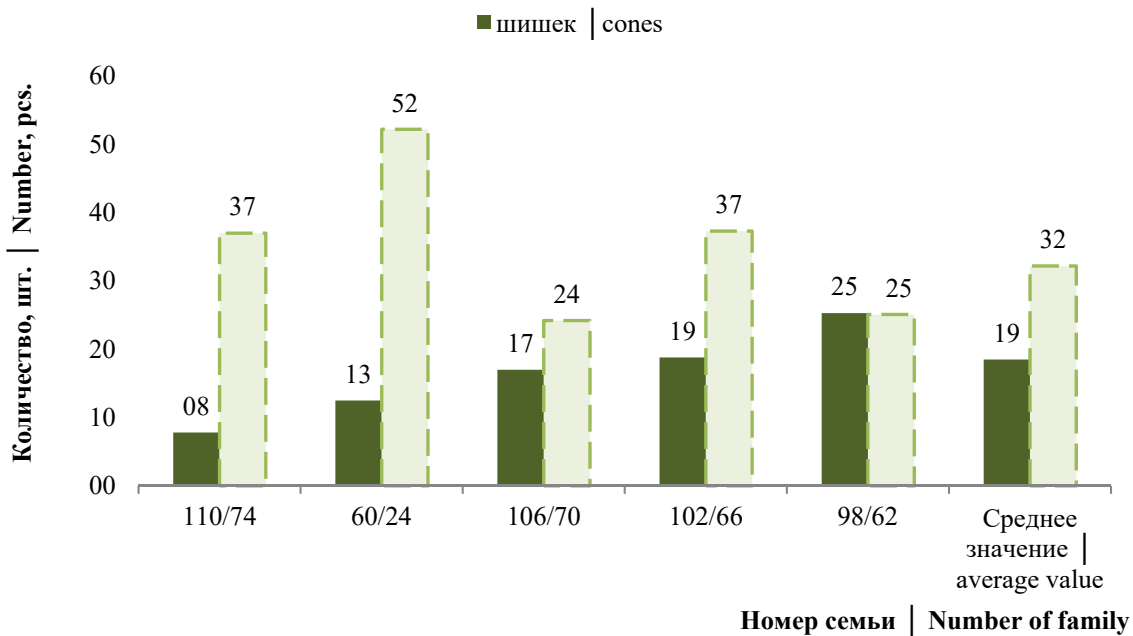


Рисунок 2. Среднее количество шишек и побегов с микростробилами на полусибах в семьях плюсовых деревьев

Figure 2. The average number of cones and shoots with microstrobiles on half-sibs in families of plus trees
 Источник: собственные вычисления авторов
 Source: own calculations

Список литературы

1. Матвеева Р. Н., Братилова Н. П., Кубрина С. М., Щерба Ю. Е. Содержание микроэлементов в семенах и хвое сосны кедр сибирского разного географического происхождения. Лесоведение. 2019; 6:567–572. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=41151931>
2. Ивлиева В. Г., Череменина Н. А. Оценка биологических свойств кедрового ореха. Сборник материалов Всероссийской (национальной) научно-практической конференции, посвященной 15-летию со дня образования института биотехнологии и ветеринарной медицины «Актуальные вопросы развития аграрной науки». Тюмень: Государственный аграрный университет Северного Зауралья, 2021;163-167. Режим доступа: <https://elibrary.ru/item.asp?id=47439861&pff=1>
3. Шевченко Н. Ю., Гайвас А. А., Дегтярев А. И. Изменение питательности семян сосны сибирской кедровой в период созревания в условиях Омской области. Инновационные технологии пищевых производств : Материалы международной научно-практической конференции, Омск, 15 декабря 2021 года. Омск: Омский государственный аграрный университет имени П.А. Столыпина, 2021:162-165. Режим доступа: <https://elibrary.ru/item.asp?id=49922262&pff=1>
4. Жигулин Е. В. Роль генетико-селекционного комплекса в интенсификации лесопользования. Вестник биотехнологии. 2019;2:11-11. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=41125862>
5. Алейников А. А., Балухта Л. П., Деревянко С. О. Лесные культуры кедр сибирского (*Pinus sibirica* Du Tour) в Брянской области по таксационным данным. Научные основы устойчивого управления лесами: Материалы Всероссийской научной конференции с международным участием, посвященной 30-летию ЦЭПЛ РАН, Москва, 25–29 апреля 2022 года. Москва: Центр по проблемам экологии и продуктивности лесов РАН. 2022:13-15. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=49184226>
6. Казанцева М. Н., Спасибова М. М. Продуктивность *Pinussibirica* в лесных культурах дендрария сибирской лесной опытной станции. Урбоэкосистемы: проблемы и перспективы развития : Материалы VI Международной научно-практической конференции, Ишим, 16 марта 2018 года. – Ишим: филиал федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Тюменский государственный университет» в г. Ишиме, 2018; 105-107. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=32730825>.
7. Матвеева Р.Н., Буторова О.Ф. Исследования по выращиванию сосны кедровой сибирской за многолетний период. Хвойные бореальной зоны. 2022; XL(5): 374-380. Режим доступа: <https://elibrary.ru/item.asp?id=49833407>.
8. Titov E. V. Bioecological aspects of plantation nut cultivation of Siberian cedar (*Pinus sibirica* Du Tour.) in Russia. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2019;392(1):012069.DOI:<http://dx.doi.org/10.1088/1755-1315/392/1/012069>.
9. Щерба Ю. Е., Копченко Д. Е., Поплюйкова М. В. Изменчивость 36-летних полусибов плюсовых деревьев кедр сибирского по репродуктивному развитию на плантации «Ермаки». Плодоводство, семеноводство, интродукция древесных растений. 2020;23:157-160. Режим доступа: <https://elibrary.ru/item.asp?id=44312778>
10. Нарзаяв В. В., Матвеева Р. Н., Буторова О. Ф., Щерба Ю. Е. Изменчивость вегетативного потомства плюсовых деревьев кедр сибирского, аттестованных по стволовой или семенной продуктивности. Известия высших учебных заведений. Лесной журнал. 2019;4(370):22-33. DOI:<https://doi.org/10.17238/issn0536-1036.2019.4.22>.
11. Velisevich S., Popov A. Evaluation of cone and seed quality of Siberian stone pine (*Pinus sibirica* Du Tour) for plus-tree selection. Turkish Journal of Agriculture and Forestry. 2022; 46(5):717-729. DOI: <https://doi.org/10.55730/1300-011X.3037>

12. Паркина О. В., Третьякова Р. А., Галецкая Г. А. Динамика семеношения сосны кедровой сибирской (*Pinus sibirica*) в условиях Новосибирской области. Лесной вестник. Forestry Bulletin. 2020;24(6):44-50. DOI: <https://doi.org/10.18698/2542-1468-2020-6-44-50>.
13. Кузнецова Г. В. Межпопуляционная изменчивость размера шишек и массы семян сосны сибирской кедровой (*Pinus sibirica* Du Tour). Хвойные бореальной зоны. 2022; 40(5):369-373. DOI 10.53374/1993-0135-2022-5-369-373. Режим доступа: <https://cloud.sibsau.ru/s/pXSr4GqmZtBF7MY>.
14. Khamitov R. S. et al. Variability of Siberian stone pine seed yield in introduction plantations in the Vologda region. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2022;979(1):012010. DOI: <http://dx.doi.org/10.1088/1755-1315/979/1/012010>.
15. Седельникова Т. С., Пименов А. В., Ефремов С. П., Муратова Е. Н. Особенности мужской генеративной сферы сосны сибирской в лесоболотных экотопах Западной Сибири. Известия Российской академии наук. Серия биологическая. 2018;1:28-36. DOI: <https://doi.org/10.7868/S0002332918010046>
16. Горошкевич С. Н. Метеорологическая обусловленность семеношения кедрового сибирского (*Pinus sibirica* Du Tour). Известия высших учебных заведений. Лесной журнал. 2021;2(380):56-69. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=45153017>.
17. Debkov N. Accelerated formation of Siberian pine (*Pinus sibirica* Du Tour) stands: a case study from Siberia. Journal of Forest Science. 2019; 65:291-300. DOI: <https://doi.org/10.17221/48/2019-JFS>.
18. Goroshkevich S.N., Velisevich S.N., Zhuk E.A. et al. Cone Production of Stone Pines in the South of Western Siberia: Results of 30 Years of Monitoring. Contemp. Probl. Ecol. 15, 262–269 (2022). DOI: <https://doi.org/10.1134/S1995425522030064>.
19. Велисевич С. Н., Попов А. В. Структура разнообразия по вегетативной и генеративной структуре кроны кедрового сибирского на плантации с разреженной посадкой. Известия высших учебных заведений. Лесной журнал. 2019;5(371):35-47. DOI: <https://doi.org/10.17238/issn0536-1036.2019.5.35>.
20. Третьякова Р. А., Паркина О. В. Оценка биометрических признаков сосны кедровой сибирской (*Pinus sibirica*) в условиях Новосибирской области. Актуальные проблемы агропромышленного комплекса : Сборник трудов научно-практической конференции преподавателей, аспирантов, магистрантов и студентов Новосибирского ГАУ, Новосибирск, 21–22 октября 2020 года. Том Выпуск 5. Новосибирск: Издательский центр Новосибирского государственного аграрного университета «Золотой колос», 2020;153-156. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=44230432>.

References

1. Matveeva R.N., Bratilova N.P., Kubrina S.M., Shherba Ju.E. Soderzhanie mikrojelementov v semenah i hvoe sosny kedra sibirskogo raznogo geograficheskogo proishozhdenija [The content of microelements in seeds and needles of Siberian stone pine of different geographical origin]. Lesovedenie [Forest science]. 2019;6:567–572. (In Russ.). URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=41151931>.
2. Ivlieva V. G., Cheremenina N. A. Ocenka biologicheskikh svojstv kedrovogo oreha. [Evaluation of the biological properties of pine nuts]. Sbornik materialov Vserossijskoj (nacional'noj) nauchno-prakticheskoy konferencii, posvjashhennoj 15-letiju so dnja obrazovaniya instituta biotekhnologii i veterinarnoj mediciny «Aktual'nye voprosy razvitiya agrarnoj nauki [Collection of materials of the All-Russian (national) scientific and practical conference dedicated to the 15th anniversary of the establishment of the Institute of Biotechnology and Veterinary Medicine "Actual issues of the development of agricultural science] Tyumen: State Agrarian University of the Northern Trans-Urals. 2021;163-167. (In Russ.). URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=47439861&ppf=1>.
3. Shevchenko N. Ju., Gajvas A. A., Degtjarev A. I. Izmenenie pitatel'nosti semjan sosny sibirskoj kedrovoj v period sozrevaniya v uslovijah Omskoj oblasti. [Changes in the nutritional value of seeds of Siberian cedar pine during the ripening period in the conditions of the Omsk region] Innovacionnye tehnologii pishhevyyh proizvodstv : Materialy mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii, Omsk, 15 dekabrja 2021 goda [Innovative technologies of food

production: Proceedings of the international scientific and practical conference, Omsk, December 15, 2021] Omsk: Omsk State Agrarian University named after P.A. Stolypin, 2021:162-165. (In Russ.). URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=49922262&pff=1>.

4. Zhigulin E. V. Rol' genetiko-selekcionnogo kompleksa v intensivifikacii lesopol'zovanija. [The role of the genetic-breeding complex in the intensification of forest management] Vestnik biotekhnologii [Bulletin of biotechnology]. 2019;2:11-11. (In Russ.). URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=41125862>.

5. Alejnikov A. A., Baluhta L. P., Derevjanko S. O. Lesnye kul'tury kedra sibirskogo (*Pinus sibirica* Du Tour) v Brjanskoj oblasti po taksacionnym dannym [Forest plantations of Siberian pine (*Pinus sibirica* Du Tour) in the Bryansk region according to taxation data] Nauchnye osnovy ustojchivogo upravlenija lesami: Materialy Vserossijskoj nauchnoj konferencii s mezhdunarodnym uchastiem, posvjashhennoj 30-letiju CJePL RAN, Moskva, 25–29 aprelja 2022 goda [Scientific Foundations of Sustainable Forest Management: Proceedings of the All-Russian Scientific Conference with International Participation Dedicated to the 30th Anniversary of the CEPL RAS, Moscow, April 25–29, 2022] Moscow: Center for Problems of Ecology and Productivity of Forests of the Russian Academy of Sciences. 2022;13-15. (In Russ.). URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=49184226>.

6. Kazanceva M. N., Spasibova M. M. Produktivnost' *Pinus sibirica* v lesnyh kul'turah dendrarija sibirskoj lesnoj opytnoj stancii [Productivity of *Pinus sibirica* in forest cultures of the arboretum of the Siberian Forest Experimental Station]. Urbojekosistemy: problemy i perspektivy razvitija : Materialy VI Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoj konferencii, Ishim, 16 marta 2018 goda. – Ishim: filial federal'nogo gosudarstvennogo bjudzhetnogo obrazovatel'nogo uchrezhdenija vysshego professional'nogo obrazovanija «Tjumenskij gosudarstvennyj universitet» v g. Ishime [Urban ecosystems: problems and development prospects: Proceedings of the VI International Scientific and Practical Conference, Ishim, March 16, 2018. – Ishim: branch of the federal state budgetary educational institution of higher professional education "Tyumen State University" in Ishim]. 2018;105-107. (In Russ.). URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=32730825>.

7. Matveeva R.N., Butorova O.F. Issledovanija po vyrashhivaniju sosny kedrovoj sibirskoj za mnogoletnij period [Research on the cultivation of Siberian cedar pine over a long period]. Hvojnye boreal'noj zony [Conifers of the boreal zone]. 2022;XL(5):374-380. (In Russ.). URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=49833407>.

8. Titov E. V. Bioecological aspects of plantation nut cultivation of Siberian cedar (*Pinus sibirica* Du Tour.) in Russia. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2019;392(1):012069.DOI:<http://dx.doi.org/10.1088/1755-1315/392/1/012069>.

9. Shherba Ju. E., Kopchenko D. E., Popljukova M. V. Izmenchivost' 36-letnih polusibov pljusovyh derev'ev kedra sibirskogo po reproduktivnomu razvitiju na plantacii «Ermaki» [Variability of 36-year-old semi-sibs of Siberian cedar plus trees in terms of reproductive development on the Ermaki plantation]. Plodovodstvo, semenovodstvo, introdukcija drevesnyh rastenij [Fruit growing, seed growing, introduction of woody plants]. 2020;23:157-160. (In Russ.). URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=44312778>.

10. Narzjaev V. V., Matveeva R. N., Butorova O. F., Shherba Ju. E. Izmenchivost' vegetativnogo potomstva pljusovyh derev'ev kedra sibirskogo, attestovannyh po stvolovoj ili semennoj produktivnosti [Variability of Vegetative Progeny of Siberian Siberian Pine Plus Trees Certified for Stem or Seed Productivity]. Izvestija vysshih uchebnyh zavedenij. Lesnoj zhurnal [News of higher educational institutions. Forest journal]. 2019;4(370):22-33. (In Russ.). DOI:<https://doi.org/10.17238/issn0536-1036.2019.4.22>.

11. Velisevich S. N., Popov A. V. Struktura raznoobrazija po vegetativnoj i generativnoj strukture krony kedra sibirskogo na plantacii s razrezhennoj posadkoj. [The structure of diversity in the vegetative and generative structure of the Siberian stone pine crown on a plantation with a sparse planting]. Izvestija vysshih uchebnyh zavedenij. Lesnoj zhurnal [News of higher educational institutions. Forest magazine]2019;5(371):35-47. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.17238/issn0536-1036.2019.5.35>.

12. Parkina O. V., Tret'jakova R. A., Galeckaja G. A. Dinamika semenoshenija sosny kedrovoj sibirskoj (*Pinus sibirica*) v uslovijah Novosibirskoj oblasti [Dynamics of seed production of Siberian stone pine (*Pinus sibirica*) in the conditions of Novosibirsk region].

in the conditions of the Novosibirsk region]. *Lesnoj vestnik* [Forestry Bulletin]. 2020;24(6):44-50. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.18698/2542-1468-2020-6-44-50>.

13. Kuznecova G. V. Mezhpopoljacionnaja izmenchivost' razmera shishek i massy semjan sosny sibirskoj kedrovoj (*Pinus sibirica* Du Tour) [Interpopulation variability of cone size and seed weight of Siberian stone pine (*Pinus sibirica* Du Tour)]. *Hvojnye boreal'noj zony* [Conifers of the boreal zone]. 2022; 40(5):369-373. (In Russ.). DOI: 10.53374/1993-0135-2022-5-369-373 URL: <https://cloud.sibsau.ru/s/pXSr4GqmZtBF7MY>.

14. Khamitov R. S. et al. Variability of Siberian stone pine seed yield in introduction plantations in the Vologda region. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2022;979(1):012010. DOI: <http://dx.doi.org/10.1088/1755-1315/979/1/012010>.

15. Sedel'nikova T. S., Pimenov A. V., Efremov S. P., Muratova E. N. Osobennosti muzhskoj generativnoj sfery sosny sibirskoj v lesobolotnyh jekotopah Zapadnoj Sibiri [Peculiarities of male generative sphere of Siberian pine in wetland ecotopes of Western Siberia]. *Izvestija Rossijskoj akademii nauk. Serija biologicheskaja* [News of the Russian Academy of Sciences. Biological series]. 2018;1:28-36. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.7868/S0002332918010046>

16. Goroshkevich S. N. Meteorologicheskaja obuslovlennost' semenoshenija kedra sibirskogo (*Pinus sibirica* Du Tour). *Izvestija vysshih uchebnyh zavedenij. Lesnoj zhurnal* [News of higher educational institutions. Forest journal]. 2021;2(380):56-69. (In Russ.). URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=45153017>.

17. Debkov N. Accelerated formation of Siberian pine (*Pinus sibirica* Du Tour) stands: a case study from Siberia. *Journal of Forest Science*. 2019; 65:291-300. DOI: <https://doi.org/10.17221/48/2019-JFS>.

18. Goroshkevich S.N., Velisevich S.N., Zhuk E.A. et al. Cone Production of Stone Pines in the South of Western Siberia: Results of 30 Years of Monitoring. *Contemp. Probl. Ecol.* 15, 262–269 (2022). DOI: <https://doi.org/10.1134/S1995425522030064>.

19. Velisevich S., Popov A. Evaluation of cone and seed quality of Siberian stone pine (*Pinus sibirica* Du Tour) for plus-tree selection. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*. 2022;46(5):717-729. DOI: <https://doi.org/10.55730/1300-011X.3037>.

20. Tret'jakova R. A., Parkina O. V. Ocenka biometricheskikh priznakov sosny kedrovoj sibirskoj (*Pinus sibirica*) v uslovijah Novosibirskoj oblasti [Evaluation of Biometric Features of Siberian Cedar Pine (*Pinus sibirica*) in the Novosibirsk Region]. *Aktual'nye problemy agropromyshlennogo kompleksa : Sbornik trudov nauchno-prakticheskoy konferencii prepodavatelej, aspirantov, magistrantov i studentov Novosibirskogo GAU, Novosibirsk, 21–22 oktjabrja 2020 goda. Tom Vypusk 5* [Actual problems of the agro-industrial complex: Proceedings of the scientific and practical conference of teachers, graduate students, undergraduates and students of the Novosibirsk State Agrarian University, Novosibirsk, October 21–22, 2020. Volume Issue 5.]. Novosibirsk: Publishing Center of the Novosibirsk State Agrarian University "Zolotoy Kolos". 2020;153-156. (In Russ.). URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=44230432>.

Сведения об авторах

Матвеева Римма Никитична – доктор с.-х. наук, профессор кафедры селекции и озеленения, ФГБОУ ВО «Сибирский государственный университет науки и технологий имени акад. М.Ф. Решетнева», просп. им. газеты «Красноярский рабочий», 31, г. Красноярск, Российская Федерация, 660037, ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-3476-9622>, e-mail: matveevrn@yandex.ru.

Щерба Юлия Евгеньевна – кандидат с.-х. наук, доцент кафедры селекции и озеленения, ФГБОУ ВО «Сибирский государственный университет науки и технологий имени акад. М.Ф. Решетнева», просп. им. газеты «Красноярский рабочий», 31, г. Красноярск, Российская Федерация, 660037, ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-8437-4274>, e-mail: shcherba_@mail.ru.

✉ *Шенмайер Наталья Алексеевна* – кандидат с.-х. наук, доцент кафедры селекции и озеленения, ФГБОУ ВО «Сибирский государственный университет науки и технологий имени акад. М.Ф. Решетнева»,

просп. им. газеты «Красноярский рабочий», 31, г. Красноярск, Российская Федерация, 660037, ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-8879-4412>, e-mail: schenmaier@yandex.ru.

Information about the authors

Rimma N. Matveeva – Dr. Sci. (Agric.), Professor of Breeding and Gardening Department in Institute of Forestry Engineering, Reshetnev Siberian State University of Science and Technology, 31, Krasnoyarsky Rabochy Ave, Krasnoyarsk, Krasnoyarsk territory, Siberian Federal District, ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-3476-9622>, e-mail: matveevrn@yandex.ru.

Iuliia E. Shcherba – Cand. Sci. (Agric.), Associate professor of Breeding and Gardening Department in Institute of Forestry Engineering, Reshetnev Siberian State University of Science and Technology, 31, Krasnoyarsky Rabochy Ave, с, Krasnoyarsk territory, Siberian Federal District, ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-84-37-4274>, e-mail: shcherba_@mail.ru.

✉ *Natalya A. Schenmaier* – Cand. Sci. (Agric.), Associate professor of Breeding and Gardening Department in Institute of Forestry Engineering, Reshetnev Siberian State University of Science and Technology, 31, Krasnoyarsky Rabochy Ave, Krasnoyarsk, Krasnoyarsk territory, Siberian Federal District, Russian Federation, 660037, ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-8879-4412>, e-mail: schenmaier@yandex.ru.

✉ – Для контактов | Corresponding author