


Оригинальная статья

DOI: <https://doi.org/10.34220/issn.2222-7962/2023.1/8>

УДК 630*232.311.9



Оценка качества лесосеменного материала на экспериментальном участке сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.) при адаптивном восстановлении лесных ландшафтов

Татьяна П. Новикова✉, novikova_tp.vglta@mail.ru  <https://orcid.org/0000-0003-1279-3960>

¹ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г. Ф. Морозова», ул. Тимирязева, 8, г. Воронеж, 394087, Российская Федерация

При выборе технологии восстановления лесных ландшафтов весомым фактором является качество лесосеменного материала. Для разработки справочной информационной системы поддержки принятия решений для адаптивного восстановления лесных ландшафтов необходимо иметь данные о видах и качестве лесосеменного материала. Существующие исследования прямо или косвенно подтверждают, с одной стороны, влияние качества семян на качество будущих лесонасаждений, с другой стороны, влияние характеристик лесного массива на качество и количество семян. Сохранение качества лесосеменного материала в условиях масштабной заготовки семян сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.) возможно при развитии постоянных лесосеменных участков, и (либо) применении современных технологий сепарирования лесных семян без потери генетического разнообразия и повышения не только всхожести и энергии прорастания семян, но и виталитета сеянцев, их устойчивости к изменению абиотических факторов. Deskриптивная статистика биометрических параметров деревьев и шишек сосны обыкновенной на экспериментальном участке (N51°50.00'; E39°22.09', 113 м НУМ) демонстрирует следующие значения (среднее; ошибка среднего): высота дерева (186.2; 11.7), диаметр корневой шейки дерева (5.9; 0.3), отношение высоты дерева к диаметру корневой шейки (31.90; 0.97), количество шишек (9; 4), количество семян (12; 5). Существует сильная положительная корреляция на уровне $p < 0,0001$ между диаметром и высотой, сильная положительная корреляция между количеством шишек и количеством семян ($p < 0,001$), сильная положительная корреляция ($p < 0,05$) между высотой дерева и количеством шишек. В будущем планируется оценить взаимосвязь накопленных градусо-дней, накопленных осадков, нормализованного дифференцированного индекса вегетации с количеством шишек и семян.

Ключевые слова: *Pinus sylvestris* L., восстановление лесных ландшафтов, качество, шишки, семена, корреляционный анализ

Финансирование: исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 23-26-00102, <https://rscf.ru/project/23-26-00102/>.

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


Конфликт интересов: авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Для цитирования: Новикова Т. П. Оценка качества лесосеменного материала на экспериментальном участке сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.) при адаптивном восстановлении лесных ландшафтов / Т. П. Новикова // Лесотехнический журнал. – 2023. – Т. 13. – № 1 (49). – С. 112–128. – Библиогр.: с. 123–127 (33 назв.). – DOI: <https://doi.org/10.34220/issn.2222-7962/2023.1/8>.

Поступила 20.02.2023. Пересмотрена 29.03.2023. Принята 30.03.2023. Опубликована онлайн 15.05.2023.

Article

Assessment of the forest seed material quality at the Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) experimental site during adaptive restoration of forest landscapes

Tatyana P. Novikova✉, novikova_tp.vglta@mail.ru  <https://orcid.org/0000-0003-1279-3960>

Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov, Timiryazeva str., 8, Voronezh, 394087, Russian Federation

Abstract

When choosing a technology for restoring forest landscapes, the quality of forest seed material is a significant factor. To develop a reference information system to support decision-making for adaptive restoration of forest landscapes, it is necessary to have data on the types and quality of forest seed material. Existing studies directly or indirectly confirm, on the one hand, the influence of seed quality on the quality of future plantations, on the other hand, the influence of forest characteristics on the quality and quantity of seeds. Preservation of the quality of forest seed material in conditions of large-scale harvesting of Scots pine seeds (*Pinus sylvestris* L.) is possible with the development of permanent forest seed plots, and (or) the use of modern technologies for separating forest seeds without loss of genetic diversity and increasing not only germination and seed germination energy, but also the vitality of seedlings, their stability to the change of abiotic factors. Descriptive statistics of biometric parameters of trees and cones of Scots pine on the experimental site (N51°50.00'; E39°22.09', 113 m ASL) demonstrates the following values (average; average error): the height of the tree (186.2; 11.7), the diameter of the root neck of the tree (5.9; 0.3), the ratio of the height of the tree to the diameter of the root neck (31.90; 0.97), the number of cones (9; 4), the number of seeds (12; 5). There is a strong positive correlation at the level of $p < 0.0001$ between diameter and height, a strong positive correlation between the number of cones and the number of seeds ($p < 0.001$), a strong positive correlation ($p < 0.05$) between the height of the tree and the number of cones. In the future, it is planned to evaluate the relationship of accumulated degree days, accumulated precipitation, normalized difference vegetation index with the cones and seeds number.

Keywords: *Pinus sylvestris* L., forest landscapes restoration, quality, cones, seeds, correlation analysis

Funding: this study has been supported by the grants the Russian Science Foundation, RSF 23-26-00102, <https://rscf.ru/project/23-26-00102/>.

Acknowledgments: the author thanks the reviewers of their contribution to the expert evaluation of the article.

Conflict of interest: the author declares no conflict of interest.

For citation: Novikova T.P. (2023). Assessment of the forest seed material quality at the Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) experimental site during adaptive restoration of forest landscapes. *Lesotekhnicheskii zhurnal* [Forestry Engineering journal], Vol. 13, No. 1 (49), pp. 112-128 (in Russian). DOI: <https://doi.org/10.34220/issn.2222-7962/2023.1/8>.

Received 20.02.2023. **Revised** 29.03.2022. **Accepted** 30.03.2023. **Published online** 15.05.2023.

Введение

Площадь насаждений сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.) в России¹⁷ составляет 1181 тыс. км², относится к основным лесобразующим породам [1], распространена в «широкой климатической нише» [2]. Ключом к успешному управлению этими насаждениями является правильное понимание процессов роста [3] лесных культур и повышение качества лесосеменного материала [4].

В результате научных исследований в области экологии и лесоводства были выявлены факторы, влияющие на вариации роста деревьев. Среди этих факторов наиболее важными являются физиология, видовые, возрастные и генетические характеристики [3] лесных культур. Важными внешними факторами являются климатические условия, уклон почвы, тип конкуренции и близлежащие деревья [6], природные нарушения и методы лесохозяйственной рубки [5]. То есть, научно доказано влияние биотических и абиотических факторов на рост и продуктивность лесных насаждений [8]. Параллельно существуют исследования, показывающие влияние физиологического и генетического качества семян на адаптацию к абиотическим факторам, жизнеспособность, устойчивость и сохранность будущих насаждений [7].

Заготовка шишек и семян сосны обыкновенной (*P. sylvestris* L.), как правило, происходит без учета генетического разнообразия. Доказано, что генетическое разнообразие зависит от «индивидуальных особенностей участвующих в формировании урожая родительских деревьев» [28]. Главным критерием заготовки шишек и семян выступает количественный фактор – «как можно больше объем семян с наименьшими затратами (времени и труда)» [7]. Упрощенная схема последовательности технологических операций подготовки лесосеменного материала хвойных пород представлена в ранней работе автора [25].

Безусловно, научное сообщество ученых в области генетики, биологии, тестирования и авто-

матизированной подготовки семян перед посевом отмечает важность и необходимость генетического разнообразия [9-11] и повышения качества лесосеменного материала [12-14], но на практике заготовка шишек проводится по «сплошному» принципу без учета сначала особенностей насаждения, а затем, и особенностей шишек. В результате лесосеменной ворох обладает в качестве характеристик лишь годом и местом сбора. В дальнейшем, исходя из всхожести и энергии прорастания, семенам присваивается класс качества [10] без учета генетических особенностей. В условиях масштабной заготовки семян сосны обыкновенной (*P. sylvestris* L.) одним из вариантов сохранения и развития генетического разнообразия видится в «развитие и эффективное использование постоянных лесосеменных участков (ПЛСУ)» [15,16]. Другим вариантом может быть применение современных технологий сепарирования лесных семян [17-19] без потери генетического разнообразия [20,21] и повышения не только всхожести и энергии прорастания семян [22], но и виталитета [23] семян, их устойчивости к изменению абиотических факторов.

Для реализации целей восстановления лесных ландшафтов при выборе лесосеменного материала необходимо исходить из выбранной технологии лесовосстановления [24]. С учетом большого количества возможных вариаций совокупностей технологических операций [26] при различных технологиях восстановления лесных ландшафтов, базирующихся, например, на применении семян с ЗКС [23], посева семян, посева с БПЛА [27] и т.д., необходимо учитывать не только всхожесть и энергию прорастания семян, но и жизнеспособность (при длительном хранении или необходимости сохранения состояния покоя при неблагоприятных условиях), количественные параметры семян (точные системы высева семян чувствительны к размерным характеристикам), генетические характеристики (сохранение генетического разнообразия влияет на качество и состояние искусственно восстановленных лесных ландшафтов). Таким образом, каждая технология восстановления лесных ландшафтов, отличающаяся набором технологических операций, а также целью и задачами конечно-

¹⁷ Сосновые леса: Большая Российская Энциклопедия. Дата публикации: 23 августа 2022 г. в 19:54 (GMT+3) [Электронный ресурс]. URL : <https://bigenc.ru/c/sosnovye-lesa-8e3276> (дата обращения 27.02.2023).

го результата, требует подготовки для каждого варианта своего лесосеменного материала.

Под восстановлением лесных ландшафтов понимаем следующие процессы – искусственное лесовосстановление, лесоразведение, содействие естественному лесовозобновлению, т.е. все возможные процессы, направленные на приращение площадей, занятых лесными ландшафтами. С биологической точки зрения это разные процессы, но с технической и математической сторон, если в качестве входных переменных учесть: расположение участка (широту и долготу); высоту над уровнем моря; уклон; тип почв; влияние антропогенных факторов на состояние участка: задернение, гари, вырубки и, как следствие, необходимость очистки; количество пней [31] и т.п.; температура; влажность и другие значимые характеристики, то изменяя переменные в «формуле», описывающей восстановление лесных ландшафтов и следуя алгоритму лесовосстановления [25, 26], для достижения цели максимального увеличения площадей лесных насаждений с минимальными затратами (при выборе оптимальной технологии восстановления, как в краткосрочной, так и в долгосрочной перспективе), можно не акцентировать внимание на особенностях биогеоценозов для различных вариантов восстановления лесных ландшафтов и объединить три понятия – искусственное лесовосстановление, лесоразведение, содействие естественному лесовозобновлению.

Важно, что для разработки справочной информационной системы для адаптивного восстановления лесных ландшафтов (FLR-Library) необходимо не только исследование международной терминологии лесного хозяйства (в том числе и понятие восстановление лесных ландшафтов), но и в рамках системы обеспечить поддержку принятия управленческих решений для адаптивного восстановления лесных ландшафтов. Поддержка и принятие управленческих решений невозможно без сбора данных об объекте исследования, анализе этих данных, моделировании процессов, разработки алгоритмов. Поэтому для разработки такой системы поддержки принятия решений для адаптивного восстановления лесных ландшафтов необходимо

собрать данные о видах и качестве лесосеменного материала; способах восстановления; технологических операциях; машинах и механизмах, обеспечивающих определенные этапы технологических операций.

Цель данного исследования – изучить и проанализировать возможные зависимости между биометрическими параметрами дерева сосны обыкновенной и количеством шишек, и семян в них, а также массой и размерами шишек для оценки качества лесосеменного материала на экспериментальном участке.

Материалы и методы

Предмет и объект исследования

Образцы зрелых шишек отбирали на экспериментальном участке (координаты узловой точки – N51°50.00'; E39°22.09', 113 м НУМ) с культур сосны обыкновенной (*P. sylvestris* L.), созданных посадкой контейнерных сеянцев по дну борозды, после пирогенного воздействия, в природно-производственных условиях произрастания Учебно-опытного лесхоза ВГЛТУ. Возраст насаждения – 11 лет.

Климатические условия (накопленные градусо-дни и накопленные осадки в мм), а также нормированный индекс вегетации (NDVI), относящиеся к участку проведения исследований, представлены на рис. 1-3.

Сбор данных

Оценивали показатели репродукции урожая шишек 2022–2023 годов сбора способом сплошного перечета шишек (впервые способ предложен проф. В.Д. Огиевским), на примере 20 деревьев, в двукратной повторности. Проанализировали 188 шишек.

Анализ проводился по следующим признакам семенной продуктивности: полнозернистость семян и число семян в шишке. «На популяционном уровне данные признаки участвуют в адапционных процессах, имеют разный порог чувствительности к засухе, отражают разные этапы формирования семян» [29].

Природопользование

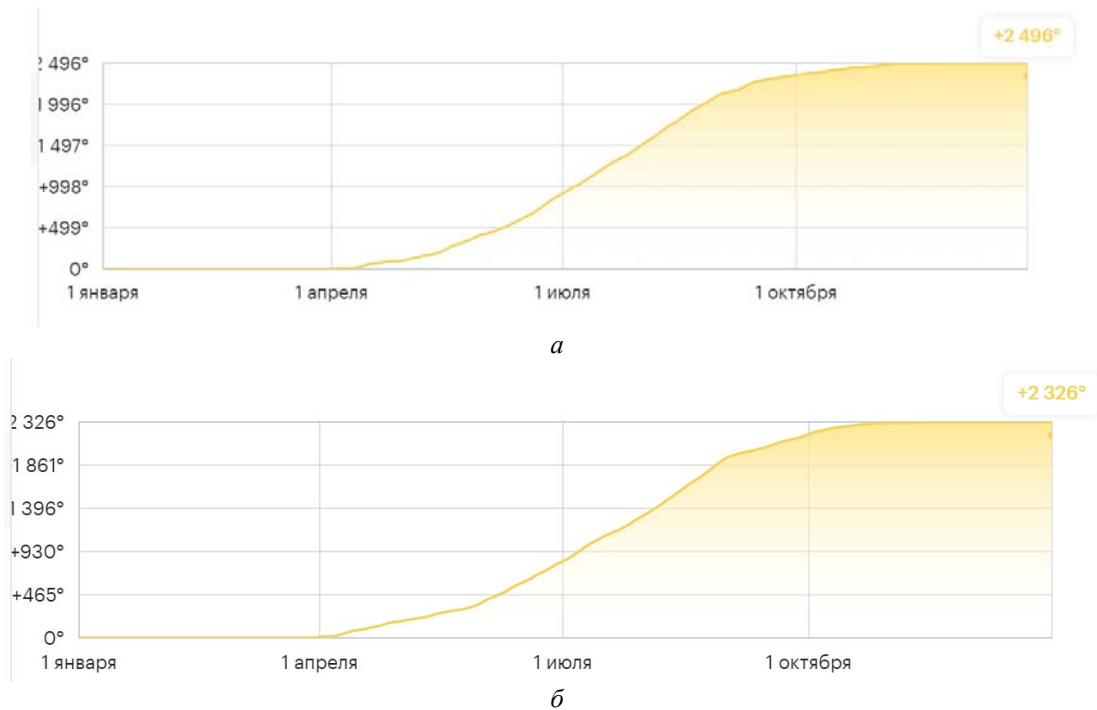


Рисунок 1. Эффективная накопленная температура (в градусо-днях) вегетационных периодов сосны обыкновенной (*P. sylvestris* L.) 2021 (а) и 2022 (б) годов на участке, используемом в исследовании
Figure 1. The effective accumulated temperature (in degree-days) of the growing periods of Scots pine (*P. sylvestris* L.) in 2021 (a) and 2022 (b) at the site used in the study

Источник: <https://app.onesoil.ai/>

Source: <https://app.onesoil.ai/>

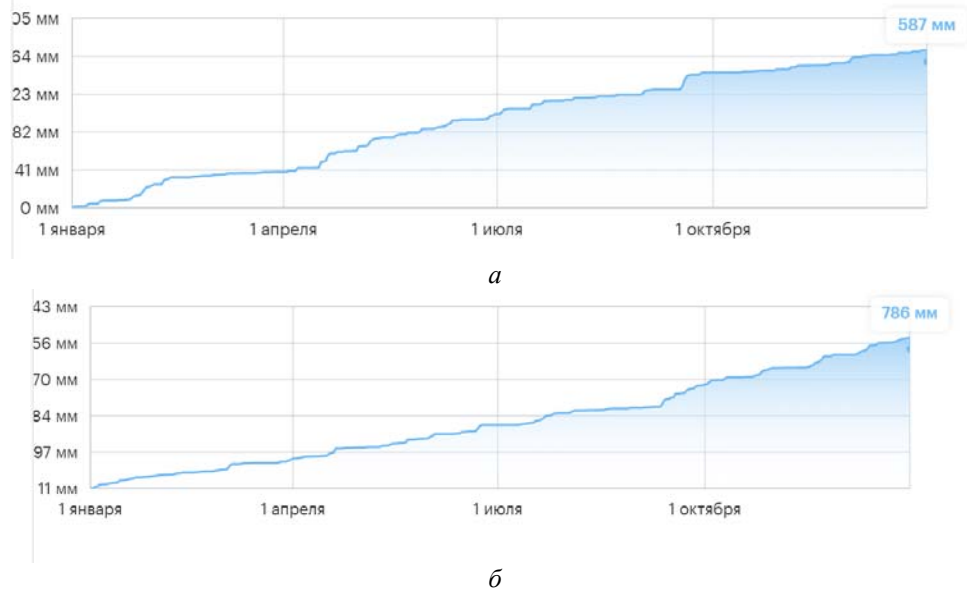


Рисунок 2. Накопленные осадки (в мм) вегетационных периодов сосны обыкновенной (*P. sylvestris* L.) 2021 (а) и 2022 (б) годов на участке, используемом в исследовании
Figure 2. Accumulated precipitation (in mm) of the growing seasons of Scots pine (*P. sylvestris* L.) in 2021 (a) and 2022 (b) years on the site used in the study

Источник: <https://app.onesoil.ai/>

Source: <https://app.onesoil.ai/>

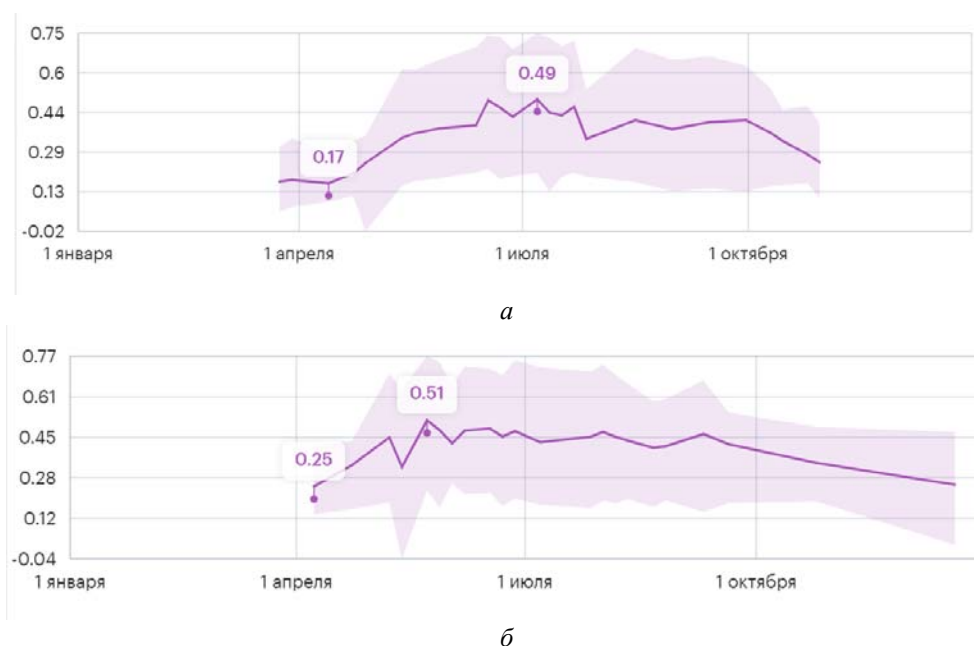


Рисунок 3. NDVI-индекс вегетационных периодов сосны обыкновенной (*P. Sylvestris* L.) 2021 (а) и 2022 (б) годов на участке, используемом в исследовании

Figure 3. Normalized difference vegetation index of Scots pine (*P. sylvestris* L.) in 2021 (а) and 2022 (б) years on the site used in the study

Источник: <https://app.onesoil.ai/>

Source: <https://app.onesoil.ai/>

Высоту молодого дерева (Н) измеряли с помощью рулетки с градуировкой в миллиметрах (точность 1 мм), при этом стандартом измерения служило расстояние между корневой шейкой и апикальной точкой самого высоко расположенного листа (хвои). Диаметр ствола (D) определяли на уровне корневой шейки с помощью мерной ленты (точность 1 мм), измеряя длину окружности (L) и приводя ее к диаметру соотношением $D = L/\pi$. Далее рассчитывали отношение высоты Н к диаметру D (HDR).

Отобранные с каждого измеренного дерева шишки (при их наличии) были упакованы в полиэтиленовые пакеты и транспортированы в исследовательскую лабораторию на базе ВГЛТУ. Конусы шишек были закрыты во время сбора. В лаборатории шишки взвешивали с помощью цифровых весов (точность 0,001 г) и измеряли штангенциркулем (точность 0,01 мм) длину конуса, диаметр конуса в самой широкой части в двух взаимно перпендикулярных направлениях.

Анализ данных

Данные массы шишки, длины конуса шишки, диаметра шишки, массы семян в шишке после проверки необходимых условий по распределению

вариант (рис. 4) анализировали с помощью одно-стороннего дисперсионного анализа Nested 1way ANOVA с использованием платформы для визуализации статистических данных GraphPad Prism, версия 8.4.3 (GraphPad Software LLC).

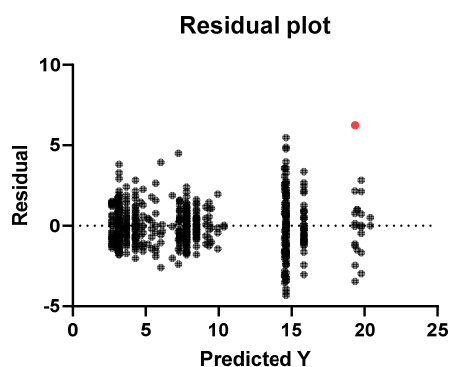
Графики остатков (рис. 4) – Residual Plot (рис. 4, а), Homoscedasticity plot (рис. 4, б), QQ plot (рис. 4, в) – построенные на основании необработанных, не усредненных, данных представленных выше четырех параметров, демонстрируют достаточное соответствие прогнозируемым значениям (рис. 4, а и б) и нормальному распределению (рис. 4, в).

Residual Plot (рис. 4, а), абсциссы которого представляют прогнозируемые (predicted) значения, а ординаты – остатки (residuals), представляющие собой разницу между наблюдаемыми (observed) и прогнозируемыми (predicted) значениями параметров конуса шишки, демонстрирует достаточно хорошую сгруппированность возле ординат с однозначными значениями. Это, несмотря на имеющиеся редкие выбросы (красная точка), показывает достаточное соответствие прогнозируемых значений действительным и предопределяет высокую линей-

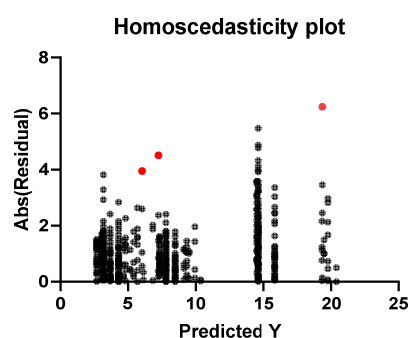
ную регрессионную взаимосвязь между параметрами.

Homoscedasticity plot (рис. 4, б), оценивающий постоянство дисперсии рассматриваемых параметров, предполагает, что, вероятно, существует небольшие выбросы по вертикальной оси, тем менее недостаточно оснований предполагать гетероскедатичность и влияние дополнительных предикторов на прогнозируемые значения.

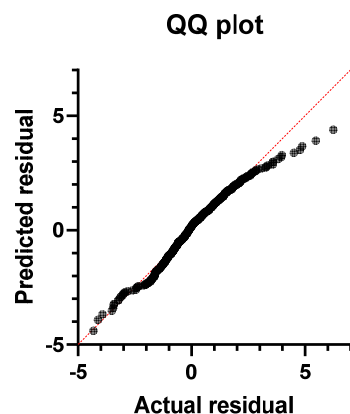
На QQ Plot (рис. 4, в) точки немного отклоняются от диагональной линии на верхнем конце хвоста, однако в целом точки попадают на диагональную линию довольно хорошо. Это говорит о том, что предположение о нормальности распределения вариант указанных параметров, вероятно, выполнено.



а



б



в

Рисунок 4. Анализ прогнозируемых значений (а), гомоскедатичности (б) и нормальности (в) распределения исследуемых параметров конуса шишек сосны обыкновенной (*P. sylvestris* L.)

Figure 4. Analysis of the predicted values (a), homoscedasticity (b) and normality (c) of the distribution of the studied parameters of the cone cones of the common pine (*P. sylvestris* L.)

Источник: собственная композиция автора.

Source: the author's own composition.

Корреляции Пирсона (Гауссово распределение вариант) использовали для определения вида взаимосвязи между массой шишки после сбора, длины конуса шишки, диаметра шишки, массы семян в шишке после раскрытия. Ранговые корреляции Спирмена использовали для определения зависимости между высотой дерева H , с которого отбирали шишки, отношением высоты к диаметру HDR, количеством шишек с дерева, количеством семян с дерева. Визуализацию корреляционных матриц производили с помощью графика «Heat map» с использованием платформы для визуализации статистических данных GraphPad Prism, версия 8.4.3 (GraphPad Software LLC).

Результаты и обсуждение

В таблице 1 представлены результаты статистической обработки данных параметров деревьев, количества шишек и семян, которые легли в основу дальнейшего анализа.

На рис. 5 представлено распределение параметров деревьев и числа отобранных с них шишек и извлеченных семян за 2022 и 2023 годы.

На рис. 6 представлено распределение параметров шишек на опытном участке в зависимости от высоты дерева в 2022 (а) и 2023 (б) годах. Необходимо отметить, что в 2022 году было собрано 162 шишки, а в 2023 – 26 штук. Цифрами через черточку представлена кодировка отдельных деревьев. Необходимо отметить, что на графиках представлены только те деревья, которые в изучаемом году имели шишки.

На рис. 7 представлены корреляционные матрицы взаимосвязи параметров дерева (высоты, диаметра и коэффициента выносливости), количества шишек и семян друг с другом (а) и между годами измерений (б).

На рис. 8 представлены корреляционные матрицы взаимосвязи параметров шишек между деревьями в 2022 (а) и 2023 (б) годах.

В результате эксперимента по сбору шишек и анализу их формы и количества семян были получены некоторые интересные результаты: попадались несимметричные шишки, а в визуально зрелых шишках наблюдалось отсутствие семян. Все это представляет интерес для дальнейшего изучения.

С точки зрения технологического процесса, например последующей сушки конусов шишек, ассиметричные образцы необходимо элиминировать до их загрузки в шишкосушилки, чтобы исключить энергетические потери. Следовательно, алгоритм выбора технологической операции сушки конусов шишек необходимо дополнить условием ассиметричности, технически реализуемым с помощью оптических устройств в видимом диапазоне спектра.

Таблица 1

Дескриптивная статистика измерений биометрических параметров культур сосны обыкновенной и подсчета числа шишек и семян
Descriptive statistics of measurements of biometric parameters of scots pine crops and counting the number of cones and seeds

| Years | 2022 | | | | | 2023 | | | | |
|--------------------------|---------|--------|-------|-------|-------|--------|--------|-------|-------|------|
| | H, cm | D, cm | HDR | CN | SN | H, cm | D, cm | HDR | CN | SN |
| Minimum | 80,0 | 2,9 | 25,7 | 0 | 0 | 86,0 | 3,5 | 24,5 | 0 | 0 |
| 25% Percentile | 163,5 | 4,2 | 29,1 | 0 | 0 | 169 | 4,9 | 28,7 | 0 | 0 |
| Median | 187,0 | 6,5 | 31,3 | 0 | 0 | 215 | 7,0 | 31,4 | 0 | 0 |
| 75% Percentile | 224,0 | 7,0 | 33,8 | 7 | 21 | 264 | 8,3 | 34,0 | 1 | 0 |
| Maximum | 260,0 | 8,0 | 41,4 | 78 | 68 | 296 | 9,6 | 41,4 | 11 | 54 |
| Range | 180,0 | 5,1 | 15,7 | 78 | 68 | 210 | 6,1 | 16,9 | 11 | 54 |
| Mean | 186,2 | 5,9 | 31,90 | 9 | 12 | 213 | 6,7 | 31,7 | 2 | 3 |
| Std. Deviation | 48,0 | 1,5 | 4,00 | 20 | 21 | 59,7 | 1,8 | 4,58 | 3 | 13 |
| Std. Error of Mean | 11,7 | 0,3 | 0,97 | 4 | 5 | 14,5 | 0,4 | 1,11 | 1 | 3 |
| Coefficient of variation | 25,80% | 25,9% | 12,5% | 21,4% | 17,5% | 28,0% | 26,9% | 14,4% | 22,1% | 39% |
| Skewness | -0,6325 | -0,596 | 0,797 | 2,82 | 1,98 | -0,489 | -0,233 | 0,598 | 2,28 | 4,10 |
| Kurtosis | 0,09981 | -0,983 | 0,637 | 8,34 | 3,15 | -0,417 | -1,14 | 0,330 | 4,25 | 16,9 |

Источник: собственная композиция автора

Source: the author's own composition

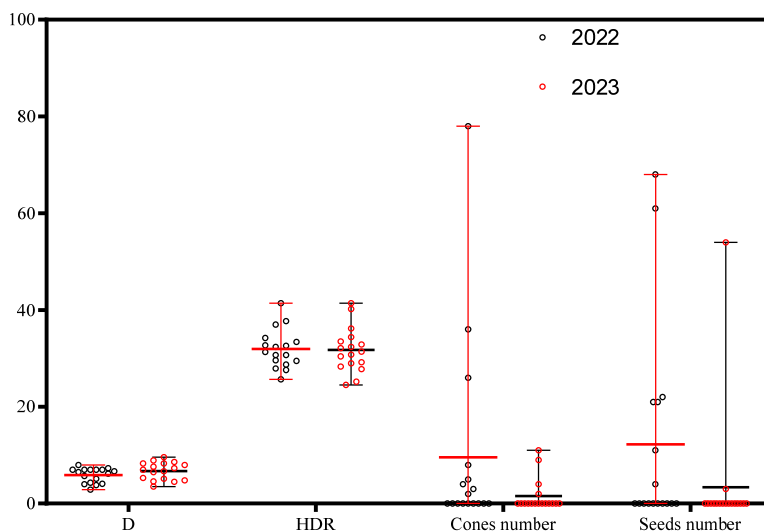
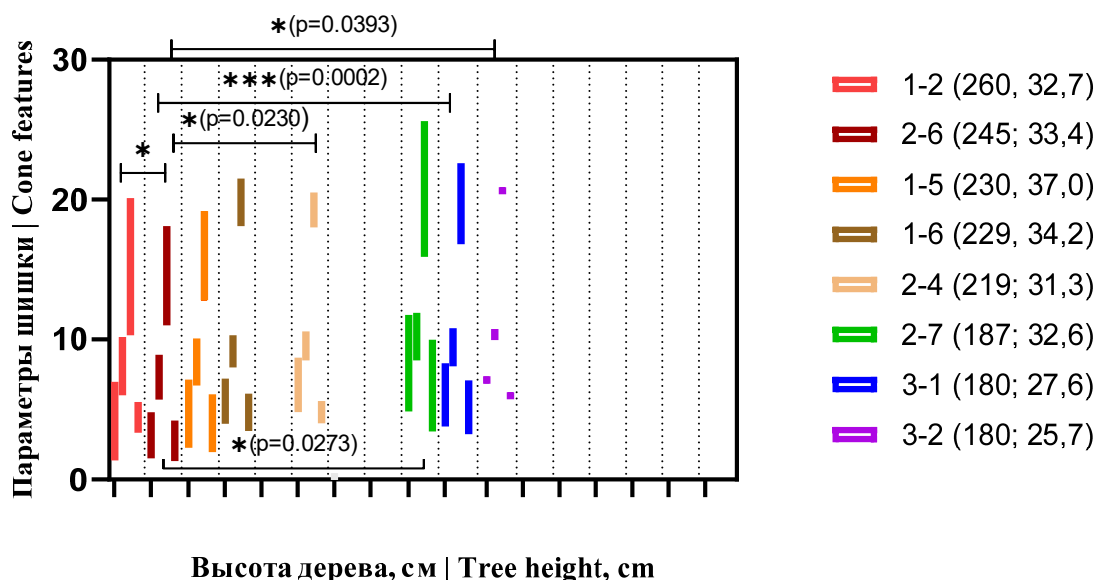


Рисунок 5. Распределение параметров деревьев и числа отобранных с них шишек и извлеченных семян. D – диаметр корневой шейки, HDR – отношение высоты дерева к диаметру корневой шейки, Cones number (CN) – количество шишек; Seeds number (SN) – количество семян. Утолщенная удлиненная горизонтальная линия в боксплоте есть среднее значение варианты, висеры отображают размах вариантов. Самая широкая часть боксплота есть наиболее вероятно встречаемое значение параметра для прогнозирования

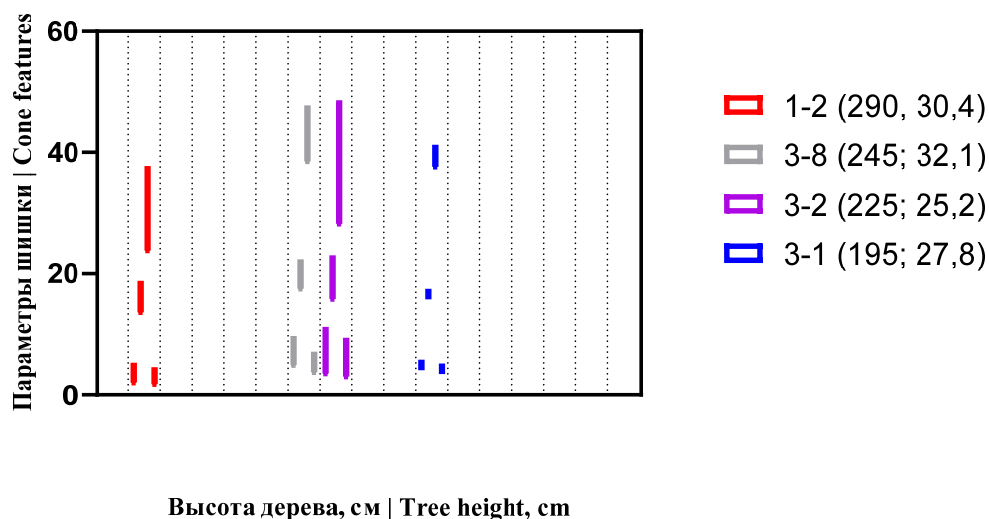
Figure 5. Distribution of tree parameters and the number of cones selected from them and seeds extracted. D is the diameter of the root neck, HDR is the ratio of the height of the tree to the diameter of the root collar. Thickened elongated horizontal line in the boxplot there is an average value of options, whiskers display the span of the option. The widest part of the boxplot is the most likely value of the parameter to predict

Источник: собственная композиция автора.

Source: the author's own composition.



a | a



a | *b*

Рисунок 6. Распределение параметров шишек на опытном участке в зависимости от высоты дерева в 2022 (*a*) и 2023 (*b*) годах. Высота дерева по оси абсцисс уменьшается от начала координат с 260 до 80 см. Внутри основных столбцов, разделенных точечными вертикальными линиями, расположены четыре плавающих цветных бара, соответствующие следующим параметрам шишек: масса шишки после сбора (в г), диаметр конуса шишки (в мм), длина конуса шишки (в мм), масса шишки после раскрытия (в г). Нижний и верхний уровень каждого бара соответствует минимальному и максимальному значению параметра. В скобках в легенде представлены значения высоты дерева в см и отношение высоты к диаметру возле корневой шейки. Параметры шишек на деревьях, отмеченных звездочками, статистически значимо различаются на уровне значимости p согласно пост-хок Dunn's тесту сравнения средних

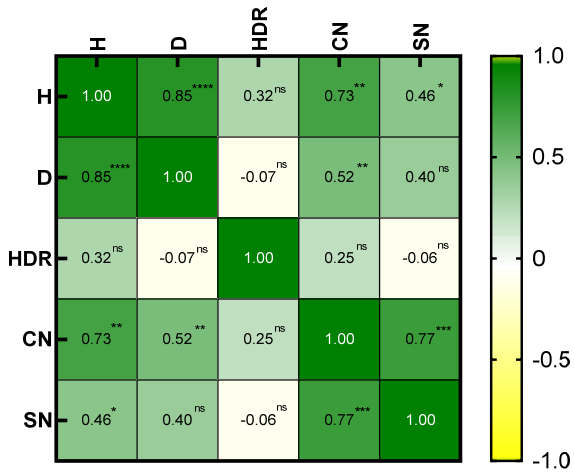
Figure 6. Distribution of the parameters of cones on the experimental site depending on the height of the tree in 2022. The height of the tree along the abscissa axis decreases from the origin from 260 to 80 cm. Inside the main columns, separated by dotted vertical lines, there are four floating-colored bars corresponding to the following parameters of cones: the mass of the cone after collection (g), the diameter of the cone cone (mm), the length of the cone cone (mm), the mass of the cone after disclosure (g). The lower and upper level of each bar corresponds to the minimum and maximum the value of the parameter. In brackets in the legend are the values of the height of the tree in cm and the ratio of height to diameter near the root collar. The parameters of the cones on the trees marked with asterisks differ statistically significantly at the significance level p according to the post-hawk Dunn's mean comparison test

Источник: собственная композиция автора.
Source: the author's own composition.

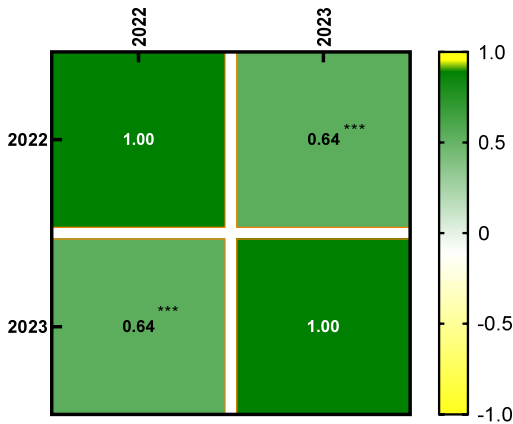
«Семязачатки погибают при неопылении, образуя отделяемые и неотделяемые крылатки в зрелых шишках» [30]. Для сокращения трудозатрат и энергозатрат при сборе шишек сосны обыкновенной важным видится изучение параметров и визуальных особенностей зрелых шишек без семян.

Отношение длины конуса к диаметру, как правило, характеризует продолговатую (св. 2,5 до 3,0), широкую (св. 2,0 до 2,5), яйцевидную (свыше 1,5 до 2,0), круглую (свыше 1,0 до 1,5) формы шишек.

Результаты корреляционного анализа показали значимую корреляцию на уровне $p < 0,0001$ между диаметром и высотой, положительную корреляцию между количеством шишек и количеством семян $p < 0,001$, также наблюдается положительная корреляция $p < 0,05$ между высотой и количеством шишек, что подтверждается научными исследованиями [32, 33].



a | a



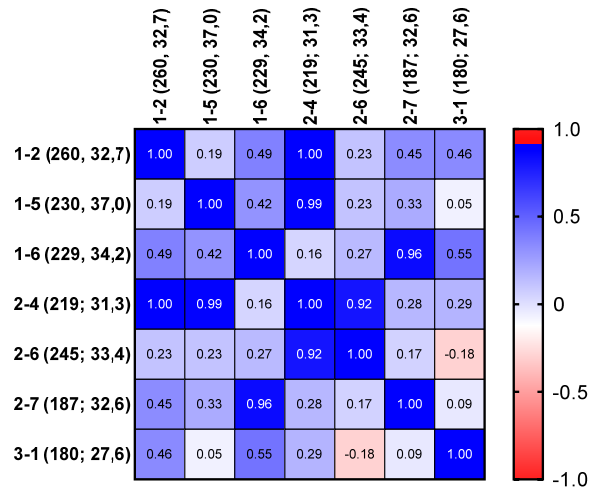
b | b

Рисунок 7. Корреляционная матрица взаимосвязи параметров дерева (высоты, диаметра и коэффициента выносливости), количества шишек и семян друг с другом (а) и между годами измерений (б). Звездочками обозначен уровень значимости p: четыре звездочки (p < 0,0001); три звездочки (p < 0,001); две звездочки (p < 0,05); одна звездочка (p < 0,01); ns – not significant (не значимо).

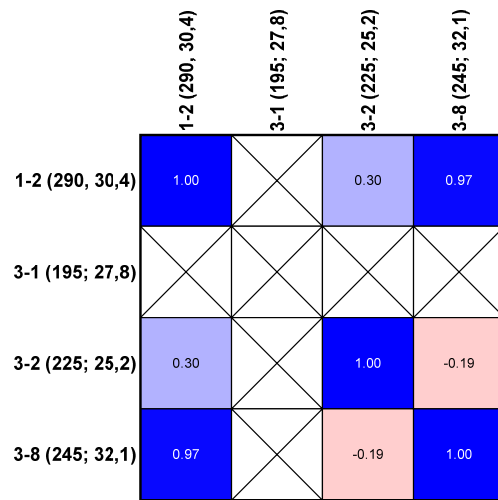
Figure 7. Correlation matrix of the relationship of the parameters of the tree (height, diameter and coefficient of endurance), the number of cones and seeds with each other (a) and between the years of measurements (b). Asterisks indicate the significance level p: four asterisk (p < 0.0001); three asterisks (p < 0.001); two asterisks (p < 0.05); one asterisk (p < 0.01); ns – not significant (not significant).

Источник: собственная композиция автора.

Source: the author's own composition.



a | a



b | b

Рисунок 8. Корреляционная матрица взаимосвязи параметров шишек между деревьями в 2022 (а) и 2023 (б) годах. В скобках в легенде представлены значения высоты дерева в см и отношение высоты к диаметру возле корневой шейки

Figure 8. Correlation matrix of the relationship of the parameters of cones between trees in 2022 (a) and 2023 (b) years. In brackets in the legend are the values of the height of the tree in cm and the ratio of height to root collar diameter

Источник: собственная композиция автора.

Source: the author's own composition.

Заключение

1. Для управления процессом восстановления лесных ландшафтов и приращения площадей лесных насаждений с точки зрения выбора технических средств и алгоритма восстановления лесных ландшафтов целесообразно не акцентировать внимание на особенностях биогеоценозов для различных вариантов восстановления лесных ландшафтов и объединить три понятия – искусственное лесовосстановление, лесоразведение, содействие естественному лесовозобновлению.

2. Для разработки справочной информационной системы поддержки принятия решений для адаптивного восстановления лесных ландшафтов необходимо иметь данные о видах и качестве лесосеменного материала.

3. Сохранение качества лесосеменного материала в условиях масштабной заготовки семян сосны обыкновенной (*P. sylvestris* L.) возможно при

развитии постоянных лесосеменных участков, и (либо) применении современных технологий сепарирования лесных семян без потери генетического разнообразия и повышении качества семян.

4. Изучены и проанализированы зависимости между биометрическими параметрами дерева сосны обыкновенной и количеством шишек ($p < 0,0001$), и семян в них, а также массой и размерами шишек ($p < 0,001$).

В дальнейшем планируется продолжить изучение деревьев, количества шишек снятых с них и семян для изучения корреляции между параметрами дерева и количеством шишек и семян. Также представляет интерес изучение влияния увеличения возраста деревьев на количество шишек и семян. Необходимо в будущем проанализировать влияние климатических условий на количество шишек и семян (не менее чем за 5 лет).

Список литературы

1. Дегтярева, С.И. Биология. Характеристика основных лесобразующих пород лиственных и хвойных формаций лесов / С. И. Дегтярева. – Воронеж : Воронежский государственный лесотехнический университет им. Г.Ф. Морозова, 2018. – 87 с. – ISBN 978-5-7994-0266-2. – Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/vnkozt>.
2. Benito Garzón, M. Biogeographical patterns of local adaptation and plasticity of Mediterranean pines and their implications under climate change / M. Benito Garzón, N. Vizcaíno-Palomar // Pines and their mixed forest ecosystems in the Mediterranean basin. – 2021. – Vol. 38. – P. 71-82. DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-030-63625-8_4.
3. Vospernik, S. Tree species growth response to climate in mixtures of *Quercus robur*/*Quercus petraea* and *Pinus sylvestris* across Europe – a dynamic, sensitive equilibrium / S. Vospernik, M. Heym, H. Pretzsch et al. // Forest Ecology and Management. – 2023. – Vol. 530. – Article 120753. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2022.120753>.
4. Экспресс-анализ семян в лесохозяйственном производстве: теоретические и технологические аспекты / А. И. Новиков, М. В. Драпалюк, С. В. Соколов, Т. П. Новикова. – Воронеж : Воронежский государственный лесотехнический университет им. Г.Ф. Морозова, 2022. – 176 с. – Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/hmrfvd>.
5. Zenner, E.K.; Teimouri, M. Modeling in forestry using mixture models fitted to grouped and ungrouped data. Forests. 2021; 12: 1196. DOI: <https://doi.org/10.3390/f12091196>
6. Barbosa, L.O.; Costa, E.A.; Schons, C.T.; Finger, C.A.G.; Liesenberg, V.; Bispo, P.d.C. Individual tree basal area increment models for Brazilian pine (*Araucaria augustifolia*) using artificial neural networks. Forests. 2022; 13: 1108. DOI: <https://doi.org/10.3390/f13071108>
7. Nef D.P., Gotor E., Wiederkehr Guerra G., Zumwak J.M., Kettle C.J. Initial investment in diversity is the efficient thing to do for resilient forest landscape restoration. Front. For. Glob. Change. 2021; 3: 615682. DOI: <https://doi.org/10.3389/ffgc.2020.615682>.
8. Оценка состояния и продуктивности высокополнотных сосновых насаждений подтаежно-лесостепного района Средней Сибири / А. А. Вайс, П. В. Михайлов, А. И. Мельник [и др.] // Лесотехнический журнал. – 2022. – Т. 12, № 3(47). – С. 26-41. – DOI: <https://doi.org/10.34220/issn.2222-7962/2022.3/3>.

9. Fremout, T. Diversity for Restoration (D4R): Guiding the selection of tree species and seed sources for climate-resilient restoration of tropical forest landscapes / T. Fremout, E. Thomas, H. Taedoumg et al. // Journal of Applied Ecology. – 2022. – Vol. 59. – № 3. – P. 664-679. DOI: <https://doi.org/10.1111/1365-2664.14079>.
10. Heuchel, A. Genetic diversity and background pollen contamination in Norway spruce and Scots pine seed orchard crops / A. Heuchel, D. Hall, W. Zhao et al. // Forestry Research. – 2022. – Vol. 2. – № 0. – P. 1-12. DOI: <https://doi.org/10.48130/fr-2022-0008>.
11. Ivetić, V. The role of forest reproductive material quality in forest restoration / V. Ivetić, A.I. Novikov // Forestry Engineering Journal. – 2019. – Vol. 9. – No. 2. – P. 56-65. – Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/hsenfb>.
12. Малышева, В. И. Показатели качества семян сосны обыкновенной в Воронежской области / В. И. Малышева // Плодоводство, семеноводство, интродукция древесных растений. – 2021. – Т. 24. – С. 65-68. – Режим доступа: https://www.elibrary.ru/download/elibrary_47954016_71718118.pdf
13. How to increase the analog-to-digital converter speed in optoelectronic systems of the seed quality rapid analyzer / S. V. Sokolov, V. V. Kamensky, A. I. Novikov, V. Ivetić // Inventions. – 2019. – Vol. 4, No. 4. – P. 61. – DOI: <https://doi.org/10.3390/inventions4040061>.
14. Новиков, А. И. Экспресс-анализ лесных семян биофизическими методами : монография / А. И. Новиков. – Воронеж : Воронежский государственный лесотехнический университет им. Г.Ф. Морозова, 2018. – 128 с. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/yzuzgx>.
15. Potasheva, Y.I. Genetic features of the offspring of Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) trees differing in the abundance of fruiting / Y.I. Potasheva, D.H. Fayzulin, N.P. Gaevsky // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. – 2021. – Vol. 677. – № 5. – P. 052106. DOI: <https://doi.org/10.1088/1755-1315/677/5/052106>.
16. Tsarev, A.P. The current state of forest breeding in the Russian federation: the trend of recent decades / A.P. Tsarev, V.A. Tsarev, R.P. Tsareva, N. V. Laur // Lesnoy Zhurnal (Forestry Journal). – 2021. – № 6. – P. 38-55. DOI: <https://doi.org/10.37482/0536-1036-2021-6-38-55>.
17. Bacherikov, I. V. Coat Colour Grading of the Scots Pine Seeds Collected from Faraway Provenances Reveals a Different Germination Effect / I. V Bacherikov, D.E. Raupova, A.S. Durova et al. // Seeds. – 2022. – Vol. 1. – № 1. – P. 49-73. DOI: <https://doi.org/10.3390/seeds1010006>.
18. Novikov, A.I. Performance of Scots pine seedlings from seeds graded by colour / A.I. Novikov, S.V. Sokolov, M.V. Drapalyuk et al. // Forests. – 2019. – Vol. 10. – № 12. – Article 1064. DOI: <https://doi.org/10.3390/f10121064>.
19. Novikov, A.I. Grading of Scots pine seeds by the seed coat color: how to optimize the engineering parameters of the mobile optoelectronic device / A.I. Novikov, V.K. Zolnikov, T.P. Novikova // Inventions. – 2021. – Vol. 6. – № 1. – P. 7. DOI: <https://doi.org/10.3390/inventions6010007>.
20. Li, X. Morphological and Comparative Transcriptome Analysis of Three Species of Five-Needle Pines: Insights into Phenotypic Evolution and Phylogeny / X. Li, K. Cai, Q. Zhao et al. // Frontiers in Plant Science. – 2022. – Vol. 13. DOI: <https://doi.org/10.3389/fpls.2022.795631>.
21. Hall, D. Divergent pattern between phenotypic and genetic variation in Scots pine / D. Hall, J. Olsson, W. Zhao et al. // Plant Communications. – 2020. – № December. – P. 100139. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.xplc.2020.100139>.
22. Новиков, А. И. Влияние сортирования семян сосны обыкновенной по цвету и размерам на их грунтовую всхожесть в контейнерах / А. И. Новиков // Хвойные бореальной зоны. – 2019. – Т. 37, № 5. – С. 313-319. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/vskfod>.
23. Новикова, Т. П. Влияние климатического индекса градусо-дней на виталитет 3-летних сеянцев сосны обыкновенной из сортированных по спектрометрическим свойствам семян / Т. П. Новикова, В. И. Малышева, Е.П. Петрищев // Лесотехнический журнал. – 2022. – Т. 12, № 1(45). – С. 110-118. – DOI: <https://doi.org/10.34220/issn.2222-7962/2022.1/9>.
24. Патент № 2714705 С1 Российская Федерация, МПК А01G 23/00. Способ восстановления леса : № 2019115418 : заявл. 20.05.2019 : опубл. 19.02.2020 / А. И. Новиков ; заявитель Федеральное государственное

бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова". – Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=42483242>

25. Новикова, Т. П. Исследование набора технологических операций подготовки семенного материала хвойных пород для лесовосстановления // Лесотехнический журнал. – 2021. – Т. 11, № 4(44). – С. 150-160. – DOI <https://doi.org/10.34220/issn.2222-7962/2021.4/13>.

26. Novikova, T. P. The choice of a set of operations for forest landscape restoration technology / T. P. Novikova // Inventions. – 2022. – Vol. 7, No. 1. – DOI: <https://doi.org/10.3390/inventions7010001>.

27. Novikov, A. I. Aerial seeding of forests in Russia: A selected literature analysis / A. I. Novikov, B. T. Ersson // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2019. Vol. 226. P. 012051. – DOI: <https://doi.org/10.1088/1755-1315/226/1/012051>.

28. Шейкина, О. В. Генетический полиморфизм и дифференциация семян сосны обыкновенной разных селекционных категорий по ISSR-маркерам / О. В. Шейкина, Т. Н. Криворотова, Ю. Ф. Гладков // Лесотехнический журнал. – 2019. – Т. 9, № 4(36). – С. 15-24. – DOI: <https://doi.org/10.34220/issn.2222-7962/2019.4/2>.

29. Кузнецова, Н. Ф. Развитие неспецифической и специфической реакций у *Pinus sylvestris* L. на популяционном уровне в стрессовом градиенте засушливых лет / Н. Ф. Кузнецова // Экология. – 2018. – № 5. – С. 332-338. – DOI <https://doi.org/10.7868/S0367059715050133>.

30. Кистерный, Г. А. Состояние женской генеративной сферы сосны обыкновенной в действующем очаге корневой губки (*Heterobasidion annosum* (Fr.) Bref.) / Г. А. Кистерный // Лесотехнический журнал. – 2022. – Т. 12, № 4(48). – С. 31-46. – DOI: <https://doi.org/10.34220/issn.2222-7962/2022.4/3>.

31. Эксплуатация почвообрабатывающих орудий в условиях нераскорчеванных вырубок европейской части России: анализ препятствий в виде пней и корней / С. В. Малюков, Е. В. Поздняков, С. И. Дегтярева [и др.] // Лесотехнический журнал. – 2022. – Т. 12, № 4(48). – С. 96-113. – DOI: <https://doi.org/10.34220/issn.2222-7962/2022.4/7>.

32. Çerçioğlu, M. Relationship among altitude, growth characteristics and cone production in Brutian pine (*Pinus brutia* Ten.) / M. Çerçioğlu, D. Çetinkaya // Turkish Journal of Forestry | Türkiye Ormançılık Dergisi. – 2021. – P. 17-24. DOI: <https://doi.org/10.18182/tjf.834136>.

33. Maia, P. From cone to seed and seedling—characterization of three Portuguese *Pinus pinaster* Aiton populations / P. Maia, S. Corticeiro // Seeds. – 2022. – Vol. 1. – No. 2. – P. 126-135. DOI: <https://doi.org/10.3390/seeds1020011>.

References

1. Degtyareva, S.I. Biologiya. Harakteristika osnovnyh lesoobrazuyushchih porod listvennyh i hvojnyh formacij lesov [Biology. Characteristics of the main forest-forming species of deciduous and coniferous forest formations]. Voronezh : Voronezhskij gosudarstvennyj lesotekhnicheskij universitet im. G.F. Morozova, 2018. – pp. 87 (in Russian). ISBN 978-5-7994-0266-2. URL: <https://www.elibrary.ru/vnkozst>.

2. Benito Garzón, M. Biogeographical patterns of local adaptation and plasticity of Mediterranean pines and their implications under climate change / M. Benito Garzón, N. Vizcaíno-Palomar // Pines and their mixed forest ecosystems in the Mediterranean basin. – 2021. – Vol. 38. – P. 71-82. DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-030-63625-8_4.

3. Vospernik, S. Tree species growth response to climate in mixtures of *Quercus robur*/*Quercus petraea* and *Pinus sylvestris* across Europe – a dynamic, sensitive equilibrium / S. Vospernik, M. Heym, H. Pretzsch et al. // Forest Ecology and Management. – 2023. – Vol. 530. – Article 120753. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2022.120753>.

4. Ekspress-analiz semyan v lesohozyajstvennom proizvodstve: teoreticheskie i tekhnologicheskie aspekty [Express analysis of seeds in forestry production: theoretical and technological aspects] / A. I. Novikov, M. V. Drapalyuk, S.V. Sokolov, T. P. Novikova. – Voronezh : Voronezhskij gosudarstvennyj lesotekhnicheskij universitet im. G.F. Morozova [Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov]. 2022: pp. 176 (in Russian). URL: <https://www.elibrary.ru/hmrfvd>.

5. Zenner, E.K.; Teimouri, M. Modeling in forestry using mixture models fitted to grouped and ungrouped data. *Forests*. 2021; 12: 1196. DOI: <https://doi.org/10.3390/f12091196>.
6. Barbosa, L.O.; Costa, E.A.; Schons, C.T.; Finger, C.A.G.; Liesenberg, V.; Bispo, P.d.C. Individual Tree Basal Area Increment Models for Brazilian Pine (*Araucaria augustifolia*) Using Artificial Neural Networks. *Forests* 2022,13,1108. <https://doi.org/103390/f13071108>
7. Nef D.P., Gotor E., Wiederkehr Guerra G., Zumwak J.M., Kettle C.J. Initial investment in diversity is the efficient thing to do for resilient forest landscape restoration. *Front. For. Glob. Change*. 2021; 3: 615682. DOI: <https://doi.org/10.3389/ffgc.2020.615682>.
8. Vays, A. Assessment of the condition and productivity of high pine plantations in the subtaiga forest-steppe region of central Siberia / A. Vays, P. Mihaylov, A. Melnik et al. // *Forestry Engineering Journal*. – 2022. – Vol. 12. – No. 3. – P. 26-41 (in Russian). DOI: <https://doi.org/10.34220/issn.2222-7962/2022.3/3>.
9. Fremout, T. Diversity for Restoration (D4R): Guiding the selection of tree species and seed sources for climate-resilient restoration of tropical forest landscapes / T. Fremout, E. Thomas, H. Taedoung et al. // *Journal of Applied Ecology*. – 2022. – Vol. 59. – № 3. – P. 664-679. DOI: <https://doi.org/10.1111/1365-2664.14079>.
10. Heuchel, A. Genetic diversity and background pollen contamination in Norway spruce and Scots pine seed orchard crops / A. Heuchel, D. Hall, W. Zhao et al. // *Forestry Research*. – 2022. – Vol. 2. – № 0. – P. 1-12. DOI: <https://doi.org/10.48130/fr-2022-0008>.
11. Ivetić, V. The role of forest reproductive material quality in forest restoration / V. Ivetić, A.I. Novikov // *Forestry Engineering Journal*. – 2019. – Vol. 9. – No. 2. – P. 56-65. – Режимдоступа: <https://www.elibrary.ru/hsenfb>.
12. Malysheva, V. I. Pokazateli kachestva semyan sosny obyknovenoj v Voronezhskoj oblasti [Indicators of the quality of common pine seeds in the Voronezh region] // *Plodovodstvo, semenovodstvo, introdukcija drevesnyh rastenij* [Fruit growing, seed production, introduction of woody plants]. – 2021. – T. 24. – С. 65-68 (in Russian). URL: https://www.elibrary.ru/download/elibrary_47954016_71718118.pdf
13. How to increase the analog-to-digital converter speed in optoelectronic systems of the seed quality rapid analyzer / S. V. Sokolov, V. V. Kamensky, A. I. Novikov, V. Ivetić // *Inventions*. – 2019. – Vol. 4, No. 4. – P. 61. – DOI: <https://doi.org/10.3390/inventions4040061>.
14. Novikov, A. I. Ekspress-analiz lesnyh semyan biofizicheskimi metodami [Express analysis of forest seeds by biophysical methods]. Voronezh : Voronezhskij gosudarstvennyj lesotekhnicheskij universitet im. G.F. Morozova [Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov], 2018. pp. 128. URL: <https://www.elibrary.ru/yzuzgx>.
15. Potasheva, Y.I. Genetic features of the offspring of Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) trees differing in the abundance of fruiting / Y.I. Potasheva, D.H. Fayzulin, N.P. Gaevsky // *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. – 2021. – Vol. 677. – № 5. – P. 052106. DOI: <https://doi.org/10.1088/1755-1315/677/5/052106>.
16. Tsarev, A.P. The current state of forest breeding in the Russian federation: the trend of recent decades / A.P. Tsarev, V.A. Tsarev, R.P. Tsareva, N. V. Laur // *Lesnoy Zhurnal (Forestry Journal)*. 2021. No. 6. P. 38-55 (in Russian). DOI: <https://doi.org/10.37482/0536-1036-2021-6-38-55>.
17. Bacherikov, I. V. Coat Colour Grading of the Scots Pine Seeds Collected from Faraway Provenances Reveals a Different Germination Effect / I. V Bacherikov, D.E. Raupova, A.S. Durova et al. // *Seeds*. – 2022. – Vol. 1. – № 1. – P. 49-73. DOI: <https://doi.org/10.3390/seeds1010006>.
18. Novikov, A.I. Performance of Scots pine seedlings from seeds graded by colour / A.I. Novikov, S.V. Sokolov, M.V. Drapalyuk et al. // *Forests*. – 2019. – Vol. 10. – № 12. – P. 1064. DOI: <https://doi.org/10.3390/f10121064>.
19. Novikov, A.I. Grading of Scots pine seeds by the seed coat color: how to optimize the engineering parameters of the mobile optoelectronic device / A.I. Novikov, V.K. Zolnikov, T.P. Novikova // *Inventions*. – 2021. – Vol. 6. – № 1. – P. 7. DOI: <https://doi.org/10.3390/inventions6010007>.
20. Li, X. Morphological and Comparative Transcriptome Analysis of Three Species of Five-Needle Pines: Insights into Phenotypic Evolution and Phylogeny / X. Li, K. Cai, Q. Zhao et al. // *Frontiers in Plant Science*. – 2022. – Vol. 13. – № February. DOI: <https://doi.org/10.3389/fpls.2022.795631>.

21. Hall, D. Divergent pattern between phenotypic and genetic variation in Scots pine / D. Hall, J. Olsson, W. Zhao et al. // *Plant Communications*. – 2020. – № December. – P. 100139. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.xplc.2020.100139>.
22. Novikov, A. I. Vliyanie sortirovaniya semyan sosny obyknovnoy po cvetu i razmeram na ih gruntovuyu vskhozhest' v kontejnerah [The influence of sorting of common pine seeds by color and size on their soil germination in containers] // *Hvoynye boreal'noj zony* [Coniferous boreal zones]. 2019. Vol. 37, no. 5. P. 313-319 (in Russian). URL: <https://www.elibrary.ru/vskfod>.
23. Novikova, T. The influence of the climatic index of degree-days on the vitality of 3-year-old seedlings of Scots pine from seeds graded by spectrometric features / T. Novikova, V. Malysheva, E. Petrishchev // *Forestry Engineering Journal*. – 2022. – Vol. 12. – № 1. – P. 110-118 (in Russian). DOI: <https://doi.org/10.34220/issn.2222-7962/2022.1/9>.
24. Patent № 2714705 C1 Rossijskaya Federaciya, MPK A01G 23/00. Sposob vosstanovleniya lesa : № 2019115418 : zayavl. 20.05.2019 : opubl. 19.02.2020 / A. I. Novikov ; zayavitel' Federal'noe gosudarstven-noe byudzhethoe obrazovatel'noe uchrezhdenie vysshego obrazovaniya "Voronezhskij gosudarstvennyj leso-tekhnicheskij universitet imeni G.F. Morozova" (in Russian). URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=42483242>.
25. Novikova, T. Study of a set of technological operations for the preparation of coniferous seed material for reforestation // *Forestry Engineering Journal*. – 2022. – Vol. 11. – No. 4. – P. 150-160 (in Russian). DOI: <https://doi.org/10.34220/issn.2222-7962/2021.4/13>.
26. Novikova, T. P. The choice of a set of operations for forest landscape restoration technology / T. P. Novikova // *Inventions*. – 2022. – Vol. 7, No. 1. – DOI: <https://doi.org/10.3390/inventions7010001>.
27. Novikov, A. I. Aerial seeding of forests in Russia: A selected literature analysis / A. I. Novikov, B. T. Ersson // *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 2019. Vol. 226. P. 012051. – DOI: <https://doi.org/10.1088/1755-1315/226/1/012051>.
28. Sheikina, O. Genetic polymorphism and seed differentiation Scots pine seeds of different selection categories using ISSR-markers / O. Sheikina, T. Krivorotova, Y. Gladkov // *Forestry Engineering Journal*. 2020. Vol. 9. No. 4. P. 15-24. DOI: <https://doi.org/10.34220/issn.2222-7962/2019.4/2>.
29. Kuznecova, N. F. Razvitie nespecificheskoj i specificheskoj reakcij u *Pinus sylvestris* L. na po-pulyacionnom urovne v stressovom gradiente zasushlivyh let / N. F. Kuznecova // *Ekologiya*. 2018. № 5. P. 332-338 (in Russian). DOI: <https://doi.org/10.7868/S0367059715050133>.
30. Kisternyy, G. The state of the female generative sphere of Scots pine in the active focus of the root fungus (*Heterobasidium annosum* (Fr.) Bref.) / G. Kisternyy // *Forestry Engineering Journal*. – 2023. – Vol. 12. – № 4. – P. 31-46 (in Russian). DOI: <https://doi.org/10.34220/issn.2222-7962/2022.4/3>.
31. Çerçioğlu, M. Relationship among altitude, growth characteristics and cone production in Brutian pine (*Pinus brutia* Ten.) / M. Çerçioğlu, D. Çetinkaya // *Turkish Journal of Forestry | Türkiye Ormançılık Dergisi*. – 2021. – P. 17-24 (in Turkish). DOI: <https://doi.org/10.18182/tjf.834136>.
32. Malyukov S.V., Pozdnyakov E.V., Degtyareva S.I., Shavkov M.V., Malyukova M.A., Shanin I.I., Ariko S.E. (2022) Operation of soil-cultivating implements in conditions of non-uprooted clearings in the european part of Russia: analysis of obstacles in the form of stumps and roots. *Lesotekhnicheskii zhurnal* [Forestry Engineering journal], Vol. 12, No. 4 (48), pp. 96-113 (in Russian). DOI: <https://doi.org/10.34220/issn.2222-7962/2022.4/7>.
33. Maia, P. From cone to seed and seedling—characterization of three Portuguese *Pinus pinaster* Aiton populations / P. Maia, S. Corticeiro // *Seeds*. – 2022. – Vol. 1. – No. 2. – P. 126-135. DOI: <https://doi.org/10.3390/seeds1020011>.

Сведения об авторе

✉ *Новикова Татьяна Петровна* – кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры компьютерных технологий и микроэлектронной инженерии, ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова», ул. Тимирязева, д. 8, г. Воронеж, Российская Федерация, 394087; <http://orcid.org/0000-0003-1279-3960>, e-mail: novikova_tp.vglta@mail.ru.

Information about the author

✉ *Tatyana P. Novikova*, Cand. Sci. (Technical), Docent, Chair of Computer Technology and Microelectronic Engineering, Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G. F. Morozov, Timiryazeva str., 8, Voronezh 394087, Russian Federation, 394087, <http://orcid.org/0000-0003-1279-3960>, e-mail: novikova_tp.vglta@mail.ru.

✉ Для контактов/Corresponding author