



Взаимосвязь биометрических показателей шишек и семян *Pseudotsuga menziesii* (Mirb.) Franco в условиях Центрально-Чернозёмного региона

Светлана И. Дегтярева¹ ✉, degtjarewa-lana@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0003-3825-1158>

Анатолий Н. Одинцов², sort3@yandex.ru, <https://orcid.org/0009-0000-7205-7688>

Валентина Д. Дорофеева¹, ekzo40@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-3624-6304>

Валентина Ф. Шипилова², lesopark.vrn@yandex.ru <https://orcid.org/0009-0004-2069-1638>

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

²ФГБУ «ВНИИЛГИСбиотех», ул. Ломоносова, 105, г. Воронеж, 394087, Российская Федерация

Видовой состав лесов России ограничен и представлен несколькими хвойными лесобразующими видами. Один из путей увеличения биоразнообразия лесов – использование быстрорастущих высокопродуктивных интродуцентов, в частности *Pseudotsuga menziesii* (Mirb.) Franco. Опыт интродукции вида свидетельствует о возможности её культивирования во многих лесорастительных зонах. Работа проведена с целью изучения генеративной сферы по двум областям Центрально-Чернозёмного региона (Воронежская и Курская). Комплексное интродукционное изучение вида начали с установления взаимосвязи биометрических показателей шишек и семян. Конечная цель работы заключается в модификации традиционных методик по размножению, разработке подробных рекомендаций по введению *P. menziesii* в различные типы лесных насаждений ЦЧР в качестве сопутствующей породы. Количество экземпляров *Pseudotsuga menziesii* (Mirb.) Franco, с которых осуществлялся сбор шишек составил от 8 до 10, возраст деревьев – примерно от 30-40 лет (Курская область) до 65 лет в Воронежской области, количество шишек – 100 (из каждого пункта сбора). При анализе показателей размеров шишек и семян рассчитывали коэффициент вариации (CV) между партиями семян и шишек, коэффициент корреляции Пирсона (r), использовали регрессионный анализ (коэффициент детерминации R^2). Были выявлены прочные положительные связи между длиной шишек и количеством полнозернистых семян $r = 0,923$, и сильно отрицательная между длиной шишки и количеством пустых семян $r = -0,750$. Корреляционная зависимость между шириной шишек и количеством полнозернистых семян отличается чуть меньше теснотой связи $r = 0,833$, между шириной шишек и количеством пустых семян $r = -0,651$. Коэффициент вариации по всем трём пунктам сбора достигает высоких значений вариабельности по длине шишек 37,0 %, ширине шишек – 20,3 %. Изменчивость длины семени с крылом (18,4 %) и ширины семени (6,1 %) соответствуют средней и низкой вариабельности. Биометрические параметры шишек и семян также аппроксимируются полиномиальной функцией второго порядка.

Ключевые слова: *Pseudotsuga menziesii* (Mirb.) Franco, интродуцент, генеративная сфера, биометрические показатели шишек и семян, полнозернистые и пустые семена

Финансирование: данное исследование не получало внешнего финансирования.

Благодарности: автор благодарит рецензентов за вклад в экспертную оценку статьи.

Конфликт интересов: автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

Для цитирования: Дегтярева, С. И. Взаимосвязь биометрических показателей шишек и семян *Pseudotsuga menziesii* (Mirb.) Franco в условиях Центрально-Чернозёмного региона / С. И. Дегтярева, А. Н.Одинцов, В. Д. Дорофеева, В. Ф. Шипилова // Лесотехнический журнал. – 2025. – Т. 15. – № 3 (59). – С. 19–36. – Библиогр.: с. 32–35 (31 назв.). – DOI:<https://doi.org/10.34220/issn.2222-7962/2025.3/2>.

Поступила 26.05.2025. **Пересмотрена** 15.07.2025. **Принята** 15.09.2025. **Опубликована онлайн** 25.09.2025.

Article

Relationship between the biometric indicators of *Pseudotsuga menziesii* (Mirb.) Franco cones and seeds in the Central Chernozem Region

Svetlana I. Degtyareva¹✉, degtjarewa-lana@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0003-3825-1158>

Anatoly N.Odintsov², sort3@yandex.ru, <https://orcid.org/0009-0000-7205-7688>

Valentina D. Dorofeeva¹, ekzo40@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-3624-6304>

Valentina F. Shipilova², lesopark.vrn@yandex.ru, <https://orcid.org/0009-0004-2069-1638>

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

²All-Russian Research Institute of Forest Genetics, Breeding and Biotechnology, Lomonosov street, 105, Voronezh, 394087, Russian Federation

Abstract

The species composition of Russia's forests is quite limited and is represented by several coniferous forest-forming species. One of the ways to increase the biodiversity of forests is to use fast-growing, highly productive introductions, such as *Pseudotsuga menziesii* (Mirb.) Franco. The experience of introducing this species indicates that it can be cultivated in many forest zones. This study was conducted to investigate the generative sphere in two regions of the Central Black Earth Region (Voronezh and Kursk). The complex introduction study of the species began with the establishment of the relationship between the biometric indicators of cones and seeds. The purpose of the work is to modify traditional methods of propagation and develop detailed recommendations for introducing *P. menziesii* into various types of forest plantations in the Central Black Earth Region as a companion species. The number of *Pseudotsuga menziesii* (Mirb.) Franco specimens from which the cones were collected ranged from 8 to 10, and the age of the trees was approximately 30-40 years (Kursk Region) to 65 years (Voronezh Region), with a total of 100 cones collected from each location. When analyzing the size of cones and seeds, we calculated the coefficient of variation (CV) between batches of seeds and cones, the Pearson correlation coefficient (r), and used regression analysis (the determination coefficient R^2). There were strong positive relationships between the length of cones and the number of full-grain seeds $r = 0.923$, and a strongly negative relationship between the length of cones and the number of empty seeds $r = -0.750$. The correlation between the width of the cones and the number of full-grain seeds is slightly less than $r = 0.833$, and the correlation between the width of the cones and the number of empty seeds is $r = -0.651$. The coefficient of variation for all three collection points reaches high values of variability in the length of cones - 37.0 %, the width of cones - 20.3 %. The variability of seed length with a wing (18.4%) and seed width (6.1 %) correspond to medium and low variability. The biometric parameters of cones and seeds are also approximated by a second-order polynomial function.

Keywords: *Pseudotsuga menziesii* (Mirb.) Franco, an introduced species, generative sphere, biometric indicators of cones and seeds, full-grained and empty seeds

Funding: this research received no external funding.

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

For citation: Degtyareva S. I., Odintsov A. N., Dorofeeva V. D., Shipilova V. F. (2025). Relationship between the biometric indicators of *Pseudotsuga menziesii* (Mirb.) Franco cones and seeds in the Central Chernozem Region. Forestry Engineering journal. Vol. 15, No. 3 (59), pp. 19-36 (in Russian). DOI: <https://doi.org/10.34220/issn.2222-7962/2025.3/2>.

Received 26.05.2025. **Revised** 15.07.2025. **Accepted** 15.09.2025. **Published online** 25.09.2025.

Введение

Леса поддерживают большую часть мирового биоразнообразия на суше и обеспечивают средствами к существованию миллиарды людей, но эти и другие преимущества находятся под угрозой из-за происходящих глобальных изменений [1].

Одни авторы, Thomas Knoke et al. (2023) видят данные угрозы в продолжающейся вырубке лесов, которая по-прежнему преобладает во всем мире [2].

Конечно же, перспективы лесного хозяйства – это непрерывное возобновление растительного покрова и повышение производительности насаждений.

Daniel Barker-Rothschild et al. (2023) [3] и Ariane Mirabel (2023) [4] отмечают ускоряющееся изменение лесных экосистем из-за частых и сильным засух, что приведёт, по их мнению, к высыханию атмосферы в ближайшие десятилетия и ухудшит сохранение углерода. Продуктивность лесных экосистем понизится, изменятся физические и химические свойства биомассы.

В связи с этим, всё большую актуальность приобретает вопрос о том, как справляться с такими нарушениями в управлении экосистемами, включающие лесное хозяйство.

C.Montagne-Huck and M. Brunette (2018) предлагают непрерывно исследовать различными способами и тест-объектами потенциал лесных экосистем, и избегать глобальной смены доминирующей растительности [5].

Стремясь смягчить последствия изменения климата, лесоводы в Центральной Европе, как указывают Hans Pretzsch et al. (2023) [6], Elisabeth Ritzer et al. (2023) [7], Jonas Glatthorn et al. (2023) [8] всё чаще обращаются к хвойным породам, которые дают более высокие показатели устойчивости лесных экосистем и лучше адаптированы к прогнозируемым будущим климатическим условиям.

Недавние исследования Alexandra R. Lalora (2023) et al. сосредоточены на том, как засуха и аномальная

жара могут влиять на смертность определенных отдельных видов деревьев, учитывая одновременные изменения в климате, экогидрологии и физиологии [9]. Низкогорные виды хвойников, произрастающие в более теплых условиях окружающей среды, погибли раньше (*Pinus sylvestris* L. через 10 недель, *Pinus edulis* Engelm. за 14 недель), чем виды, произрастающие на больших высотах в более прохладных условиях окружающей среды (*Picea engelmannii* Parry ex Engelm. и *Pseudotsuga menziesii* (Mirb.) Franco через 19 недель, и *Pinus flexilis* E.James в течение 30 недель). При воздействии аномальной жары в сочетании с засухой смертность значительно возросла только у видов, обитающих в более прохладных условиях (*Pinus flexilis* E.James: 2,7 недели; *Pseudotsuga menziesii* (Mirb.) Franco: 2 недели).

При проведении интродукции определенного вида нельзя забывать о трёх первоочередных задачах. Во-первых: выживаемость вводимых пород демонстрирует как правило, закономерность «подъем-падение» и в зависимости от типа насаждения нужно принять решающее значение для долгосрочной устойчивости лесов. Во-вторых, по версии Joseph L. Crockett (2023) : на границе возможного потенциального ареала виды могут столкнуться с климатическими условиями, повышающими вероятность гибели на стадии всходов. В-третьих: многие из этих видов могут проявлять инвазивные свойства и негативно влиять на местные экосистемы [10]. Как предупреждает Aurore Fanal et al. (2023), крайне важно выявлять потенциально инвазивные виды до того, как они будут широко распространены [11]. Применение принципов отбора материалов в 2023 г. позволило группам независимых друг от друга исследователей Christian Huber et al. [12], Benjamin Gang [13], выявить восемь возможных альтернативных видов деревьев (два лиственных и шесть хвойных), которые потенциально предотвращают

экономические потери в лесах Центральной Европы. В число таких «правильных» пород входит *Pseudotsuga menziesii* (Mirb.) Franco.

Введение *P.menziesii* в породный состав лесов различных ботанико-географических зон – это одна из предложенных стратегий, позволяющая избежать негативных последствий для управления лесным хозяйством, на это также указывают труды Benjamin N.E.Plaga et al. [14]. Но, применение данной стратегии потребует комплексного подхода, сочетающего в себе как лесоводческие, так биолого-экологические и технологические аспекты.

Pseudotsuga menziesii (Mirb.) Franco вечнозелёная древесная порода, образующая темнохвойные леса североамериканского побережья Тихого океана (Северная Америка считается её родиной). Далее ареал простирается от Мексики до западных границ Канады [15]. Вид успешно культивируется как высокопродуктивный и декоративный интродуцент в лесных культурах на территории: Великобритании, в Нидерландах, Бельгии, Дании, Франции, Австрии, Швейцарии, Италии, Чехии, Румынии, Венгрии, Болгарии, Польше, Литве, Латвии, Эстонии. Помимо европейских стран, лесоводственный интерес к данной породе проявляют в Аргентине, Австралии и Новой Зеландии. Причём в Австралии, исследованиями было показано, что опад улучшает химические свойства почвы лучше, чем аборигенные эвкалиптовые насаждения.

Такие характеристики, как зимостойкость, нетребовательность к питательным веществам почвы, газо- и дымоустойчивость и устойчивость к болезням и вредителям, высокие бальнеологические свойства позволяют использовать *P.menziesii* в том числе и для озеленения [16, 17].

Подытоживая мировой обзор литературы: *P. menziesii* оценивается как перспективный, потенциально способный к адаптации при изменении климата вид, широко используемый для создания древостоев, в первую очередь смешанных [18].

В России *Pseudotsuga menziesii* (Mirb.) Franco культивируется с 1840-х гг. Существуют посадки псевдотсуги в Москве и Московской области, Йошкар-Оле, Казани, Башкирии, а так же отдельные экземпляры в Ботанических садах и дендрариях Урала и Сибири [19], Беларуси [20], Украине [21]. Редко

встречается в садах и парках Кавказа, Крыма. Особо хорошо растет в зоне влажных субтропиков (Сочи, Адлер, Сухуми) [22].

В лесных культурах РФ *P.menziesii* представлена деревьями первой величины, достигающими 40-50 м, в диаметре 120-180 см (на родине соответственно 90-140 м и 240-500 см). Живёт до 700 и более лет (1000-1400 лет).

Вид произрастает на рыхлых плодородных супесчаных и лёгких суглинистых почвах. Как лесная, быстрорастущая и довольно теневыносливая порода лучше растёт в смеси с другими лесообразующими видами (сосна обыкновенная, ель европейская, виды дуб, бук, граб, ясень, ольха), часто обгоняя их по росту.

На территории постсоветского пространства Торчик В.И. (2013) в своей работе обобщил мировой и отечественный опыт выращивания *P. menziesii* вне естественного ареала. В его монографии представлены экспериментальные данные по росту, развитию, плодоношению, устойчивости и продуктивности вида в условиях Беларуси [20].

Учитывая всё вышеизложенное, понимаем, что необходимо стремиться к устойчивости лесных экосистем с постепенным введением новых устойчивых и апробированных видов.

Видовой состав лесов России достаточно ограничен и представлен несколькими хвойными лесообразующими видами. Один из путей увеличения биоразнообразия лесов – использование при лесовыращивании быстрорастущих высокопродуктивных интродуцентов для создания устойчивых насаждений искусственного происхождения, в частности *Pseudotsuga menziesii* (Mirb.) Franco. Эта ценная порода по своим таксационным показателям нередко превосходит местные виды хвойных пород.

Глобальную проблему по введению вида в лесные экосистемы видим в тщательном изучении эколого-биологических особенностей, в частности размножения в новых условиях ареала и разработке комплексной технологии выращивания посадочного материала.

Для успешной интродукции *P.menziesii* в условиях лесостепной и степной зон необходимо: выявить местные насаждения, изучить эколого-биологиче-

ские особенности вида (особенно в условиях усиливающейся аридизации климата в Центральном Черноземье), проследить взаимосвязь параметров шишек и семян от экологических и орографических факторов, выбрать оптимальные методики выявления полноценных семян, установить характеристики посевных качеств семян.

Ранее уже обосновывали перспективность нескольких разновидностей р. *Pseudotsuga* в Центральном Черноземье и имеем первоначальный опыт по размножению [23].

На данном этапе своей работы предлагаем гипотезу о прямой взаимосвязи параметров шишек и семян, что возможно впоследствии окажет влияние на всхожесть семян и качество сеянцев, и, в конечном итоге устойчивость вида в смешанных насаждениях, в первую очередь на территории Центрального Черноземья.

Цель работы – изучить взаимосвязь биометрических показателей шишек с семенами *Pseudotsuga menziesii* (Mirb.) Franco. двух регионов Центрально-Чернозёмного региона (ЦЧР). В перспективе полученные данные будут являться основой по комплексному интродукционному введению изучаемого вида в различные типы лесных насаждений в качестве сопутствующей породы.

Материалы и методы

Объект и предмет исследований

Объект исследования – экземпляры псевдотсуги Мензиса (*Pseudotsuga menziesii* (Mirb.) Franco.), семейства Сосновые (Pinaceae), произрастающие на территории Воронежской и Курской области.

Исследования проводились в дендрарии ФГБОУ ВО ВГЛУ (далее дендрарий), Семилукском питомнике (Воронежская область, далее питомник) и одиночные посадки псевдотсуги Мензиса в Мантуровском и Кшенском районах Курской области (далее Курская область). Выбранные территории относятся к лесостепной и степной зонам, природно-климатические условия которых резко отличаются от природного ареала породы. Изучение существующих насаждений *P. menziesii* послужат источником местного генетического материала и создания объектов постоянной лесосеменной базы в будущем.

Предмет исследования – биометрические показатели шишек и семян *Pseudotsuga menziesii* (Mirb.) Franco., их взаимосвязь.

Сбор данных

На перспективность интродукции *P. menziesii* в Воронежской области указывают результаты генетических исследований, проводимых Л.С. Мурая, А.К. Буториной и Е.М. Дудецкой (1976). Исследователями было выяснено, что в условиях лесостепной и степной зоны более широкое использование вида будет благополучным, так как по числу хромосом *Pseudotsuga menziesii* (Mirb.) Franco. занимает особое место. Число гаплоидных хромосом 13 (диплоидное 26). Кариологический анализ трех типов популяций северо-американского происхождения, проведенный в Воронеже показал наличие диплоидного числа хромосом (26) и наличие у отдельных типов характерной вторичной перетяжки в прицентромерном районе малого плеча в 10-й паре, у других типов – в 5-ой паре. Учёные установили также регулярное поведение хромосом в мейозе, что, по их мнению, говорит об устойчивости вида к смене экологических факторов [24].

Всестороннее изучение растений и конкретно способы и технологии выращивания посадочного материала невозможно без изучения особенностей развития генеративной сферы [25, 26]. Мы находимся на первом этапе интродукционных исследований – биометрические показатели. В планах у нас совершенствование методики семенного размножения, далее более детальное изучение произрастания сеянцев *P. menziesii* в теплице и (или) грунте и поэтапное введение в модельные лесные участки, с целью изучения устойчивости к аридизации климата и резкой смене температурного режима.

В пределах каждой пункта Воронежской и Курской областей проведен сбор материала. Во временных промежутках – 4 неделя августа и 1 неделя сентября в 2024 г. мы произвели сбор шишек (для детальных замеров отобрали по 100 шишек с каждого из 3 выше обозначенных пунктов) со средней части кроны. Возраст *P. menziesii* в дендрарии и питомнике составляет 65 лет, в Курской области примерно 30-40 лет. Для исследования использовали выборку, представленную смесью шишек от 8 (Курская область)

до 10 деревьев (в питомнике и дендрарии). Диаметр ствола 55-60 см; высота 23-25 м.

На 3-4 неделе сентября этого же года произвели замеры шишек, семян, взвешивание семян и шишек. Длину и ширину (диаметр) шишек измеряли штангенциркулем в двух взаимно перпендикулярных направлениях в наиболее широкой части. При работе с семенами использовали межгосударственный стандарт, который распространяется на семена деревьев и кустарников, предназначенные для посева, и устанавливает метод определения их всхожести ГОСТ-13056.6-97. После сбора семена из разных пунктов сбора хранили в одинаковых условиях: семена были помещены в бумажные пакеты в холодильнике на верхней полке (температура +4-5°C). Первую партию семян запустили в эксперимент по лабораторному проращиванию семян – 01 апреля 2025 г., вторую партию продолжаем хранить ещё один год и приступим к эксперименту ровно через год – 01 апреля 2026 г. Но, в данной работе излагать результаты анализа лабораторной всхожести этого года не планировали.

Отделение пустых семян от полнозернистых методом сортировки семян в различных жидкостях (вода, раствор 4 % поваренной соли и 96 % этиловый спирт и т.д.) является простым и распространенным способом повышения класса качества семян, позволяющим снизить их расход при высеве.

Данную процедуру в данном эксперименте проводили с целью получения информации о количественных и качественных характеристиках семян. В качестве жидкости использовали дистиллированную воду. Полнозернистость семян определяли опираясь на методические рекомендации ГОСТ 1356.8-97. Но, поскольку информация о конкретном времени замачивания изучаемой породы в стандарте отсутствует, то опираясь на работу Тупика П.В (2008) семена замачивались на 18 часов при температуре +18-20 °C [27]. Через 35 минут мы наблюдали постепенное перемещение семян на дно лабораторной посуды. Но, эксперимент по флотации не стали прерывать, отдавая себе отчёт, что это вызвано набуханием семян. В ходе эксперимента отмечалось, что многие семена, всплывшие в начале опыта, с течением времени опустились на дно.

Анализ данных

Математическую обработку полученных данных осуществляли с использованием стандартных статистических характеристик (программа Microsoft Excel, версия 13). При анализе показателей размеров шишек и семян использовали метод вариационной статистики и качественную оценку тесноты связи, конкретно рассчитывали коэффициент вариации (CV) между партиями семян и шишек, коэффициент корреляции Пирсона (r) соответственно. Использовали регрессионный анализ (коэффициент детерминации R^2 , который характеризует долю объяснённой вариации в общей) для отражения реальной взаимосвязи между изучаемыми показателями.

Результаты

В данной работе уделили значительное внимание биометрической характеристике шишек семян из двух областей ЦЧР. Предположили, что имеется возможная взаимосвязь между размерами шишек и показателями семян *P. menziesii*. Что в свою очередь окажет влияние на два основных этапа развития семян – энергию прорастания и абсолютную всхожесть.

В камеральных условиях весь собранный урожай шишек из каждого пункта сбора подвергся тщательному анализу: определяли массу шишек в абсолютно сухом состоянии путём взвешивания на электронных весах, вычислялись абсолютные и средние показатели длины, ширины, массы шишек, содержание в них полнозернистых и пустых семян; размеры семян, массу семян в одной шишке и 1000 штук семян. Количество и размеры семенных чешуй не учитывали.

Не ставя своей задачей изучение особенностей сроков прохождения феноритмов в генеративной сфере, мы всё же обратили внимание на тот факт, что одни и те же фенофазы в дендрарии сдвинуты примерно на 10-12 дней раньше.

Из каждого пункта сбора в зависимости от показателей размеров шишек и семян мы получили условные пять партий, с разным количеством шишек (табл. 1.). В таблице 1 мы также указали объединённую выборку и по семенам.

При опылении и оплодотворении хвойных пород большая часть пыльцы оседает на женские стробилы верхней части кроны. И, большая часть солнечной энергии аккумулируется здесь же. Неоспоримый факт – более крупные шишки развиваются в верхней

части кроны, средние по размеру и мелкие – середина и ниже середины соответственно.

Обращает внимание тот факт, что наиболее крупные размеры имеют самые большие партии (в количестве 40-45 штук) шишек.

Размеры шишек в Курской области относительно малы в отличие от двух других пунктов: длина от 4,70 см до 5,60 см (в среднем 4,66 см), ширина 3,02-3,08 см (в среднем 3,04 см).

В питомнике зафиксированы следующие показатели: длина от 5,10 см до 7,92 см, ширина 4,36 до 4,86 см. Выше и средние значения параметров шишек 6,04х4,81 см.

В дендрарии линейные размеры шишек от 5,58х3,56 см до 6,50х3,80 см, но в среднем на выборку из 100 шишек составляет 6,06х3,71 см.

Из таблицы 1 видно, что по средним значениям схожи размеры шишек деревьев, произрастающих в

питомнике и дендрарии (данные приведены с указанием стандартной ошибки).

Несмотря на незначительную разницу в размерах шишек между тремя выбранными пунктами, в целом показатели попадают в диапазон размеров шишек экземпляров, произрастающих в С.Америке – 3-18 (5-10)х2-4(2-3) см.

Это первая обнадеживающая характеристика генеративного органа *P. menziesii*, которая свидетельствует о хорошем адаптационном потенциале породы в ЦЧР.

А.В.Семенютина и Д.А. Сапронова (2014) приводят для условий Волгоградской области для нескольких разновидностей *P.menziesii* чуть меньшие усредненные размеры шишек от 3,7±0,18 см (для мелких) и 6,4±0,32 см для крупных [28].

Таблица 1

Характеристика шишек и семян *Pseudotsuga menziesii* (Mirb.) Franco

Table 1

Characteristics of cones and seeds *Pseudotsuga menziesii* (Mirb.) Franco

Пункт сбора Collection point	Партии шишек, штук Parties cones, pieces	Длина шишки, см Length of the cone, cm	Ширина шишки, см Width cones, cm	Длина семени с крылом, см The length of the seed with a wing, cm	Ширина семени, см Seed width, cm
Курская область Kursk region	10	5,20±0,06	3,02±0,04	0,82±0,06	0,32±0,05
	15	5,40±0,04	3,05±0,03	0,76±0,03	0,32±0,03
	45	5,60±0,02	3,03±0,02	0,69±0,02	0,32±0,02
	15	4,70±0,03	3,08±0,03	0,65±0,03	0,32±0,03
	15	5,40±0,03	3,04±0,03	0,80±0,03	0,32±0,03
Воронежская область, Семилюкский питомник Voronezh Region, Semiluksky Nursery	5	5,59±0,05	4,84±0,05	1,01±0,04	0,34±0,06
	5	5,40±0,05	4,85±0,03	0,80±0,04	0,34±0,05
	40	6,21±0,02	4,72±0,02	1,30±0,02	0,36±0,02
	5	5,10±0,06	4,80±0,06	0,72±0,05	0,36±0,03
	45	7,92±0,02	4,86±0,01	1,39±0,02	0,44±0,02
Воронежская область, дендрарий Voronezh Region, Arboretum	14	6,34±0,02	3,91±0,03	1,37±0,05	0,34±0,03
	3	5,80±0,05	3,53±0,03	1,36±0,06	0,34±0,05
	3	5,58±0,05	3,56±0,03	0,90±0,05	0,32±0,05
	40	6,10±0,02	3,73±0,02	1,22±0,02	0,34±0,02
	40	6,50±0,02	3,80±0,02	0,92±0,02	0,34±0,02

Источник: собственные вычисления автора

Source: own calculations

Взвешивание шишек в абсолютно сухом состоянии показало небольшую разницу в 2,26-2,37 г (в среднем на 100 шишек) между пунктами сбора (Курская область – 8,84 г; Воронежская область 11,10-11,21 г).

Исследуя содержание количества семян в шишках *P. menziesii*, необходимо отметить, что формирование семян происходит в течение одного года (у коренной породы *Pinus sylvestris* L. – двух лет), начиная с опыления и заканчивая созревaniem.

Как показывают работы Аникеева Д.Р. и др. содержание семян в шишках обусловлено влиянием многих факторов: географического положения, высоты над уровнем моря, условий местопроизрастания, возраста вида, состояния погоды в вегетационные периоды формирования урожая и т.д. [29]. Нельзя сбрасывать со счетов и увеличивающееся влияние техногенного загрязнения.

Имея опыт работы с семенным размножением других хвойных пород, констатируем, что содержание семян в шишках варьирует даже при равных размерах последних в сборных партиях [30]. Данная взаимосвязь – это прежде всего отражение адаптации растений к почвенно-климатическим условиям произрастания. И, под действием разнообразных факторов у вида формируются шишки разной величины, причём на однородной территории.

По размерам семян зафиксировали следующие данные: длина семени (длина указана с крылом) варьирует от 0,65 см (Курская область) до 1,37-1,39 см (Воронежская область). В природном ареале длина семени от 0,7 см до 1,15 см. Ширина семян практически в одном диапазоне 0,32 см (Курская) до 0,34-0,44 см (Воронежская). Но, другие количественные (количество штук семян в шишке, масса и т.д.) и качественные (соотношение полнозернистых и пустых семян) показатели потребовали тщательного анализа и поиска причин. При камеральной обработки недоразвитых семян в шишках не зафиксировано. Данные А.В.Семенютиной и Д.А. Сапроновой для Нижнего Поволжья свидетельствуют о вариации размеров семени от 0,41х0,19 см до 0,62х0,3 см.

Для наглядного и более понятного восприятия данных привели средние исследуемые показатели в таблице 2.

Общее количество семян в шишках изменяется от 19-20 штук до максимального 25 штук в крупных шишках (питомник). Содержатся семена в шишках, как правило, не по всей длине, а под чешуйками в средней части шишки. Полнозернистых семян в среднем на одну шишку от 12 (Курская область) до 14 (дендрарий) и 19 штук (питомник). Количество пустых семян на 100 исследуемых шишек в среднем составило от 6 (Воронежская область) до 8 штук (Курская). В процентном отношении чётко видно, что содержание пустых семян изменяется от 24,0 % (питомник) и 30,0 % (дендрарий) до 42,1 % в шишках, собранных в соседней области. Выявленные пустые семена фиксировались в шишках, обладающие минимальными размерами и ещё на фоне общего сниженного общего количества семян.

Предварительный вывод: при уменьшении размеров шишек наблюдается снижение количества полнозернистых семян, число пустых, как правило, сохраняется на прежнем уровне или плавно повышается. При взвешивании семян увидели также разницу между тремя пунктами: масса 1 тысячи семян из Курской области – 10,16 ± 0,07 грамм; Воронежской области, дендрарий – 12,02 ± 0,05 грамм, питомник – 14,7 ± 0,05 грамм. В естественном ареале произрастания *P. menziesii* массу 1000 семян приводят в 15-20 грамм.

В шишках, где максимальное количество семян 19-20 штук масса оказывалась в пределах 0,21-0,24 грамм до 0,36 грамм (питомник), если связать с полнозернистыми семенами, то показатель массы семян варьирует в среднем пределах 0,12-0,17 грамм, увеличиваясь в Семилукском питомнике до 0,28 грамм. Одной из основных качественных характеристик генеративной сферы любого растительного компонента является степень изменчивости выбранных признаков.

Данные по изменчивости линейных показателей шишек и семян из трёх пунктов сбора наглядно демонстрирует рисунок 1.

Таблица 2

Вариабельность шишек и семян *Pseudotsuga menziesii* (Mirb.) Franco

Table 2

Variability of cones and seeds *Pseudotsuga menziesii* (Mirb.) Franco

Пункт сбора Collection point	Средние размеры шишек, см Average size of cones, cm	Средняя масса шишек в абсолютно сухом состоянии, г The average weight of cones in a completely dry state, g	Средние размеры семян, см Average size of seeds, cm	Среднее количество семян в шишках, штук Average number of seeds per cone, in pieces			Вес 1000 штук семян, г Weight of 1000 pieces of seeds, g
				Всего, штук Total, pieces	Полно-зернистых, штук Full-grain, pieces	Пустых, штук Empty, pieces	
Курская область Kursk region	4,66x3,04	8,84	0,55x0,32	19	11	8	11,16
Воронежская область, Семилукский питомник Voronezh Region, Semiluksky Nursery	6,06x4,81	11,21	0,59x0,35	25	19	6	14,70
Воронежская область, дендрарий Voronezh Region, Arboretum	6,08x3,71	11,10	0,57x0,34	20	14	6	12,02

Источник: собственные вычисления автора

Source: own calculations

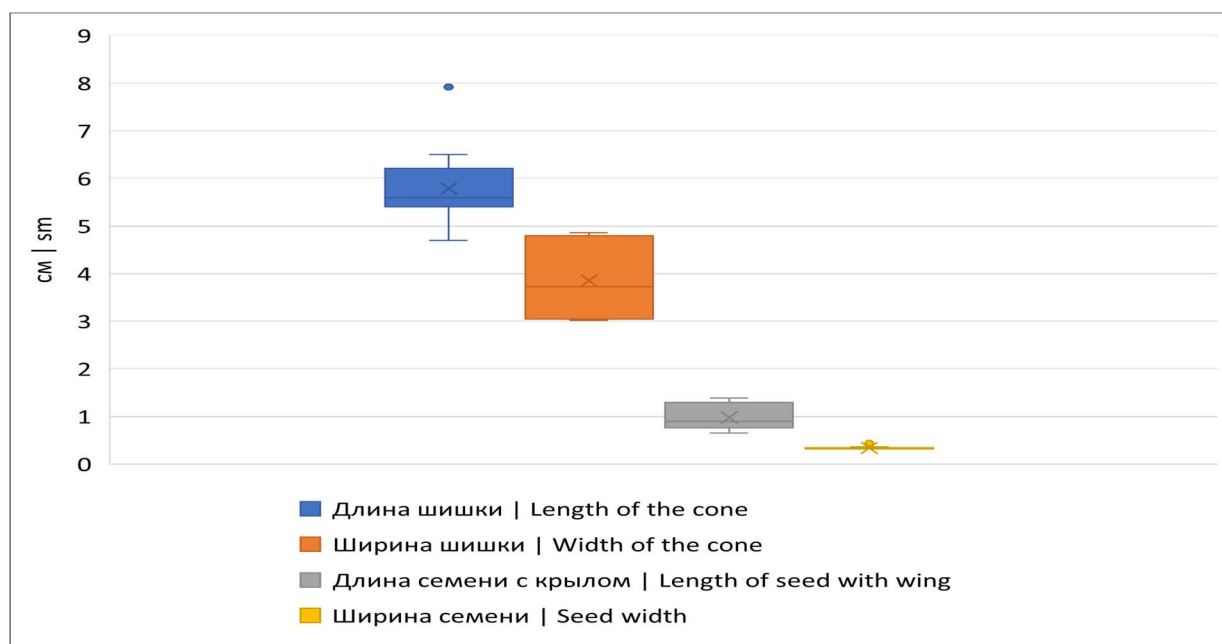


Рисунок 1. Изменчивость биометрических показателей шишек и семян

Pseudotsuga menziesii (Mirb.) Franco

Figure 1. Variability of biometric indicators of cones and seeds *Pseudotsuga menziesii* (Mirb.) Franco

Источник: собственные вычисления автора

Source: own calculations

Степень изменчивости изучаемых признаков характеризуется коэффициентом вариации (CV). Был проведён детальный анализ по биометрическим признакам.

Коэффициент вариации длины шишки по всем трём пунктам сбора достигает значения 34,0 % (высокая вариабельность), ширина шишки варьирует чуть меньше – 32,3 %. Изменчивость длины семени с крылом (18,4 %) и ширины семени (6,1 %) соответствуют средней и низкой вариабельности.

Коэффициент вариации массы шишек в абсолютно сухом состоянии – 25,5 %. Коэффициентом вариации массы семян незначителен и равен 6,8 %.

Выполненная нами сортировка шишек по партиям (группа шишек по размерам) во всех пунктах сбора и проведенный корреляционный анализ между количеством семян и размерами шишек выявил следующие показатели корреляционных коэффициентов (r). Наиболее тесная связь между длиной шишек и количеством полнозернистых семян $r = 0,923$, и

сильно отрицательная между длиной шишки и количеством пустых семян $r = -0,750$.

Корреляционная зависимость между шириной шишек и количеством полнозернистых семян отличается чуть меньше теснотой связи $r = 0,833$, и между шириной шишек и количеством пустых семян $r = -0,651$. Не выявили достоверную корреляционную зависимость массы семян с их общим количеством.

Биометрические параметры аппроксимируются полиномиальной функцией второго порядка (рис. 2, 3, 4).

Коэффициент детерминации (R^2) по длине шишки плавно варьирует от 0,563 в Курской области до 0,78 (питомник) и практически максимального значения 0,96 (дендрарий) в Воронежской области при значении $p \leq 0,05$.

Коэффициент детерминации по ширине шишки варьирует, наоборот, очень резко: от 0,39 в Курской области, через среднее значение в питомнике ($R^2 = 0,63$) и снова, достигая своего максимума в дендрарии ($R^2 = 0,99$), при значении $p \leq 0,05$.

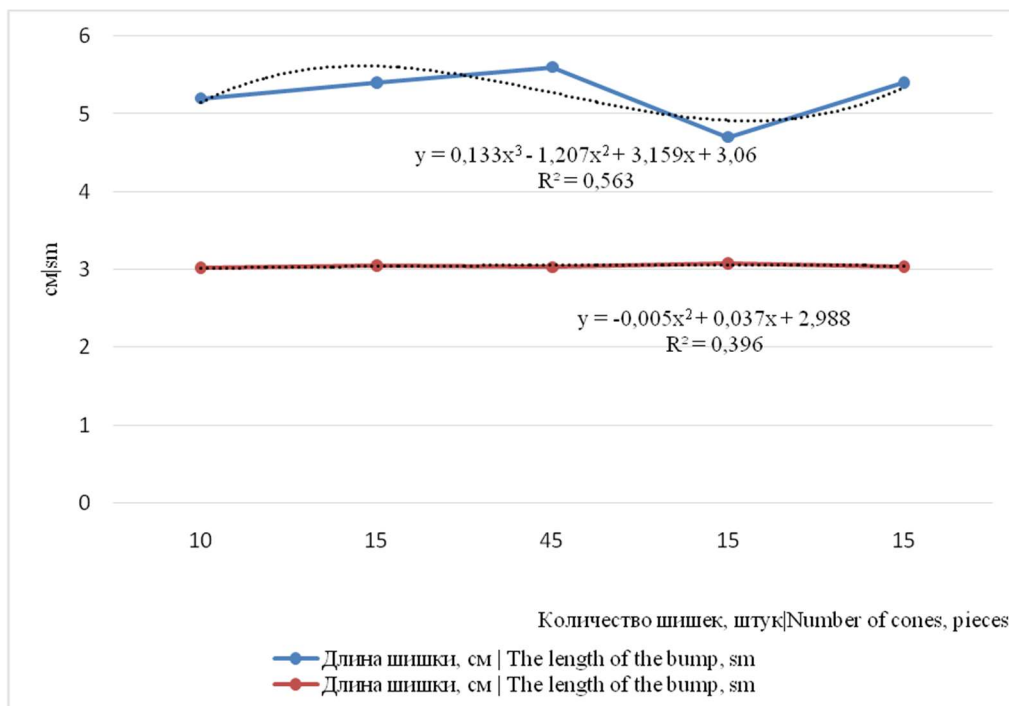


Рисунок 2. Биометрические показатели шишек и семян *Pseudotsuga menziesii* (Mirb.) Franco в Курской области

Figure 2. Biometric indicators of *Pseudotsuga menziesii* (Mirb.) Franco cones and seeds in the Kursk region

Источник: собственные вычисления автора

Source: own calculations

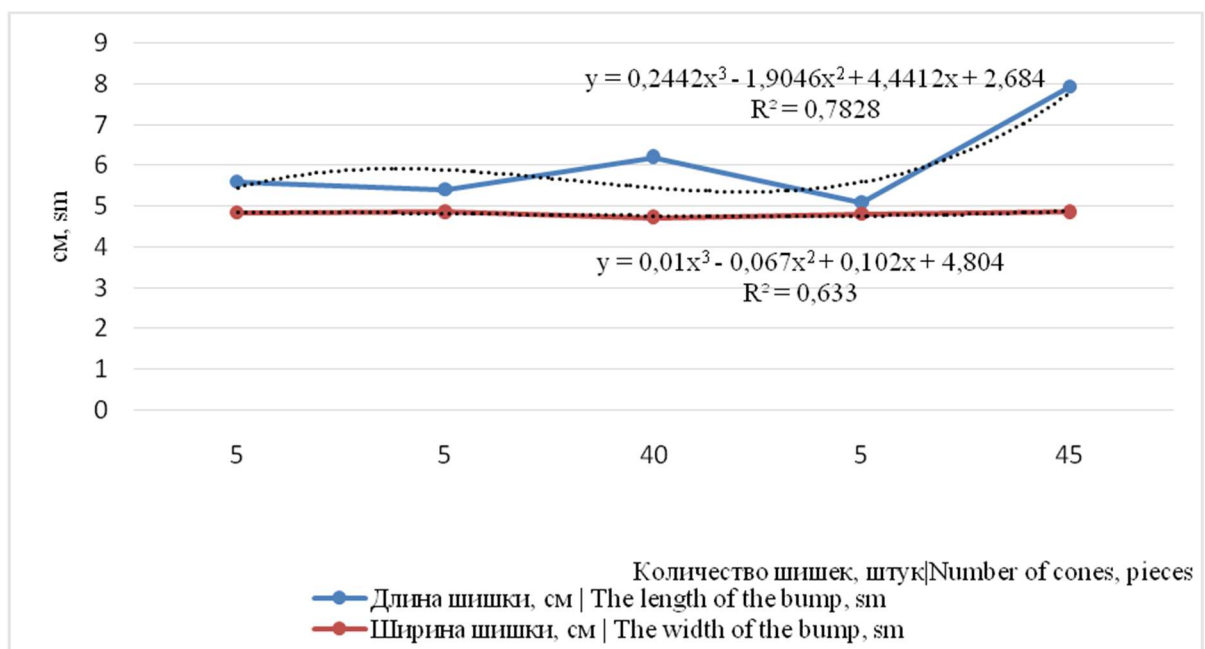


Рисунок 3. Биометрические показатели шишек и семян *Pseudotsuga menziesii* (Mirb.) Franco в Воронежской области (питомник)

Figure 3. Biometric indicators of cones and seeds of *Pseudotsuga menziesii* (Mirb.) Franco in Voronezh region (nursery)

Источник: собственные вычисления автора

Source: own calculations

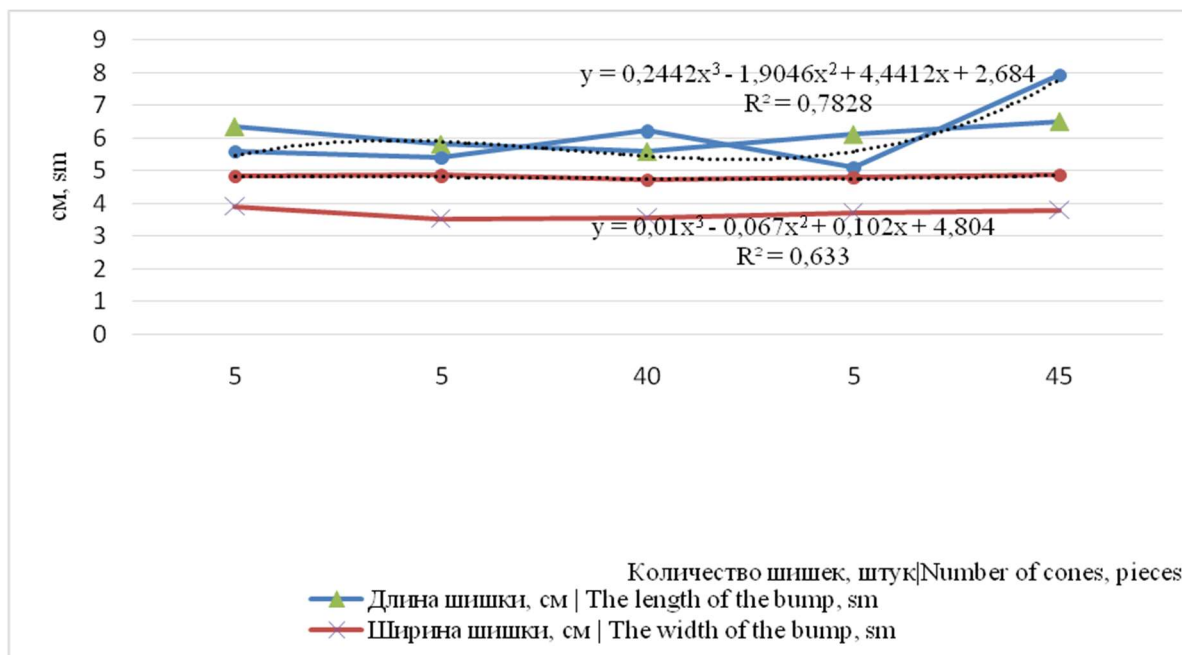


Рисунок 4. Биометрические показатели шишек и семян *Pseudotsuga menziesii* (Mirb.) Franco в Воронежской области (питомник)

Figure 4. Biometric indicators of cones and seeds of *Pseudotsuga menziesii* (Mirb.) Franco in Voronezh region (arboretum)

Источник: собственные вычисления автора
Source: own calculations

Воздействие комплекса биотических и абиотических факторов новой территории на растения-интродуценты перманентно и нераздельно. Но, непосредственное влияние на рост и развитие растений оказывают климатические (температура, влажность, количество осадков) и почвенные условия. Анализ метеоданных (табл. 3.) показывает увеличение температуры и низкое количество осадков особенно в первую декаду августа во всех пунктах сбора по

сравнению с климатологической стандартной нормой [30]. Это является не совсем благоприятным условием для формирования урожая шишек и семян. Во-вторых, погодные условия примерно одинаковы в Воронежской и Курской области и, проследить связь с линейными размерами не получится за один год исследования. Взаимосвязь от общего количества семян, полнотелых и пустых с географическими координатами, в частности с широтой вообще отсутствует: наблюдений за один год также недостаточно, и разница по широте составляет менее 1°.

Таблица 3

Метеоданные по пунктам сбора

Table 3

Weather data on collection points

Декады августа 2024 г The dec- ades of August 2024 year	Температура °C , Temperature, °C			Относительная влажность, % Relative humidity, %			Количество осадков, мм Precipitation, mm		
	Воро- неж Voro nezh	Семилуки Semiluki	Курск Kursk	Воро- неж Voro nezh	Семилуки Semiluki	Курск Kursk	Воро- неж Voro nezh	Семилуки Semiluki	Курск Kursk
1-10	23,6	29,7	23,4	76,8	64,3	65,8	12,1	11,0	18,0
11-20	22,1	29,6	23,0	67,6	52,3	70,6	21,0	12,0	12,0
21-31	17,35	26,0	20,0	72,6	63	52,0	15,1	14,0	11,6

Источник: метеоданные сайта <http://www.pogodaiklimat.ru>

Source: the site's weather data <http://www.pogodaiklimat.ru>

Обсуждение

Известно, что работы по интродукции псевдотсуги Мензиса ведутся во многих странах мира. Ряд исследований свидетельствует об устойчивости в сравнении с местными видами хвойных пород. Анализируя данные исследователей по эколого-биологическим характеристикам вида, обнаруживаем сведения об устойчивости всходов *P. menziesii* при возрастающей температуре воздуха сочетании с засухой. Учитывая потенциальные видовые возможности *P. menziesii*, лесоводы вводят данную породу в состав лесных насаждений. Современная литература не содержит детализированных рекомендаций по введению вида в различные типы лесных насаждений в качестве сопутствующей породы. Адаптационные возможности вида выявлены на обширных территориях РФ, конкретно на территории Среднего и Нижнего Поволжья. Отмечаем, что аналогичных исследований в ЦЧР проведено не было. В данной работе впервые изучены взаимосвязи биометрических показателей шишек и семян в условиях лесостепной и степной зон. Конечной целью исследования является модификация и конкретизация традиционных методик размножения.

Заключение

Впервые в регионе изучена взаимосвязь размеров генеративных органов, оценён потенциал

Pseudotsuga menziesii (Mirb.) Franco в новых условиях ареала путем сравнения данных по двум областям ЦЧР.

Зафиксированы некоторые тренды в данной взаимосвязи. При наблюдении визуально, крупные шишки развиваются в несколько выше середины кроны, и в городских условиях (дендрарий) их созревание проходит активнее.

Обильному заложению шишек не способствовала высокая положительная температура в начале августа, но получить достоверные различия по двум областям за один год исследований не представляется возможным.

Необходимо помнить и о том, что генетические особенности вида и места происхождения исходных насаждений являются доминирующими фактором и оказывают влияние на все биологические проявления вида.

При увеличении шишек по длине и ширине увеличивается общее количество семян, в том числе и количество полнозернистых семян, количество пустых семян или сохраняется на прежнем уровне, если и повышается, то незначительно. Были выявлены прочные положительные связи между длиной шишек и количеством полнозернистых семян $r = 0,923$, и сильно отрицательная между длиной шишки и количеством пустых семян $r = -0,750$. Конечно же,

содержание семян является непостоянной величиной и будет меняться при примерно равных размерах шишек в сборных партиях. И, как на это указывают дендрологи и лесоводы – от чередования урожайных и неурожайных лет.

Коэффициент вариации длины шишки по всем трём пунктам сбора достигает значения 34,0 % (высокая вариабельность), ширина шишки варьирует чуть меньше – 32,3 %. Изменчивость длины семени с крылом (18,4 %) и ширины семени (6,1 %) соответствуют средней и низкой вариабельности.

Таким образом, впервые было показано для ЦЧР, что наблюдается столь высокая тесная связь между длиной шишки и числом полновесных семян, установлены высокие значения коэффициентов корреляции и т.д. Полученные сведения позволяют рекомендовать к использованию для посева полученные местные семена для начала в лабораторных условиях, затем в грунт. Для дальнейшей интродукции наиболее перспективен материал из питомника.

Конечной целью исследования является разработка подробных рекомендаций по введению *Pseudotsuga menziesii* (Mirb.) Franco в различные типы лесных насаждений ЦЧР в качестве сопутствующей породы.

Список литературы

1. Himes, A., et al. (2023). Forestry in the face of global change: Results of a global survey of professionals. *Current Forestry Reports*, 9(6), 473–489. <https://doi.org/10.1007/s40725-023-00205-1>
2. Knoke, T., Paul, C., Gosling, E., Jarisch, I., & Mohr, J. (2023). The economics of mixed species forestry. *Environmental and Resource Economics*, 84, 343–381. <https://doi.org/10.1007/s10640-022-00719-5>
3. Barker-Rothschild, D., Stoyanov, S. R., Gieleciak, R., Cruickshank, M., Filipescu, C. N., Dunn, D., & Choi, P. (2023). Assessing the impact of drought-induced abiotic stress on the content and composition of Douglas-fir lignin. *ACS Sustainable Chemistry & Engineering*, 11(37), 13519–13526. <https://doi.org/10.1021/acssuschemeng.3c02720>
4. Mirabel, A., Girardin, M. P., Metsaranta, J., Way, D., & Reich, P. B. (2023). Increasing atmospheric dryness reduces boreal forest tree growth. *Nature Communications*, 14(1), 6901. <https://doi.org/10.1038/s41467-023-42466-1>
5. Montagne-Huck, C., & Brunette, M. (2018). Economic analysis of natural forest disturbances: A century of research. *Journal of Forest Economics*, 32, 42–71. <https://doi.org/10.1016/j.jfe.2018.03.002>
6. Pretzsch, H., et al. (2023). Forest growth in Europe shows diverging large regional trends. *Scientific Reports*, 13(1), 15373. <https://doi.org/10.1038/s41598-023-41077-6>
7. Ritze, E., Schebeck, M., & Kirisits, T. (2023). The pine pathogen *Diplodia sapinea* is associated with the death of large Douglas fir trees. *Forest Pathology*, 53(4), e12823. <https://doi.org/10.1111/efp.12823>
8. Glatthorn, J., et al. (2023). Species diversity of forest floor biota in non-native Douglas-fir stands is similar to that of native stands. *Ecosphere*, 14(7), e4609. <https://doi.org/10.1002/ecs2.4609>
9. Lalora, A. R., et al. (2023). Mortality thresholds of juvenile trees to drought and heatwaves: Implications for forest regeneration across a landscape gradient. *Frontiers in Forests and Global Change*, 6, 1198156. <https://doi.org/10.3389/ffgc.2023.1198156>
10. Crockett, J. L., & Hurteau, M. D. (2023). Ability of seedlings to survive heat and drought portends future demographic challenges for five southwestern US conifers. *Tree Physiology*, 44(1), tpad136. <https://doi.org/10.1093/treephys/tpad136>
11. Fanal, A., Porte, A., Mahy, G., & Monty, A. (2023). Fast height growth is key to non-native conifers invasiveness in temperate forests. *Biological Invasions*, 26(3), 857–874. <https://doi.org/10.1007/s10530-023-03214-0>
12. Huber, C., et al. (2023). Potential alternatives for Norway spruce wood: A selection based on defect-free wood properties. *Annals of Forest Science*, 80(1), 36. <https://doi.org/10.1186/s13595-023-01206-7>
13. Gang, B., Bingham, L., Gosling, E., & Knoke, T. (2023). Assessing the suitability of under-represented tree species for multifunctional forest management – An example using economic return and biodiversity indicators. *Forestry: An International Journal of Forest Research*, 97(2), 255–266. <https://doi.org/10.1093/forestry/cpad038>

14. Plaga, B. N. E., Bauhus, J., Pretzsch, H., Gonzalez, M., & Forrester, D. I. (2023). Influence of crown and canopy structure on light absorption, light use efficiency, and growth in mixed and pure *Pseudotsuga menziesii* and *Fagus sylvatica* forests. *European Journal of Forest Research*, 143(2), 479–491. <https://doi.org/10.1007/s10342-023-01638-w>
15. Dagley, C. M., Berrill, J.-P., & Fraver, S. (2023). Forest restoration mitigates drought vulnerability of coast Douglas-fir in a Mediterranean climate. *Canadian Journal of Forest Research*, 53(3), 210–216. <https://doi.org/10.1139/cjfr-2022-0119>
16. Schimleck, L. R., Jayawickrama, K. J. S., & Ye, T. Z. (2023). Wood property genetic parameter estimation from first-generation Douglas-fir progeny tests. *Wood Science and Technology*, 58(1), 295–312. <https://doi.org/10.1007/s00226-023-01516-z>
17. Peltier, D. M. P., et al. (2023). Old reserves and ancient buds fuel regrowth of coast redwood after catastrophic fire. *Nature Plants*, 9(12), 1978–1985. <https://doi.org/10.1038/s41477-023-01581-z>
18. Schneider, K. A., Berrill, J.-P., Dagley, C. M., Webb, L. A., & Hohl, A. (2023). Residual stand structure and topography predict initial survival and animal browsing of redwood and Douglas-fir seedlings planted in coastal forests of Northern California. *Sustainability*, 15(23), 16409. <https://doi.org/10.3390/su152316409>
19. Аббарова А.Р. Псевдотсуга Мензиса в Башкирском Предуралье: посевные качества семян // Вестник ОГУ. – 2009. – №6. – С. 22-24. URL:<https://www.elibrary.ru/item.asp?id=22407275>.
20. Торчик В.И., Холопук Г.А. Интродукция Псевдотсуги Мензиса (*Pseudotsuga menziesii* (Mirb.) Franco) в условиях Беларуси. – 2013. – 139 с. URL:<https://www.elibrary.ru/item.asp?id=44556191>.
21. Дебринюк Ю.М. Посевные качества семян *Pseudotsuga menziesii* (Mirb.) Franco в насаждениях западного региона Украины // Плодоводство, семеноводство, интродукция древесных растений. – 2016. – Т. XIX. – № XIX (1). – С. 23-26. URL:<https://www.elibrary.ru/item.asp?id=27320701>.
22. Щепотьев Ф.Л. Дугласия. – М. : Лесн. пром-сть, 1982. – 80 с.
23. Dorofeeva V.D., Degtyareva S.I., Komarova O.V., Shipilova V.F. Generative and vegetative reproduction of *Pseudotsuga Menziesii* (mirb.) Franco in the Central Chernozem Region. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. International scientific and practical conference "Forest ecosystems as global resource of the biosphere: calls, threats, solutions" (Forestry-2019). 2019; 012044. DOI: <https://doi.org/10.1088/1755-1315/392/1/012044>.
24. Мурая Л.С., Буторина А.К., Дудецкая Е.М. Кариотипическая характеристика трёх различных популяций псевдотсуги // Лесоведение. – 1976. – №6. – С. 66-71.
25. Кузнецова Г.В. Межпопуляционная изменчивость размера шишек и массы семян сосны сибирской кедровой (*Pinus sibirica* du Tour.) // Хвойные бореальной зоны. – 2022. – XL. – №5. – С. 369-373. DOI: <https://doi.org/10.53374/1993-0135-2022-5-369-373>.
26. Крук Н.К., Якимов Н.И., Тупик П.В., Юреня А.В. Морфометрические показатели деревьев и шишек и качество семян на лесосеменной плантации сосны Веймутовой // Труды БГТУ. – 2020. – 1. – №1. – С. 63-68. URL:<https://www.elibrary.ru/item.asp?id=42400219>.
27. Тупик П.В. Повышение качества семян хвойных интродуцентов методом флотации // Проблемы лесоведения и лесоводства: сборник научных трудов; Национальная академия наук Беларуси, Институт леса. Выпуск 68. – Минск: Институт леса Национальной академии наук Беларуси, 2008. – С. 290-298. Режим доступа: URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=45757621>.
28. Семенютина А.В., Сапронова Д.А. Перспективность интродукции для озеленения Нижнего Поволжья // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса. – 2014. – 1. – 33. – С. 69-73. Режим доступа: URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=21369676>.
29. Аникеев Д. Р., Бабушкина Л. Г., Зуева Г. В. Состояние репродуктивной системы сосны обыкновенной при аэротехногенном загрязнении. – Екатеринбург: УГЛТА, 2000. – 81 с. Режим доступа: URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=9188872>.
30. Дегтярева С.И., Дорофеева В.Д., Шипилова В.Ф. Генеративное размножение *Picea pungens* Engelm. в урбосреде Воронежа: анализ лабораторной всхожести от стратификации семян. Лесотехнический журнал. – 2024. – 14. – № 3(55). – С. 75-88. DOI: <https://doi.org/10.34220/issn.2222-7962/2024.3/5>.
31. Погода и климат. Режим доступа: URL: <http://www.pogodaiklimat.ru> (дата обращения: 19.06.2025).

References

1. Himes, A., et al. (2023). Forestry in the face of global change: Results of a global survey of professionals. *Current Forestry Reports*, 9(6), 473–489. <https://doi.org/10.1007/s40725-023-00205-1>
2. Knoke, T., Paul, C., Gosling, E., Jarisch, I., & Mohr, J. (2023). The economics of mixed species forestry. *Environmental and Resource Economics*, 84, 343–381. <https://doi.org/10.1007/s10640-022-00719-5>
3. Barker-Rothschild, D., Stoyanov, S. R., Gieleciak, R., Cruickshank, M., Filipescu, C. N., Dunn, D., & Choi, P. (2023). Assessing the impact of drought-induced abiotic stress on the content and composition of Douglas-fir lignin. *ACS Sustainable Chemistry & Engineering*, 11(37), 13519–13526. <https://doi.org/10.1021/acssuschemeng.3c02720>
4. Mirabel, A., Girardin, M. P., Metsaranta, J., Way, D., & Reich, P. B. (2023). Increasing atmospheric dryness reduces boreal forest tree growth. *Nature Communications*, 14(1), 6901. <https://doi.org/10.1038/s41467-023-42466-1>
5. Montagne-Huck, C., & Brunette, M. (2018). Economic analysis of natural forest disturbances: A century of research. *Journal of Forest Economics*, 32, 42–71. <https://doi.org/10.1016/j.jfe.2018.03.002>
6. Pretzsch, H., et al. (2023). Forest growth in Europe shows diverging large regional trends. *Scientific Reports*, 13(1), 15373. <https://doi.org/10.1038/s41598-023-41077-6>
7. Ritze, E., Schebeck, M., & Kirisits, T. (2023). The pine pathogen *Diplodia sapinea* is associated with the death of large Douglas fir trees. *Forest Pathology*, 53(4), e12823. <https://doi.org/10.1111/efp.12823>
8. Glatthorn, J., et al. (2023). Species diversity of forest floor biota in non-native Douglas-fir stands is similar to that of native stands. *Ecosphere*, 14(7), e4609. <https://doi.org/10.1002/ecs2.4609>
9. Lalora, A. R., et al. (2023). Mortality thresholds of juvenile trees to drought and heatwaves: Implications for forest regeneration across a landscape gradient. *Frontiers in Forests and Global Change*, 6, 1198156. <https://doi.org/10.3389/ffgc.2023.1198156>
10. Crockett, J. L., & Hurteau, M. D. (2023). Ability of seedlings to survive heat and drought portends future demographic challenges for five southwestern US conifers. *Tree Physiology*, 44(1), tpad136. <https://doi.org/10.1093/treephys/tpad136>
11. Fanal, A., Porte, A., Mahy, G., & Monty, A. (2023). Fast height growth is key to non-native conifers invasiveness in temperate forests. *Biological Invasions*, 26(3), 857–874. <https://doi.org/10.1007/s10530-023-03214-0>
12. Huber, C., et al. (2023). Potential alternatives for Norway spruce wood: A selection based on defect-free wood properties. *Annals of Forest Science*, 80(1), 36. <https://doi.org/10.1186/s13595-023-01206-7>
13. Gang, B., Bingham, L., Gosling, E., & Knoke, T. (2023). Assessing the suitability of under-represented tree species for multifunctional forest management – An example using economic return and biodiversity indicators. *Forestry: An International Journal of Forest Research*, 97(2), 255–266. <https://doi.org/10.1093/forestry/cpad038>
14. Plaga, B. N. E., Bauhus, J., Pretzsch, H., Gonzalez, M., & Forrester, D. I. (2023). Influence of crown and canopy structure on light absorption, light use efficiency, and growth in mixed and pure *Pseudotsuga menziesii* and *Fagus sylvatica* forests. *European Journal of Forest Research*, 143(2), 479–491. <https://doi.org/10.1007/s10342-023-01638-w>
15. Dagley, C. M., Berrill, J.-P., & Fraver, S. (2023). Forest restoration mitigates drought vulnerability of coast Douglas-fir in a Mediterranean climate. *Canadian Journal of Forest Research*, 53(3), 210–216. <https://doi.org/10.1139/cjfr-2022-0119>
16. Schimleck, L. R., Jayawickrama, K. J. S., & Ye, T. Z. (2023). Wood property genetic parameter estimation from first-generation Douglas-fir progeny tests. *Wood Science and Technology*, 58(1), 295–312. <https://doi.org/10.1007/s00226-023-01516-z>
17. Peltier, D. M. P., et al. (2023). Old reserves and ancient buds fuel regrowth of coast redwood after catastrophic fire. *Nature Plants*, 9(12), 1978–1985. <https://doi.org/10.1038/s41477-023-01581-z>
18. Schneider, K. A., Berrill, J.-P., Dagley, C. M., Webb, L. A., & Hohl, A. (2023). Residual stand structure and topography predict initial survival and animal browsing of redwood and Douglas-fir seedlings planted in coastal forests of Northern California. *Sustainability*, 15(23), 16409. <https://doi.org/10.3390/su152316409>
19. Abrarova A.R. Pseudotsuga Menzisa v Bashkirskom Predural'e: posevny'e kachestva semyan [Pseudotsuga Menziesii in the Bashkir Cis-Urals: Seed Sowing Qualities]. *Vestnik OGU = Vestnik OGU*. 2009; (6): 22–24. (in Russ). URL:<https://www.elibrary.ru/item.asp?id=22407275>.

20. Torchik V.I., Xolopuk G.A. Introdukciya Pseudotsugi Menzisa (Pseudotsuga menziesii (Mirb.) Franco) v usloviyax Belarusi [Introduction of Pseudotsuga menziesii (Mirb.) Franco in Belarus]. 2013; 139 (in Russ). URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=44556191>.
21. Debrinyuk Yu.M. Posevny'e kachestva semyan Pseudotsuga menziesii (Mirb.) Franco v nasazhdeniyax zapadnogo regiona Ukrainy [Sowing qualities of seeds of Pseudotsuga menziesii (Mirb.) Franco in plantations of the western region of Ukraine]. Plodovodstvo, semenovodstvo, introdukciya drevesny'x rastenij = Fruit growing, seed growing, introduction of woody plants. 2016; XIX (1): 23-26. (in Russ). URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=27320701>.
22. Shhepot'ev F.L. Duglasiya [Douglasia]. – M.: Lesn. prom-st', 1982. – S. 80. (in Russ).
23. Dorofeeva V.D., Degtyareva S.I., Komarova O.V., Shipilova V.F. Generative and vegetative reproduction of Pseudotsuga Menziesii (mirb.) Franco in the Central Chernozem Region. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. International scientific and practical conference "Forest ecosystems as global resource of the biosphere: calls, threats, solutions" (Forestry-2019). 2019; 012044. DOI: <https://doi.org/10.1088/1755-1315/392/1/012044>.
24. Muraya L.S., Butorina A.K., Dudeczkaya E.M. Kariotipicheskaya xarakteristika tryox razlichny'x populyacij pseudotsugi [Karyotypic Characteristics of Three Different Pseudotsuga Populations]. Lesovedenie = Lesovedenie. 1976 (6): 66-71. (in Russ).
25. Kuzneczova G.V. Mezhpopyacionnaya izmenchivost' razmera shishek i massy' semyan sosny' sibirskoj kedrovoj (Pinus sibirica du Tour.) [Interpopulation Variability of the Cones and Seed Mass of the Siberian Cedar Pine (Pinus sibirica du Tour.)]. Xvojny'e boreal'noj zony' = Conifers of the Boreal Zone. 2022. XL (№5): 369-373. (in Russ). DOI: <https://doi.org/10.53374/1993-0135-2022-5-369-373>.
26. Kruk N.K., Yakimov N.I., Tupik P.V., Yurenaya A.V. Morfometricheskie pokazateli derev'ev i shishek i kachestvo semyan na lesosemennoj plantacii sosny' Vejmutovoj [Morphometric indicators of trees and cones and seed quality in a Weimut pine forest seed plantation]. Trudy' BGTU= Proceedings of BSTU. 2020. 1(1): 63-68. (in Russ). URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=42400219>.
27. Tupik P.V. Povy'shenie kachestva semyan xvojny'x introducentov metodom flotacii. Problemy' lesovedeniya i lesovodstva [Improving the quality of coniferous introductions seeds by flotation // Problems of forest science and forestry: collection of scientific papers] : sbornik nauchny'x trudov; Nacional'naya akademiya nauk Belarusi, Institut lesa = National Academy of Sciences of Belarus, Institute of Forest. Minsk : Institut lesa Nacional'noj akademii nauk Belarusi. 2008 (68): 290-298. (in Russ). URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=45757621>.
28. Semenytina A.V., Sapronova D.A. Perspektivnost' introdukcii dlya ozeleneniya Nizhnego Povolzh'ya [Prospects for introduction for landscaping in the Lower Volga region] Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa= News of the Lower Volga Agro-University Complex. 2014. 1(33):69-73. (in Russ). URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=21369676>.
29. Anikeev D. R., Babushkina L. G., Zueva G. V. Sostoyanie reproduktivnoj sistemy' sosny' oby'knovennoj pri ae'rotenogenom zagryaznenii [The state of the reproductive system of Scots pine under aerotechnogenic pollution]. Ekaterinburg: UGLTA=Yekaterinburg: UGLTA. 2000. 81 p. (in Russ). URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=9188872>.
30. Degtyareva S.I., Dorofeeva V.D., Shipilova V.F. Generativnoe razmnzhenie Ricea pungens Engelm. v ur-bosrede Voronezha: analiz laboratornoj vsxozhesti ot stratifikacii semyan [Generative reproduction of Picea pungens Engelm. in the urban environment of Voronezh: analysis of laboratory germination from seed stratification]. Lesotexnicheskij zhurnal= Lesotekhnicheskij Zhurnal. 2024. – 14. 3(55): 75-88. DOI: <https://doi.org/10.34220/issn.2222-7962/2024.3/5>.
31. Pogoda i klimat. [Weather and climate] URL: <http://www.pogodaiklimat.ru> (data obrashheniya: 19.06.2025).

Сведения об авторах

☑ *Дегтярева Светлана Ивановна* – кандидат биологических наук, доцент, доцент кафедры ботаники и дендрологии ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова», ул. Тимирязева, 8, г. Воронеж, Российская Федерация, 394087, ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-3825-1158>, e-mail: degtjarewa-lana@yandex.ru.

Одинцов Анатолий Николаевич – кандидат биологических наук, старший научный сотрудник отдела биоразнообразия, рационального лесопользования и лесовыращивания ФГБУ «ВНИИЛГИСБиотех», ул. Ломоносова, 105, г. Воронеж, Российская Федерация, 394087, ORCID: <https://orcid.org/0009-0000-7205-7688>, e-mail: sort3@yandex.ru.

Дорофеева Валентина Дмитриевна – кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры ботаники и дендрологии ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова», ул. Тимирязева, 8, г. Воронеж, Российская Федерация, 394087, ORCID: [http:// orcid.org/0000-0003-3624-6304](http://orcid.org/0000-0003-3624-6304), e-mail: ekzo40@mail.ru.

Шипилова Валентина Фёдоровна – заведующий отделом опытных испытаний (лесопарковый участок) ФГБУ «ВНИИЛГИСБиотех», ул. Ломоносова, 105, г. Воронеж, Российская Федерация, 394087, ORCID: [http:// orcid.org/ https://orcid.org/0009-0004-2069-1638](http://orcid.org/0009-0004-2069-1638)

Information about the authors

✉ *Svetlana I. Degtyareva* – Cand. Sci. (Biol.), Associate Professor, Associate Professor of the Department of Botany and Dendrology, Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov, Timiryazev str., 8, Voronezh, Russian Federation, 394087, ORCID: [http:// orcid.org/0000-0003-3825-1158](http://orcid.org/0000-0003-3825-1158), e-mail: degtyarewa-lana@yandex.ru.

Anatoly N. Odintsov – Cand. Sci. (Biol.), Senior Researcher at the Department of Biodiversity, Rational Forest Management and Reforestation of the All-Russian Research Institute of Forest Genetics, Breeding and Biotechnology, 105, Lomonosov street, Voronezh, 394087; ORCID: <https://orcid.org/0009-0000-7205-7688>, e-mail: sort3@yandex.ru.

Valentina D. Dorofeeva – Cand. Sci (Agric), Associate Professor, Associate Professor of the Department of Botany and Dendrology, Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov, Timiryazev str., 8, Voronezh, Russian Federation, 394087, orcid: [http:// orcid.org/0000-0003-3624-6304](http://orcid.org/0000-0003-3624-6304), e-mail: ekzo40@mail.ru.

Valentina F. Shipilova – Head of the Experimental Testing Department (forest park area) of the All-Russian Research Institute of Forest Genetics, Breeding and Biotechnology, 105, Lomonosov street, Voronezh, 394087; orcid: [http:// orcid.org/0009-0004-2069-1638](http://orcid.org/0009-0004-2069-1638) e-mail: lesopark.vrn@yandex.ru.

✉ – Для контактов /Corresponding author