


Обзор

DOI: <https://doi.org/10.34220/issn.2222-7962/2023.1/2>


УДК 630*232.3





Индекс качества Диксона: связь с технологическим воздействием на лесные семена

Артур И. Новиков¹, arthur.novikov@vglta.vrn.ru  <https://orcid.org/0000-0003-1230-0433>

Сергей В. Ребко², rebko@belstu.by  <https://orcid.org/0000-0002-6892-2859>

Татьяна П. Новикова¹, novikova_tp.vglta@mail.ru  <https://orcid.org/0000-0003-1279-3960>

Евгений П. Петрищев¹  petrishchev.vgltu@mail.ru  <https://orcid.org/0000-0002-1395-3631>

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

²Учреждение образования «Белорусский государственный технологический университет», ул. Свердлова, 13а, г. Минск, 220006, Республика Беларусь

Комплексный показатель прогнозирования качества посадочного материала на момент посадки – индекс качества Диксона (DQI) – на данный момент времени достаточно широко представлен в исследованиях роста и развития лесных культур, но не ограничивается ими. На основе систематизации данных на глубину 10 лет, возвращенных поиском по терму «[*Scholar Query* = "*Dickson quality index*"]», динамике индекса качества Диксона в зависимости от критериев технологического воздействия на семена и сеянцы (саженцы) проводили иерархическую классификацию с использованием метода наиболее отдаленных соседей для описания сходства между критериями. Группирование данных выполняли с использованием квадрата Евклидова расстояния. Изменение индекса DQI в большинстве случаев может быть аппроксимировано полиномом второго порядка. Технологическое воздействие на семена перед посевом на основании метода сходства и различия значимо ($p < 0.05$) выделяется в отдельный кластер (квадрат Евклидова расстояния – 4), что предполагает возможный вклад в оценку качества посадочного материала с помощью DQI. В будущих исследованиях планируется получить ответ на вопрос: оказывает ли и какое влияние разделение семян по спектрометрическим свойствам на динамику индекса DQI в процессе онтогенеза? Как влияет размерность отношения высоты растения к диаметру корневой шейки на точность оценки DQI?

Ключевые слова: индекс качества Диксона, лесные семена, подготовка семян, качество сеянца, искусственное лесовосстановление

Финансирование: исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 23-26-00228, <https://rscf.ru/project/23-26-00228/>.


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

Конфликт интересов: авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Для цитирования: Индекс качества Диксона: связь с технологическим воздействием на лесные семена / А. И. Новиков, С. В. Ребко, Т. П. Новикова, Е. П. Петрищев // Лесотехнический журнал. – 2023. – Т. 13. – № 1 (49). – С. 23–36. – Библиогр.: с. 29–34 (41 назв.). – DOI: <https://doi.org/10.34220/issn.2222-7962/2023.1/2>.



Поступила 23.02.2023. Пересмотрена 26.03.2023. Принята 27.03.2023. Опубликовано онлайн 15.05.2023.

Dickson Quality Index: relation to technological impact on forest seeds

Arthur I. Novikov¹, arthur.novikov@vglta.vrn.ru  <https://orcid.org/0000-0003-1230-0433>

Siarhei U. Rabko², rebko@belstu.by  <https://orcid.org/0000-0002-6892-2859>

Tatyana P. Novikova¹, novikova_tp.vglta@mail.ru  <https://orcid.org/0000-0003-1279-3960>

Evgeniy P. Petrishchev¹  petrishchev.vgltu@mail.ru  <https://orcid.org/0000-0002-1395-3631>

¹Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov, Timiryazeva str., 8, Voronezh, 394087, Russian Federation

²Belarusian State Technological University, Sverdlova str., 13a, Minsk, 220006, Republic of Belarus

Abstract

A comprehensive indicator of predicting the quality of planting material at the time of planting – the Dickson quality Index (DQI) – is currently widely represented in studies of the growth and development of forest crops, but is not limited to them. Based on the systematization of data to a depth of 10 years returned by the term [Scholar Query = "Dickson quality index"], on the dynamics of the Dickson quality index depending on the criteria of technological impact on seeds and seedlings (seedlings), a hierarchical classification was carried out using the method of the most distant neighbors to describe the similarity between the criteria. Data grouping was performed using the square of the Euclidean distance. The change in the DQI index in most cases can be approximated by a second-order polynomial. The technological impact on seeds before sowing on the basis of the convergence and difference method is significantly ($p < 0.05$) allocated to a separate cluster (the square of the Euclidean distance is 4), which suggests a possible contribution to the assessment of the quality of planting material using DQI. In future studies, it is planned to get an answer to the question: what effect does the separation of seeds by spectrometric properties have on the dynamics of the DQI index in the process of ontogenesis? How does the dimensionality of the ratio of plant height to the diameter of the root neck affect the accuracy of the DQI estimate?

Keywords: Dickson quality index, DQI, forest seeds, seed spectrometric grading, seed pretreatment, seedling, plant, plant quality, artificial reforestation

Funding: this study has been supported by the grants the Russian Science Foundation, RSF 23-26-00228, <https://rscf.ru/project/23-26-00228/>.

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

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

For citation: Novikov A. I., Rebko S. V., Novikova T. P., Petrishchev E. P. (2023). Dickson Quality Index: relation to technological impact on forest seeds. *Lesotekhnicheskii zhurnal* [Forestry Engineering journal], Vol. 13, No. 1 (49), pp. 23-36 (in Russian). DOI: <https://doi.org/10.34220/issn.2222-7962/2023.1/2>.

Received 23.02.2023. **Revised** 26.03.2023. **Accepted** 27.03.2023. **Published online** 15.05.2023.

Введение

Показатели качества [3] сеянцев (саженцев, в том числе *in vitro*) характеризуют как климатическое [2] и орографическое [29] воздействия природно-производственных условий произрастания на онтогенез, так и технологическое воздействие на семена

и сеянцы в процессе получения качественного посадочного материала в лесных питомниках [4; 17; 28], включая автоматизированные. Технологическое воздействие на семена сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.) в виде разделения по спектрометрическим свойствам не исключает в ряде случаев дифферен-

циации контейнерной всхожести [1] семян и производительности саженцев [26; 27]. Технологическое воздействие на семена сосны обыкновенной (*P. sylvestris* L.) в виде протравливания ТМТД (5 г/кг) или фундазолом (4 г/кг) в ряде случаев предопределяет появление тератоморфных¹, как показано у Фрейберга и Стеценко, фенотипов контейнеризированных сеянцев (условно-нормальных и аномальных); пересадка которых на лесокультурную площадь при лесовосстановлении отнюдь не способствует ускоренному росту и развитию (рис. 1).

В качестве показателей качества у семян может использоваться эффективность производства семян (SPE – *Seed production efficiency*) [30]. Для оценки морфофизиологии растения достаточно стабильным показателем качества служит отношение высоты к диаметру корневой шейки (HDR – *Height Diameter Ratio*), или коэффициент выносливости (SSQ – *Seedling Sturdiness Quotient*), или показатель напряженности роста [23] (ПНР), характеризующий уровень восприимчивости сеянца (саженца, в том числе *in vitro*) к стрессорам ветра, засухи и морозов [3]. Достаточно высокие значения HDR, как правило, предполагают этиоляцию саженца [34] в связи со стрессором технологического воздействия при пересадке и обязательную корректировку природно-производственных условий произрастания в питомнике.

Комплексный показатель, включающий HDR, – индекс качества Диксона (DQI – *Dickson Quality Index*), впервые разработанный в 1960 году Александром Диксоном с соавторами² при исследовании саженцев ели белой (*Picea alba* Link.) и сосны белой (*Pinus strobus* L.), для прогнозирования качества посадочного материала на момент посадки, на данный момент времени достаточно широко представлен в исследованиях роста и развития лесных культур, но не ограничивается ими. Первоначально у DQI было семь вариаций, из ко-

торых наиболее достоверные статистически значения для указанных лесных видов были получены у следующего соотношения, используемого в настоящее время:



Рисунок 1. Тератоморфный фенотип сосны обыкновенной (*P. sylvestris* L.), созданный пересадкой сеянцев (1+0, containerized, seed spectrometric grading) 24.10.2017 по дну борозды под меч Колесова на постпирогенном экспериментальном участке учебно-опытного лесхоза ВГЛТУ, демонстрирует явное отличие показателя HDR

Figure 1. Teratomorphic phenotype of Scots pine (*P. sylvestris* L.), created by transplanting a seedling (1+0, containerized, seed spectrometric grading) on 24.10.2017 along the bottom of the furrow at the postpyrogenic experimental site of the VSUFT educational and experimental forestry, demonstrates a clear difference in the HDR indicator

Источник: собственная композиция автора Новиковой Т.П. (28.03.2023)

Source: author's own composition by Novikova T.P. (28.03.2023)

$$DQI = \frac{TDW}{HDR+SRR}, \quad (1)$$

где TDW – сухая масса сеянца, мг; HDR – отношение высоты сеянца к диаметру корневой шейки, см мм⁻¹[41] (или см см⁻¹[19], или мм мм⁻¹[21]); для дерева, находящегося в генеративной стадии онтогенеза, рассчитывается как отношение высоты ствола дерева к диаметру на высоте 1,3 метра (м см⁻¹ [23]);

¹Фрейберг, И.А. Тератогенез сеянцев сосны – биоиндикатор загрязнения почвы лесных питомников пестицидами / И.А. Фрейберг, С.К. Стеценко // Современные проблемы науки и образования. – 2014. – № 5. – С. 587. – URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=22567001> (дата обращения: 17.04.2023).

²Dickson, A. Seedling quality – Soil fertility relationships of white spruce, and red and white pine in nurseries / A. Dickson, A.L. Leaf, J.F. Hosner // The Forestry Chronicle. – 1960. – Vol. 36. – № 1. – P. 10. DOI: <https://doi.org/10.5558/tfc36010-1>.

$SRR = SDW / RDW$ – отношение сухой массы надземной, в г (или мг [41]), к подземной, в г (или мг [41]), частям сеянца (стебля с листьями к корням).

Конкретный диапазон значений DQI, характеризующий устойчивость и баланс распределения биомассы сеянцев (саженцев), для каждой категории качества будет варьироваться в зависимости от вида и природно-производственных условий произрастания растения. По утверждению А. Диксона с соавторами, было бы «желательно дальнейшее тестирование всех семи формул при наличии достаточных эмпирических знаний для обеспечения обоснованного взвешивания задействованных факторов²». Минимально допустимое значение DQI составляет 0,2. Наилучшее соотношение SRR рекомендовано 2,0.

Современные исследования предпочитают использование уравнения (1), а также некоторых частных коэффициентов, например, индекса компактности CP (мг см⁻¹) [41]

$$CP = \frac{SDW}{H}, \quad (2)$$

где SDW – сухая масса, в мг, надземной части сеянца; H – высота сеянца, см;

или индекса здоровья сеянца (саженца) SHI (Seedling Health Index), [41]

$$SHI = \left(\frac{D}{H} \times \frac{RDW}{SDW}\right) \times TDW. \quad (3)$$

Индекс качества Диксона используется при оценке качества роста и развития сеянцев (саженцев, в том числе полученных мини-черенками *in vitro* [31]) в природно-производственных условиях в зависимости от технологического воздействия: на семена – скарификации [19] (механически, наждачной бумагой, со сторон эмбриональной оси и противоположной; термически, в воде 2 мин / 80 °C), протравливания [37], сортирования по спектротрическим свойствам [3]; на сеянцы (саженцы, в том числе *in vitro*) – света [12; 25; 34], затенения [7; 34; 36] (например, имитирующего условия подлеска 94 % [7]), температуры [5; 18; 22], полива [13; 16; 25], удобрений [20; 24; 37], субстрата [6; 19; 20], типа контейнера [15; 35; 36] (семенного ложа).

Чтобы проверить гипотезу о том, что технологическое воздействие на семена сеянцы (саженцы, в том числе *in vitro*) дифференцирует DQI, целью данного исследования было оценить степень влияния некоторых технологических факторов

(цвет и происхождение семян, вид предпосевной обработки семян, затенение, субстрат, удобрение, семенное ложе) на динамику DQI для различных видов культур при производстве высококачественного посадочного материала, в том числе и для адаптивного восстановления лесных ландшафтов.

Материалы и методы

Предмет и объект исследований

Объект исследований – набор данных об онтогенезе сеянцев (саженцев, в том числе *in vitro*), оцениваемых индексом качества Диксона.

Предмет исследований – взаимосвязь технологического воздействия на семена, сеянцы (саженцы, в том числе *in vitro*) с индексом качества Диксона.

Сбор данных

Используя комплексную платформу LENS (lens.org), для поиска источников информации формировали запрос по терму [Scholar Query = "Dickson quality index"], возвращающий 415 результатов. Актуализировали результаты фильтрами *published Date.from = 2012-01-01, published Date.to = 2023-12-31, open Access Colour Not*. Распределение 145 источников по видам и дате выхода в свет представлено на рис. 2.



Рисунок 2. Десятилетняя динамика выпуска научных публикаций по видам (N = 145), терм «Dickson quality index»

Figure 2. Ten-year dynamics of the release of scientific publications by type (N = 145), "Dickson quality index" term

Источник: <https://www.lens.org/>, компоновка по запросу авторов

Source: <https://www.lens.org/>, layout at the request of the authors

Просмотрели 145 полных текстов, отсортировав их по убыванию даты публикации, особое внимание уделяя разделу «Материалы и методы».

Результаты изучения источников сгруппировали в датасет со столбцами, приведенными в табл. 1.

Таблица 1

Критерии отбора результатов систематического поиска по терму «*Dickson quality index*» для оценки технологического воздействия на семена и сеянцы (саженцы)

Table 1

Selecting criteria for the results of a systematic search by the term "*Dickson quality index*" to assess the technological impact on seeds and seedlings (plants)

| |
|--|
| Вид Species |
| Forestry (F) / Agriculture (A) |
| Min DQI |
| Max DQI |
| Происхождение семян Seed provenance |
| Цвет семян Seed colour |
| Подготовка семян Seed treatment |
| Свет (затенение) Light (shading) |
| Температура Temperature |
| Субстрат Substrate |
| Удобрение Fertilizer |
| Семенное ложе Seed bed |
| Сеянцы / Саженцы (с открытой или закрытой корневой системой) Seedlings / Bare-rooted or containerized plants |
| Источники References |

Источник: собственные вычисления авторов

Source: own calculations

Анализ данных

На основе группировки данных о технологическом воздействии на сеянцы (саженцы) по критериям (см. табл. 1) проводили кластерный анализ с использованием метода наиболее отдаленных соседей для описания сходства между обработками [34]. Группирование данных выполняли с использованием квадрата евклидова расстояния. Статистические вычисления вариационных рядов [10] поддерживали программным обеспечением SPSS Statistics, версия 25.

Результаты и обсуждение

Характерные виды взаимосвязи DQI с технологическим воздействием критериев из табл. 1 на семена, сеянцы или саженцы демонстрируют скатерплоты с линиями тренда, аппроксимируемыми

полиномами второго, и реже третьего, порядков (рис. 3).

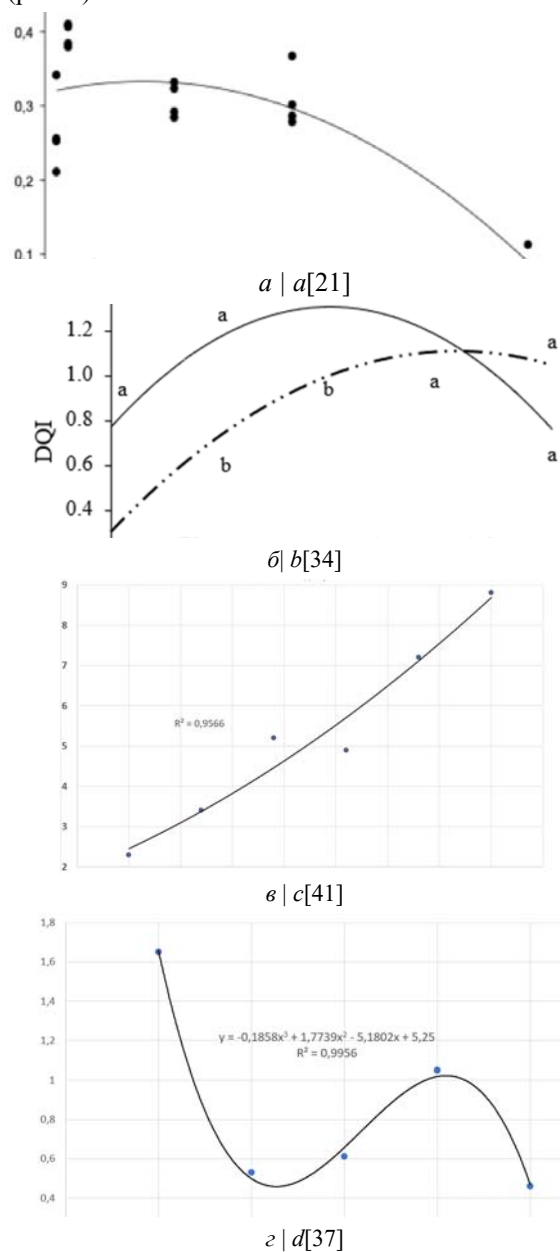


Рисунок 3. Взаимосвязь DQI (по оси ординат) с технологическим воздействием (по оси абсцисс): *a* – элемента (бора) в составе удобрения; *b* – различных доз органического удобрения, в мг, при двух вариантах затенения; *c* – искусственного освещения (плотности фотосинтетического потока фотонов | PPFD, размах 50-400 ммоль м⁻²с⁻¹); *d* – субстрата

Figure 3. Relationship of DQI (on the ordinate axis) with technological impact (on the abscissa axis): *a* – element (boron) in the composition of fertilizer; *b* – different doses of organic fertilizer, in mg, with two shading variations; *c* – artificial lighting (photosynthetic photon flux density | PPFD, span 50-400 mmol m⁻²s⁻¹); *d* – substrate

Источник: статьи, используемые в обзоре (обозначены в квадратных скобках рядом с буквой рисунка)

Source: articles used in the review (indicated in square brackets next to the letter of the figure)

Диаграмма сходства и различия исследований по критериям (табл. 1) представлена на рис. 4.

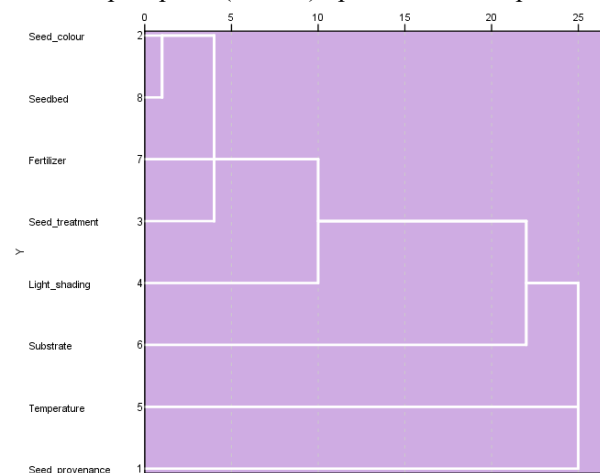


Рисунок 4. Кластеризация критериев технологического воздействия на сеянцы, оцениваемого DQI
Figure 4. Clustering of criteria for technological impact on seedlings assessed by DQI

Источник: собственная композиция авторов
Source: own composition

По степени технологического воздействия исследования условно кластеризуются на четыре группы: 1) технологическое воздействие на семена (квадрат Евклидова расстояния – 4), 2) технологическое воздействие удобрений и света / затенения (10), 3) технологическое воздействие субстрата в сочетании с предпосевной обработкой семян (22), 4) технологическое воздействие температуры (25).

Наряду с представленными взаимодействиями (рис. 2) и характером их изменения (рис. 2) в будущем целесообразно выявить возможность идентификации (например, на основе конволюционной нейросети) по показателю HDR и DQI сеянцев (саженцев), степени их тератоморфности³ (рис. 3) как результата, например, почвенных изме-

³Фрейберг, И.А. Тератогенез сеянцев сосны – биоиндикатор загрязнения почвы лесных питомников пестицидами / И.А. Фрейберг, С.К. Стеценко // Современные проблемы науки и образования. – 2014. – № 5. – С. 587. – URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=22567001> (дата обращения: 17.04.2023).

нений в питомнике, разработке эффективной классификации лесопосадочного материала, а также протоколов технологического воздействия на семена и сеянцы в лесном питомнике.

Не менее важно в будущем установить взаимосвязь между длиной, спектрометрическими свойствами, массой хвои и показателями HDR и DQI как базы для определения адаптации. Например, Грязькин и Гаврилова (2022) [14] выявили влияние высоты дерева сосны обыкновенной (*P. sylvestris* L.) и, как следствие, освещенности, на морфометрические и массовые показатели хвои.

Для оценки процесса ризогенеза сеянцев (саженцев, в том числе полученных *in vitro*) может быть применен индекс качества корней [33] (RQI – *Root Quality Index*), представляющий собой модифицированную формулу DQI (1):

$$RQI = \frac{TDW}{RSQ + SRR} \quad (4)$$

где RSQ (*root sturdiness quotient*) – коэффициент выносливости корней, определяемый как отношение среднего диаметра корней к общей длине корневой системы, мм.

Заключение

Технологическое воздействие на семена перед посевом на основании метода сходства и различия значимо ($p < 0.05$) выделяется в отдельный кластер (квадрат Евклидова расстояния – 4), что предполагает возможный вклад в оценку качества посадочного материала с помощью DQI.

DQI может быть использован как эффективный инструмент оценки качества адаптации [8; 33] местных и инвазивных видоврастительности в природно-производственных условиях произрастания на разных почвах [9] при восстановлении техногенно [40], пирогенно [26] нарушенных ландшафтов. Оценка адаптации культивируемых *in vitro* растений [11] к природно-производственным условиям произрастания с помощью индекса качества Диксона позволит осуществлять выбор эффективной технологии лесовосстановления.

Список литературы

1. 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/item.asp?id=42337219>.
2. 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. Мальшева, Е.П. Петрищев // Лесотехнический журнал. – 2022. – Т. 12. – № 1. – С. 110-118. DOI: <https://doi.org/10.34220/issn.2222-7962/2022.1/9>.
3. Петрищев, Е.П. Исследование взаимосвязи биометрических параметров ювенильных сеянцев сосны обыкновенной из кондиционных семян при оценке результатов лесовосстановления / Е.П. Петрищев // Лесотехнический журнал. – 2022. – Т. 11. – № 4. – С. 161-169. DOI: <https://doi.org/10.34220/issn.2222-7962/2021.4/14>.
4. Andreeva, E. Agrotechnical measures influence to the growth and state of the 1-year-old pine seedlings root system in forest nursery by soil contamination with pesticides / E. Andreeva, S. Stetsenko, G. Terekhov, D. Basistov // Forestry Engineering Journal. – 2022. – Vol. 12. – № 3. – P. 16-25. DOI: <https://doi.org/10.34220/issn.2222-7962/2022.3/2>.
5. Araújo, E.F. Organic Residues Improve the Quality and Field Initial Growth of Senna multijuga Seedlings / E.F. Araújo, L.B. Sousa, R.S.A. Nóbrega et al. // Journal of Sustainable Forestry. – 2021. – Vol. 40. – № 3. – P. 249-262. DOI: <https://doi.org/10.1080/10549811.2020.1748060>.
6. Budiadi, B. Seedling Growth and Quality of Avicennia marina (Forssk.) Vierh. under Growth Media Composition and Controlled Salinity in an Ex Situ Nursery / B. Budiadi, W. Widiyatno, H.H. Nurjanto et al. // Forests. – 2022. – Vol. 13. – № 5. – P. 684. DOI: <https://doi.org/10.3390/f13050684>.
7. Contin, D.R. Effect of different irradiance levels on anatomy and growth of two Malvaceae species during two seasons / D.R. Contin, E. Habermann, V.M. Alves, C.A. Martinez // Revista Brasileira de Botanica. – 2020. – Vol. 43. – № 2. – P. 257-269. DOI: <https://doi.org/10.1007/s40415-020-00609-4>.
8. Cuzzuol, G.R.F. Relationship between N, P, and K and the quality and stem structural characteristics of Caesalpinia echinata Lam. plants / G.R.F. Cuzzuol, C.R.D. Milanez, J.M.L. Gomes et al. // Trees. – 2013. – Vol. 27. – № 5. – P. 1477-1484. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00468-013-0894-9>.
9. Devyatova, T. soil cover and soil properties of small catchments of the Pridonsky cretaceous forest-steppe region of the central Russian upland / T. Devyatova, S. Bozhko, Y. Gorbunova, L. Yablonskih // Forestry Engineering Journal. – 2023. – Vol. 12. – № 4. – P. 153-168. DOI: <https://doi.org/10.34220/issn.2222-7962/2022.4/11>.
10. Drapalyuk, M. 140th anniversary of the birthday of Alexander Vladimirovich Tyurin / M. Drapalyuk, A. Sivolapov, V. Bugakov, M. Razinkov // Forestry Engineering Journal. – 2023. – Vol. 12. – № 4. – P. 5-13. DOI: <https://doi.org/10.34220/issn.2222-7962/2022.4/1>.
11. Dushimimana, C. Variation of Morphological Traits and Quality Indices of Micropropagated Melia volkensii Gürke Clones before Field Planting / C. Dushimimana, T. Magomere, J. Mulatya et al. // Forests. – 2022. – Vol. 13. – № 2. – P. 337. DOI: <https://doi.org/10.3390/f13020337>.
12. Evlakov, P. Effect of different led spectrum regimens on growth and development of Betula pubescens Ehrh. and Rubus idaeus L. in culture in vitro / P. Evlakov, T. Grodeckaya, O. Fedorova et al. // Forestry Engineering Journal. – 2023. – Vol. 12. – № 4. – P. 14-30. DOI: <https://doi.org/10.34220/issn.2222-7962/2022.4/2>.
13. Freitas, V.D.M.B. Influence of exogenous application of abscisic acid in gas exchanges of Hymenaea courbaril L. (Fabaceae) seedlings subjected to water deficit / V.D.M.B. Freitas, S.D.P.Q. Scalon, D.M. Dresch et al. // Floresta. – 2018. – Vol. 48. – № 2. – P. 163. DOI: <https://doi.org/10.5380/rev.v48i2.53076>.
14. Gryaz'kin, A. Biometric characteristics of pine needles growing on burned-out area / A. Gryaz'kin, O. Gavrilova // Forestry Engineering Journal. – 2022. – Vol. 12. – № 1. – P. 21-31. DOI: <https://doi.org/10.34220/issn.2222-7962/2022.1/2>.

15. Ivetić, V. Seedling Quality in Serbia – Results from a Three-Year Survey / V. Ivetić, Z. Maksimović, I. Kerkez, J. Devetaković // *Reforesta*. – 2017. – № 4. – P. 27-53. DOI: <https://doi.org/10.21750/REFOR.4.04.43>.
16. Jeromini, T.S. Effects of substrate and water availability on the initial growth of *Alibertia edulis* Rich. / T.S. Jeromini, L.H. de S. Mota, S.D.P.Q. Scalón et al. // *Floresta*. – 2018. – Vol. 49. – № 1. – P. 089. DOI: <https://doi.org/10.5380/rf.v49i1.57122>.
17. Kielbasa, P. Design of a Planting Module for an Automatic Device for Forest Regeneration / P. Kielbasa, T. Szulc, M. Szychta et al. // *Croatian journal of forest engineering*. – 2023. – Vol. 44. – № 1. – P. 203-215. DOI: <https://doi.org/10.5552/crojfe.2023.1722>.
18. Köster, E. Effect of biochar amendment on the properties of growing media and growth of containerized norway spruce, scots pine, and silver birch seedlings / E. Köster, J. Pumpanen, M. Palviainen et al. // *Canadian Journal of Forest Research*. – 2021. – Vol. 51. – № 1. – P. 31-40. DOI: <https://doi.org/10.1139/cjfr-2019-0399>.
19. Lemes, R. de Q. Superação de Dormência e Produção de Mudas de Jatobá (*Hymenaea courbaril* L.) em Diferentes Substratos / R. de Q. Lemes, P.C. da Silva Filho, P.R.L. Souza, L.W. dos Santos // *Uniciências*. – 2023. – Vol. 26. – № 2. – P. 120-123. DOI: <https://doi.org/10.17921/1415-5141.2022v26n2p120-123>.
20. Madrid-Aispuro, R.E. Alternative substrates and fertilization doses in the production of *Pinus cembroides* Zucc. in nursery / R.E. Madrid-Aispuro, J.A. Prieto-Ruíz, A. Aldrete et al. // *Forests*. – 2020. – Vol. 11. – № 1. DOI: <https://doi.org/10.3390/f11010071>.
21. Maria, L. de S. Fertilization via soil with boric acid in *Dipteryx odorata* (Aubl.) Willd. seedlings / L. de S. Maria, G. Caione, R. de M. Prado // *Research Square*. – 2022. DOI: <https://doi.org/10.21203/rs.3.rs-1995237/v1>.
22. Medeiros Simões, I. Heat Stress Affects the Physiological and Biochemical Quality of *Dalbergia nigra* Seeds in vitro / I. Medeiros Simões, J. Oliveira Baptista, T. Lins Monteiro Rosa et al. // *Forest Science*. – 2021. – Vol. 67. – № 6. – P. 731-739. DOI: <https://doi.org/10.1093/forsci/xfab036>.
23. Mihaylova, M. Current preservation, growth intensity and sanitary the condition of the trees of the common pine in need geographical forest cultures of the Voronezh region / M. Mihaylova, M. Chernyshov // *Forestry Engineering Journal*. – 2022. – Vol. 12. – № 1. – P. 56-67. DOI: <https://doi.org/10.34220/issn.2222-7962/2022.1/5>.
24. Morais, T.C.B. de. Efficiency of the CL, DRIS and CND methods in assessing the nutritional status of *Eucalyptus* spp. rooted cuttings / T.C.B. de Morais, R.M. Prado, E.I.F. Traspadini et al. // *Forests*. – 2019. – Vol. 10. – № 9. DOI: <https://doi.org/10.3390/f10090786>.
25. Mota, C.S. Use of physiological parameters to assess seedlings quality of *Eugenia dysenterica* DC. grown in different substrates / C.S. Mota, F.G. Silva, P. Dornelles et al. // *Australian Journal of Crop Science*. – 2016. – Vol. 10. – № 6. – P. 842-851. DOI: <https://doi.org/10.21475/ajcs.2016.10.06.p7501>.
26. Novikov, A.I. The effect of seed coat color grading on height of one-year-old container-grown Scots pine seedlings planted on post-fire site / A.I. Novikov, V. Ivetić // *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. – 2019. – Vol. 226. – P. 012043. DOI: <https://doi.org/10.1088/1755-1315/226/1/012043>.
27. 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>.
28. Nyoka, B.I. Quality of tree seedlings produced in nurseries in Malawi: an assessment of morphological attributes / B.I. Nyoka, R. Kamanga, J. Njoloma et al. // *Forests Trees and Livelihoods*. – 2018. – Vol. 27. – № 2. – P. 103-117. DOI: <https://doi.org/10.1080/14728028.2018.1443027>.
29. Ozbey, A. Block effect on genetic parameters in a 23-year-old progeny trial of *Pinus brutia* / A. Ozbey, N. Bilir // *Forestry Engineering Journal*. – 2022. – Vol. 12. – № 2. – P. 5-13. DOI: <https://doi.org/10.34220/issn.2222-7962/2022.2/1>.
30. Pérez-Flores, J. Fruit characterization and plant quality of Spanish cedar (*Cedrela odorata* L.) during the early nursery stage / J. Pérez-Flores, N.Y. Hernández-Méndez, F. Sánchez-Gutiérrez et al. // *Agro Productividad*. – 2023. DOI: <https://doi.org/10.32854/agrop.v16i1.2325>.

31. Pimentel, N. Effect of mini-cutting size on adventitious rooting and morphophysiological quality of *Ilex paraguariensis* plantlets / N. Pimentel, D. Gazzana, J. de F. Spanevello et al. // *Journal of Forestry Research*. – 2021. – Vol. 32. – № 2. – P. 815-822. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11676-020-01126-6>.
32. Rocha, J.S. Nitrogen supplementation improves the high-light acclimation of *Guazuma ulmifolia* Lam. seedlings / J.S. Rocha, A.K. Calzavara, E. Bianchini et al. // *Trees*. – 2019. – Vol. 33. – № 2. – P. 421-431. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00468-018-1788-7>.
33. Saha, R. Integrated assessment of adventitious rhizogenesis in *Eucalyptus*: root quality index and rooting dynamics / R. Saha, H.S. Ginwal, G. Chandra, S. Barthwal // *Journal of Forestry Research*. – 2020. – Vol. 31. – № 6. – P. 2145-2161. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11676-019-01040-6>.
34. Santos, C.C. Morphophysiology and quality of *Alibertia edulis* seedlings grown under light contrast and organic residue / C.C. Santos, A. Goelzer, O.B. da Silva et al. // *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*. – 2023. – Vol. 27. – № 5. – P. 375-382. DOI: <https://doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v27n5p375-382>.
35. Shalizi, M.N. Effects of five growing media and two fertilizer levels on polybag-Raised camden whitegum (*Eucalyptus benthamii* maiden & cambage) seedling morphology and drought hardiness / M.N. Shalizi, B. Goldfarb, O.T. Burney, T.H. Shear // *Forests*. – 2019. – Vol. 10. – № 7. DOI: <https://doi.org/10.3390/f10070543>.
36. Siqueira Walter, L. How Shading and Container Type Influence *Ilex paraguariensis* A.St.-Hil. Seedling Production / L. Siqueira Walter, M. Melo Moura, M. Moreno Gabira et al. // *Forest Science*. – 2022. – Vol. 68. – № 5-6. – P. 533-539. DOI: <https://doi.org/10.1093/forsci/fxac036>.
37. Souza, A. das G. Controlled-Release Fertiliser and Substrates on Seedling Growth and Quality in *Agonandra brasiliensis* in Roraima / A. das G. Souza, O.J. Smiderle, R.A. Montenegro et al. // *Journal of Agricultural Studies*. – 2020. – Vol. 8. – № 3. – P. 70. DOI: <https://doi.org/10.5296/jas.v8i3.16363>.
38. Souza, A.G. Nutrition and accumulation of nutrients in *Pochota fendleri* seedlings / A.G. Souza, O.J. Smiderle, E.A. Chagas // *Revista Brasileira de Ciências Agrárias - Brazilian Journal of Agricultural Sciences*. – 2018. – Vol. 13. – № 3. – P. 1-7. DOI: <https://doi.org/10.5039/agraria.v13i3a5559>.
39. Souza, A.G. Nutrition and accumulation of nutrients in *Pochota fendleri* seedlings / A.G. Souza, O.J. Smiderle, E.A. Chagas // *Revista Brasileira de Ciências Agrárias - Brazilian Journal of Agricultural Sciences*. – 2018. – Vol. 13. – № 3. – P. 1-7. DOI: <https://doi.org/10.5039/agraria.v13i3a5559>.
40. Treschevskaya, E. Growth, state and productivity of perennial shrubs on dumps of iron-ore mine / E. Treschevskaya, E. Tikhonova, I. Golyadkina et al. // *Forestry Engineering Journal*. – 2023. – Vol. 12. – № 4. – P. 60-76. DOI: <https://doi.org/10.34220/issn.2222-7962/2022.4/5>.
41. Yang, H.-C. Identification of Appropriate Light Intensity and Daytime Temperature for Cucumber (*Cucumis sativus* L.) Seedlings in a Plant Factory with Artificial Lighting for Use as Grafting Material / H.-C. Yang, Y.-H. Kim, H.-J. Byun et al. // *Sustainability*. – 2023. – Vol. 15. – № 5. – P. 4481. DOI: <https://doi.org/10.3390/su15054481>.

References

1. Novikov, A.I. Vliyanie sortirovaniya semyan sosny obyknovnoy po cvetu i razmeram na ih gruntovuyu vskhozhest' v kontejnerah // *Hvojnye boreal'noj zony*. – 2019. – T. 37. – № 5. – С. 313-319. – URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=42337219>.
2. Novikova, T.P. Vliyanie klimaticheskogo indeksa graduso-dnej na vitalitet 3-letnih seyancev sosny obyknovnoy iz sortirovannyh po spektrometricheskim svoystvam semyan / T.P. Novikova, V.I. Malysheva, E.P. Petrishchev // *Lesotekhnicheskij zhurnal*. – 2022. – T. 12. – № 1. – С. 110-118. DOI: <https://doi.org/10.34220/issn.2222-7962/2022.1/9>.
3. Petrishchev, E.P. Issledovanie vzaimosvyazi biometricheskikh parametrov yuvenil'nyh seyancev sosny obyknovnoy iz kondicionnyh semyan pri ocenke rezul'tatov lesovosstanovleniya / E.P. Petrishchev // *Lesotekhnicheskij zhurnal*. – 2022. – T. 11. – № 4. – С. 161-169. DOI: <https://doi.org/10.34220/issn.2222-7962/2021.4/14>.

4. Andreeva, E. Agrotechnical measures influence to the growth and state of the 1-year-old pine seedlings root system in forest nursery by soil contamination with pesticides / E. Andreeva, S. Stetsenko, G. Terekhov, D. Basistov // *Forestry Engineering Journal*. – 2022. – Vol. 12. – № 3. – P. 16-25. DOI: <https://doi.org/10.34220/issn.2222-7962/2022.3/2>.
5. Araújo, E.F. Organic Residues Improve the Quality and Field Initial Growth of Senna multijuga Seedlings / E.F. Araújo, L.B. Sousa, R.S.A. Nóbrega et al. // *Journal of Sustainable Forestry*. – 2021. – Vol. 40. – № 3. – P. 249-262. DOI: <https://doi.org/10.1080/10549811.2020.1748060>.
6. Budiadi, B. Seedling Growth and Quality of *Avicennia marina* (Forssk.) Vierh. under Growth Media Composition and Controlled Salinity in an Ex Situ Nursery / B. Budiadi, W. Widiyatno, H.H. Nurjanto et al. // *Forests*. – 2022. – Vol. 13. – № 5. – P. 684. DOI: <https://doi.org/10.3390/f13050684>.
7. Contin, D.R. Effect of different irradiance levels on anatomy and growth of two Malvaceae species during two seasons / D.R. Contin, E. Habermann, V.M. Alves, C.A. Martinez // *Revista Brasileira de Botanica*. – 2020. – Vol. 43. – № 2. – P. 257-269. DOI: <https://doi.org/10.1007/s40415-020-00609-4>.
8. Cuzzuol, G.R.F. Relationship between N, P, and K and the quality and stem structural characteristics of *Caesalpinia echinata* Lam. plants / G.R.F. Cuzzuol, C.R.D. Milanez, J.M.L. Gomes et al. // *Trees*. – 2013. – Vol. 27. – № 5. – P. 1477-1484. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00468-013-0894-9>.
9. Devyatova, T. soil cover and soil properties of small catchments of the Pridonsky cretaceous forest-steppe region of the central Russian upland / T. Devyatova, S. Bozhko, Y. Gorbunova, L. Yablonskih // *Forestry Engineering Journal*. – 2023. – Vol. 12. – № 4. – P. 153-168. DOI: <https://doi.org/10.34220/issn.2222-7962/2022.4/11>.
10. Drapalyuk, M. 140th anniversary of the birthday of Alexander Vladimirovich Tyurin / M. Drapalyuk, A. Sivolapov, V. Bugakov, M. Razinkov // *Forestry Engineering Journal*. – 2023. – Vol. 12. – № 4. – P. 5-13. DOI: <https://doi.org/10.34220/issn.2222-7962/2022.4/1>.
11. Dushimimana, C. Variation of Morphological Traits and Quality Indices of Micropropagated *Melia volkensii* Gürke Clones before Field Planting / C. Dushimimana, T. Magomere, J. Mulatya et al. // *Forests*. – 2022. – Vol. 13. – № 2. – P. 337. DOI: <https://doi.org/10.3390/f13020337>.
12. Evlakov, P. Effect of different led spectrum regimens on growth and development of *Betula pubescens* Ehrh. and *Rubus idaeus* L. in culture in vitro / P. Evlakov, T. Grodeckaya, O. Fedorova et al. // *Forestry Engineering Journal*. – 2023. – Vol. 12. – № 4. – P. 14-30. DOI: <https://doi.org/10.34220/issn.2222-7962/2022.4/2>.
13. Freitas, V.D.M.B. Influence of exogenous application of abscisic acid in gas exchanges of *Hymenaea courbaril* L. (Fabaceae) seedlings subjected to water deficit / V.D.M.B. Freitas, S.D.P.Q. Scalon, D.M. Dresch et al. // *Floresta*. – 2018. – Vol. 48. – № 2. – P. 163. DOI: <https://doi.org/10.5380/ufv.v48i2.53076>.
14. Gryaz'kin, A. Biometric characteristics of pine needles growing on burned-out area / A. Gryaz'kin, O. Gavrilova // *Forestry Engineering Journal*. – 2022. – Vol. 12. – № 1. – P. 21-31. DOI: <https://doi.org/10.34220/issn.2222-7962/2022.1/2>.
15. Ivetić, V. Seedling Quality in Serbia – Results from a Three-Year Survey / V. Ivetić, Z. Maksimović, I. Kerkez, J. Devetaković // *Reforesta*. – 2017. – № 4. – P. 27-53. DOI: <https://doi.org/10.21750/REFOR.4.04.43>.
16. Jeromini, T.S. Effects of substrate and water availability on the initial growth of *Alibertia edulis* Rich. / T.S. Jeromini, L.H. de S. Mota, S.D.P.Q. Scalon et al. // *Floresta*. – 2018. – Vol. 49. – № 1. – P. 089. DOI: <https://doi.org/10.5380/ufv.v49i1.57122>.
17. Kielbasa, P. Design of a Planting Module for an Automatic Device for Forest Regeneration / P. Kielbasa, T. Szulc, M. Szycha et al. // *Croatian journal of forest engineering*. – 2023. – Vol. 44. – № 1. – P. 203-215. DOI: <https://doi.org/10.5552/crojfe.2023.1722>.
18. Köster, E. Effect of biochar amendment on the properties of growing media and growth of containerized norway spruce, scots pine, and silver birch seedlings / E. Köster, J. Pumpanen, M. Palviainen et al. // *Canadian Journal of Forest Research*. – 2021. – Vol. 51. – № 1. – P. 31-40. DOI: <https://doi.org/10.1139/cjfr-2019-0399>.

19. Lemes, R. de Q. Superação de Dormência e Produção de Mudanças de Jatobá (*Hymenaea courbaril* L.) em Diferentes Substratos / R. de Q. Lemes, P.C. da Silva Filho, P.R.L. Souza, L.W. dos Santos // *Uniciências*. – 2023. – Vol. 26. – № 2. – P. 120-123. DOI: <https://doi.org/10.17921/1415-5141.2022v26n2p120-123>.
20. Madrid-Aispuro, R.E. Alternative substrates and fertilization doses in the production of *Pinus cembroides* Zucc. in nursery / R.E. Madrid-Aispuro, J.A. Prieto-Ruiz, A. Aldrete et al. // *Forests*. – 2020. – Vol. 11. – № 1. DOI: <https://doi.org/10.3390/f11010071>.
21. Maria, L. de S. Fertilization via soil with boric acid in *Dipteryx odorata* (Aubl.) Willd. seedlings / L. de S. Maria, G. Caione, R. de M. Prado // *Research Square*. – 2022. DOI: <https://doi.org/10.21203/rs.3.rs-1995237/v1>.
22. Medeiros Simões, I. Heat Stress Affects the Physiological and Biochemical Quality of *Dalbergia nigra* Seeds in vitro / I. Medeiros Simões, J. Oliveira Baptista, T. Lins Monteiro Rosa et al. // *Forest Science*. – 2021. – Vol. 67. – № 6. – P. 731-739. DOI: <https://doi.org/10.1093/forsci/fxab036>.
23. Mihaylova, M. Current preservation, growth intensity and sanitary the condition of the trees of the common pine in need geographical forest cultures of the Voronezh region / M. Mihaylova, M. Chernyshov // *Forestry Engineering Journal*. – 2022. – Vol. 12. – № 1. – P. 56-67. DOI: <https://doi.org/10.34220/issn.2222-7962/2022.1/5>.
24. Morais, T.C.B. de. Efficiency of the CL, DRIS and CND methods in assessing the nutritional status of *Eucalyptus* spp. rooted cuttings / T.C.B. de Morais, R.M. Prado, E.I.F. Traspadini et al. // *Forests*. – 2019. – Vol. 10. – № 9. DOI: <https://doi.org/10.3390/f10090786>.
25. Mota, C.S. Use of physiological parameters to assess seedlings quality of *Eugenia dysenterica* DC. grown in different substrates / C.S. Mota, F.G. Silva, P. Dornelles et al. // *Australian Journal of Crop Science*. – 2016. – Vol. 10. – № 6. – P. 842-851. DOI: <https://doi.org/10.21475/ajcs.2016.10.06.p7501>.
26. Novikov, A.I. The effect of seed coat color grading on height of one-year-old container-grown Scots pine seedlings planted on post-fire site / A.I. Novikov, V. Ivetić // *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. – 2019. – Vol. 226. – P. 012043. DOI: <https://doi.org/10.1088/1755-1315/226/1/012043>.
27. 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>.
28. Nyoka, B.I. Quality of tree seedlings produced in nurseries in Malawi: an assessment of morphological attributes / B.I. Nyoka, R. Kamanga, J. Njoloma et al. // *Forests Trees and Livelihoods*. – 2018. – Vol. 27. – № 2. – P. 103-117. DOI: <https://doi.org/10.1080/14728028.2018.1443027>.
29. Ozbey, A. Block effect on genetic parameters in a 23-year-old progeny trial of *Pinus brutia* / A. Ozbey, N. Bilir // *Forestry Engineering Journal*. – 2022. – Vol. 12. – № 2. – P. 5-13. DOI: <https://doi.org/10.34220/issn.2222-7962/2022.2/1>.
30. Pérez-Flores, J. Fruit characterization and plant quality of Spanish cedar (*Cedrela odorata* L.) during the early nursery stage / J. Pérez-Flores, N.Y. Hernández-Méndez, F. Sánchez-Gutiérrez et al. // *Agro Productividad*. – 2023. DOI: <https://doi.org/10.32854/agrop.v16i1.2325>.
31. Pimentel, N. Effect of mini-cutting size on adventitious rooting and morphophysiological quality of *Ilex paraguariensis* plantlets / N. Pimentel, D. Gazzana, J. de F. Spanevello et al. // *Journal of Forestry Research*. – 2021. – Vol. 32. – № 2. – P. 815-822. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11676-020-01126-6>.
32. Rocha, J.S. Nitrogen supplementation improves the high-light acclimation of *Guazuma ulmifolia* Lam. seedlings / J.S. Rocha, A.K. Calzavara, E. Bianchini et al. // *Trees*. – 2019. – Vol. 33. – № 2. – P. 421-431. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00468-018-1788-7>.
33. Saha, R. Integrated assessment of adventitious rhizogenesis in *Eucalyptus*: root quality index and rooting dynamics / R. Saha, H.S. Ginwal, G. Chandra, S. Barthwal // *Journal of Forestry Research*. – 2020. – Vol. 31. – № 6. – P. 2145-2161. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11676-019-01040-6>.

34. Santos, C.C. Morphophysiology and quality of *Alibertia edulis* seedlings grown under light contrast and organic residue / C.C. Santos, A. Goelzer, O.B. da Silva et al. // *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*. – 2023. – Vol. 27. – № 5. – P. 375-382. DOI: <https://doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v27n5p375-382>.
35. Shalizi, M.N. Effects of five growing media and two fertilizer levels on polybag-Raised camden whitegum (*Eucalyptus benthamii* maiden & cambage) seedling morphology and drought hardiness / M.N. Shalizi, B. Goldfarb, O.T. Burney, T.H. Shear // *Forests*. – 2019. – Vol. 10. – № 7. DOI: <https://doi.org/10.3390/f10070543>.
36. Siqueira Walter, L. How Shading and Container Type Influence *Ilex paraguariensis* A.St.-Hil. Seedling Production / L. Siqueira Walter, M. Melo Moura, M. Moreno Gabira et al. // *Forest Science*. – 2022. – Vol. 68. – № 5-6. – P. 533-539. DOI: <https://doi.org/10.1093/forsci/foxac036>.
37. Souza, A. das G. Controlled-Release Fertiliser and Substrates on Seedling Growth and Quality in *Agonandra brasiliensis* in Roraima / A. das G. Souza, O.J. Smiderle, R.A. Montenegro et al. // *Journal of Agricultural Studies*. – 2020. – Vol. 8. – № 3. – P. 70. DOI: <https://doi.org/10.5296/jas.v8i3.16363>.
38. Souza, A.G. Nutrition and accumulation of nutrients in *Pochota fendleri* seedlings / A.G. Souza, O.J. Smiderle, E.A. Chagas // *Revista Brasileira de Ciências Agrárias - Brazilian Journal of Agricultural Sciences*. – 2018. – Vol. 13. – № 3. – P. 1-7. DOI: <https://doi.org/10.5039/agraria.v13i3a5559>.
39. Souza, A.G. Nutrition and accumulation of nutrients in *Pochota fendleri* seedlings / A.G. Souza, O.J. Smiderle, E.A. Chagas // *Revista Brasileira de Ciências Agrárias - Brazilian Journal of Agricultural Sciences*. – 2018. – Vol. 13. – № 3. – P. 1-7. DOI: <https://doi.org/10.5039/agraria.v13i3a5559>.
40. Treschevskaya, E. Growth, state and productivity of perennial shrubs on dumps of iron-ore mine / E. Treschevskaya, E. Tikhonova, I. Golyadkina et al. // *Forestry Engineering Journal*. – 2023. – Vol. 12. – № 4. – P. 60-76. DOI: <https://doi.org/10.34220/issn.2222-7962/2022.4/5>.
41. Yang, H.-C. Identification of Appropriate Light Intensity and Daytime Temperature for Cucumber (*Cucumis sativus* L.) Seedlings in a Plant Factory with Artificial Lighting for Use as Grafting Material / H.-C. Yang, Y.-H. Kim, H.-J. Byun et al. // *Sustainability*. – 2023. – Vol. 15. – № 5. – P. 4481. DOI: <https://doi.org/10.3390/su15054481>.

Сведения об авторах

Новиков Артур Игоревич – доктор технических наук, доцент, профессор кафедры древесиноведения, ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова», ул. Тимирязева, д. 8, г. Воронеж, Российская Федерация, 394087, ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-1230-0433>, e-mail: arthur.novikov@vglta.vrn.ru.

Рибко Сергей Владимирович – кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, заведующий кафедрой лесных культур и почвоведения, Учреждение образования «Белорусский государственный технологический университет», ул. Свердлова, 13а, г. Минск, 220006, Республика Беларусь; <https://orcid.org/0000-0002-6892-2859>, e-mail: rebko@belstu.by.

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.

Петрищев Евгений Петрович – аспирант, ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова», ул. Тимирязева, д. 8, г. Воронеж, Российская Федерация, 394087, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1395-3631>, e-mail: petrishchev.vglta@mail.ru.

Information about the authors

Arthur I. Novikov – Dr Sci. (Tech.), professor, Chair of Wood Science Department, Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov, 8, Timiryazeva, Voronezh, 394087, Russian Federation, ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-1230-0433>, e-mail: arthur.novikov@vglta.vrn.ru.

Siarhei U. Rabko – Cand. Sci. (Forestry), Docent, Head of the Department of Forest Crops and Soil Science, Educational Institution "Belarusian State Technological University", Sverdlova str., 13a, Minsk, 220006, Republic of Belarus, <https://orcid.org/0000-0002-6892-2859>, e-mail: rebko@belstu.by.

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.

✉ *Evgeniy P. Petrishchev* – Postgraduate Student (Tech.), Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov, 8, Timiryazeva, Voronezh 394087, Russian Federation, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1395-3631>, e-mail: petrishchev.vgltu@mail.ru.

✉ – Для контактов | Corresponding author

Приложение А. Фрагмент исходных данных для построения диаграммы сходства и различия

Таблица А1

Степень влияния на DQI семян или саженцев технологического воздействия на семена

Table A1

The degree of influence on the DQI of seedlings and bare-rooted or containerized plants of technological impact on seeds

| Вид Species | Forestry (F) / Agriculture (A) | Min DQI | Max DQI | Размерность HDR HDR dimension | Происхождение семян Seed provenance | Цвет семян Seed colour | Подготовка семян Seed treatment | Свет (затенение) Light (shading) | Температура Temperature | Субстрат Substrate | Удобрение Fertilizer | Семенное ложе Seed bed | Сеянцы / Саженцы (с открытой или закрытой корневой системой) Seedlings / Bare-rooted or containerized plants | Источники References |
|---|--------------------------------|---------|---------|---------------------------------|---------------------------------------|--------------------------|-----------------------------------|------------------------------------|---------------------------|----------------------|------------------------|--------------------------|--|------------------------|
| Цедрела душистая Spanish cedar (<i>Cedrela odorata</i> L.) | F | nda | nda | nda | 0 | 4 | 4 | 4 | 4 | 3 | 3 | 4 | S | [30] |
| Сладкий кедр Sweet cedar (<i>Pachota fendleri</i> (Seem.)) | F | nda | nda | nda | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 0 | 3 | 4 | CP | [38; 39] |
| Соснаобыкновенная Scots pine (<i>Pinus sylvestris</i> L.) | F | nda | nda | cm mm ⁻¹ | 2 | 3 | 3 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | CP | [3] |
| Marmelo-do-cerrado (<i>Alibertia edulis</i> (Rich.) A. Rich) | F | 0,35 | 1,3 | mm mm ⁻¹ | 4 | 4 | 1 | 3 | 4 | 1 | 3 | 4 | CP | [34] |
| Огурец посевной Cucumber (<i>Cucumis sativus</i> L.) | A | 2,3 | 8,8 | cm mm ⁻¹ | 4 | 4 | 4 | 3 | 2 | 4 | 4 | 4 | S | [41] |
| Ятоба Jatoba (<i>Hymenaea courbaril</i> L.) | F | 0,5 | 1,7 | cm cm ⁻¹ | 4 | 4 | 3 | 4 | 4 | 4 | 3 | 4 | CP | [19] |
| Падуб парагвайский Yerba mate (<i>Ilex paraguariensis</i> A.ST.-HIL) | F | nda | nda | nda | 4 | 4 | 4 | 2 | 4 | 4 | 4 | 2 | S | [36] |
| Диптерикс душистый Cumaru (<i>Dipteryx odorata</i> (AUBL.) WILLD.) | F | 0,08 | 0,32 | mm mm ⁻¹ | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 3 | 4 | S | [21] |

| Вид Species | Forestry (F) / Agriculture (A) | Min DQI | Max DQI | Размерность HDR HDR dimension | Происхождение семян Seed provenance | Цвет семян Seed colour | Подготовка семян Seed treatment | Свет (затенение) Light (shading) | Температура Temperature | Субстрат Substrate | Удобрение Fertilizer | Семенное ложе Seed bed | Сеянцы / Саженцы (с открытой или закрытой корневой системой) Seedlings / Bare-rooted or containerized plants | Источники References |
|---|--------------------------------|---------|---------|---------------------------------|---------------------------------------|--------------------------|-----------------------------------|------------------------------------|---------------------------|----------------------|------------------------|--------------------------|--|------------------------|
| Падуб парагвайский Yerba mate (<i>Ilex paraguariensis</i> A.Ст.-Нил.) | F | 0,09 | 0,19 | cm mm ⁻¹ | 0 | 0 | 0 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | MC | [31] |
| Вяз западноиндийский West Indian elm (<i>Guazuma ulmifolia</i> Lam.) | F | 5 | 25 | nda | 4 | 4 | 4 | 3 | 1 | 4 | 4 | 4 | CP | [7; 32] |
| Агонандра бразильская (<i>Agonandra brasiliensis</i> Miers ex Benth. & Hook.f.) | F | 0.3 | 1.65 | cm mm ⁻¹ | 4 | 4 | 4 | 1 | 4 | 3 | 3 | 4 | CP | [37] |
| Веерник китайский (<i>Miscanthus sinensis</i> Anderss.) | F | 8.35 | 10.64 | cm mm ⁻¹ | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 3 | 4 | 4 | BRP | [33] |

Примечание: 0 – не влияет; 1 – низкая; 2 – умеренная; 3 – высокая; 4 – степень влияния не установлена (или параметры не изучались); S – сеянцы; BRP – саженцы с открытой корневой системой; CP – саженцы с закрытой корневой системой; MC – мини-черенки, полученные в результате проращивания зиготических эмбрионов *in vitro*[31]; nda – нет доступных данных

Note: 0 – does not affect; 1 – low; 2 – moderate; 3 – high; 4 – the degree of influence has not been established (or the parameters have not been studied); S – seedlings; BRP – bare-rooted plants; CP – containerized plants; MC – mini-cuttings *in vitro*, nda – no data available

Источник: систематический поиск авторов, перевод терминов приводится по: Linnard, W. Russian-English, English-Russian forestry and wood dictionary. CABI Publishing, 1999. 270 p.

Source: systematic search for authors; the translation of terms is given by: Linnard, W. Russian-English, English-Russian forestry and wood dictionary. CABI Publishing, 1999. 270 p.