



Ретроспективный анализ интродукции *Pseudotsuga menziesii* (Mirb.) Franco для прогноза эффективности её применения в Нижнем Поволжье

Александра Викторовна Семенютина

доктор сельскохозяйственных наук, профессор, главный научный сотрудник, заведующая лабораторией биоэкологии древесных растений
Федеральный научный центр агроэкологии, комплексных мелиораций и защитного лесоразведения
Российской академии наук
Волгоград, Россия
vnialmi@yandex.ru
 0000-0003-3250-6877

Дарья Владимировна Сапронова

аспирант, Нижневолжская станция по селекции древесных пород
Федеральный научный центр агроэкологии, комплексных мелиораций и защитного лесоразведения
Российской академии наук
Волгоград, Россия
pitomnik-vnialmi@mail.ru
 0000-0000-0000-0000

Поступила в редакцию 09.02.2022

Принята 11.03.2022

Опубликована 15.06.2022

 10.25726/j4449-9021-1960-y

Аннотация

На основе данных по биологическим и лесоводственным особенностям *Pseudotsuga menziesii* (Mirb.) Franco, дан прогноз перспективности таксономического разнообразия, как быстрорастущих декоративных долговечных древесных растений. Приведено таксономическое разнообразие голосеменных деревьев и кустарников семейств *Cupressaceae* (4 рода), *Pinaceae* (5 родов) в коллекциях ФНЦ агроэкологии РАН. Идентифицировано три разновидности североамериканского вида лжетсуги Мензиса (*Pseudotsuga menziesii* (Mirb.) Franco) – var. *viridis*, *glauca*, *caesia*, которые проходят интродукционное испытание с 1935 г. в условиях каштановых почв. Цель – провести анализ интродукционных испытаний *Pseudotsuga menziesii* (Mirb.) Franco для прогноза эффективности её применения в Нижнем Поволжье. Дана сравнительная оценка хвойных интродуцентов по показателям роста. В 70-летнем возрасте высота разновидностей *P. menziesii* варьировала от 12,8 (диаметр 0,23 м) до 16,1 м (0,29 м) и превосходила по этому показателю *Pinus sylvestris*, *Picea pungens* и *Larix sibirica*. Анализ годовых приростов в условиях каштановых почв указывает на кульминацию роста в 7 лет, на погребенных каштановых – 9 лет. В других возрастных группах отмечены незначительные колебания приростов, что свидетельствует о засухоустойчивости вида. Выявлено преимущество *P. menziesii* var. *viridis* по показателям роста и состоянию (2,0-3,5 балла). С учетом выбранных элементов декоративности и длительности их воздействия и сезонной изменчивости аспектов разработаны пейзажные группы (декоративность 260-367) с участием *Pseudotsuga menziesii* для создания или реконструкции зеленых насаждений.

Ключевые слова

интродукция, *Pseudotsuga menziesii* (Mirb.) Franco, разновидности, почвенно-климатические условия, кластеризация, дендрокolleкции ФНЦ агроэкологии РАН.

Исследования проведены в рамках выполнения государственного задания (№ госрегистрации 121041200195-4), финансирование министерства науки и высшего образования Российской Федерации

Введение

Род *Pseudotsuga* Carr. (семейство Pinaceae Lindl.) согласно современной систематике представлен 5 видами: *Pseudotsuga menziesii*, *P. macrocarpa* (Северная Америка), *P. brevifolia*, *P. forrestii*, *P. sinensis* (западный, юго-западный Китай, Япония) и разновидностями (Крекова, 2016; Торчик, 2013). В некоторых источниках приводятся другие сведения о количестве видов – от 4 (Шкутко, 1970) до 18 (Холявко, 1981), представители лесов умеренного пояса.

Pseudotsuga menziesii var. *viridis* естественно произрастает на западном побережье (от штатов Калифорния, Колорадо, Техаса, США до Британской Колумбии, Канада; рисунок 1). *P. menziesii* var. *glauca* – внутри континента (<https://upload>, 2021).

P. menziesii var. *caesia* растет к востоку от Каскадных гор, в основном в Британской Колумбии (Букштынов, 1981). Протяженность ареала с севера на юг 3800 км, а с запада на восток – 1800 км. В провинции Британская Колумбия *P. menziesii* поднимается до высоты 1000 м, в Каскадных горах – до 1600 м, в штате Калифорния – 2250 м (Аббарова, 2011).



Рисунок 1. Природный ареал *Pseudotsuga menziesii* (Mirb.) Franco и ее разновидностей: а – *Pseudotsuga menziesii* var. *viridis*, б – *P. menziesii* var. *glauca* [29]

Средняя температура зимой колеблется от +3 до –8°C; в северной части ареала температура понижается до –22°C, иногда до –45°C. Климатические условия ареала *P. menziesii* var. *glauca* и var. *caesia* более суровые (зимой до –34,4°C) (Абрарова, 2011).

Pseudotsuga menziesii (Mirb.) Franco завезена из западной части Северной Америки в Европу в XIX века. В последнее столетие вид стал занимать важное место в лесовосстановлении. Он произрастает на 800 тыс. га, из них 50% во Франции, 25% в Германии (Eckhart, 2019). Широко культивируется на Британских островах, в Италии (Castaldi, 2020), Чехии (Vacek, 2021), Бельгии, Нидерландах, Норвегии, Дании, Хорватии (Perić, 2004) от гор Португалии до равнин Польши (Niernczyk, 2021) и на востоке до Карпат (Дебринюк, 2021).

Из приведенного таксономического разнообразия наиболее распространенной вне естественного ареала является *Pseudotsuga menziesii* (Mirb.) Franco и ее разновидности: зеленая (*P. menziesii* var. *viridis*), сизая (var. *glauca*), серая (*caesia*) (Абрарова, 2011; Дебринюк, 2021; Feliksik, 2004; Vitali, 2018). *Pseudotsuga menziesii* var. *viridis* и *P. menziesii* var. *glauca* имеют различия морфологических и биологических особенностей. *P. menziesii* var. *glauca* с более мелкой хвоей и шишками, голубоватая окраска хвои. Уступает по величине габитуса, скорости роста.

За рубежом, в частности, в Европе получили развитие исследования, связанные с эффективным управлением лесными ресурсами через их адаптацию к изменениям климата и подбор оптимальных схем смешения.

Несмотря на положительные результаты интродукционного испытания, представители рода *Pseudotsuga* не получили должного распространения в искусственных насаждениях Нижнего Поволжья.

Цель – провести анализ интродукционных испытаний *Pseudotsuga menziesii* (Mirb.) Franco для прогноза эффективности её применения в Нижнем Поволжье.

Материалы и методы исследования

Объектами исследований являлись интродуцированные растения *Pseudotsuga menziesii* (var. *viridis*, *glauca*, *caesia*), которые произрастают в дендрологических объектах ФНЦ агроэкологии РАН и озеленительных насаждениях (Таблица 1, Рисунок 2).

Таксономическая представленность хвойных растений выявлена с применением каталогов, ведомственных материалов, маршрутного обследования с последующей систематической идентификацией по определителям, справочникам.

Таблица 1. Разновидности *Pseudotsuga menziesii*, интродуцированные в Волгоградской области

| Название таксонов | Область естественного распространения | Получены семена | Год закладки |
|--|---|-----------------|--------------|
| Нижневолжская станция по селекции древесных пород | | | |
| Лжетсуга Мензиса ф. зеленая <i>Pseudotsuga menziesii</i> var. <i>viridis</i> | Тихоокеанское побережье Северной Америки | США | 1939 |
| | | г. Камышин | 1962 |
| Лжетсуга Мензиса ф. сизая <i>P. menziesii</i> var. <i>glauca</i> | Северная Америка | Липецкая обл. | 1937 |
| | | г. Камышин | 1962 |
| Лжетсуга Мензиса ф. серая <i>P. menziesii</i> var. <i>caesia</i> | Северная Америка | Липецкая обл. | 1937 |
| ФНЦ агроэкологии РАН | | | |
| Лжетсуга Мензиса ф. зеленая <i>P. menziesii</i> var. <i>viridis</i> | Северная Америка | г. Камышин | 1966 |
| Лжетсуга Мензиса ф. сизая <i>P. menziesii</i> var. <i>glauca</i> | Северная Америка | г. Камышин | 1966 |
| озеленительные насаждения г. Камышин (ЗАГС, к-р «Победа») | | | |
| Лжетсуга Мензиса ф. зеленая <i>P. menziesii</i> var. <i>viridis</i> | Северная Америка | г. Камышин | 1966 |

| | | | |
|---|------------------|------------|------|
| Лжетсуга Мензиса ф. сизая <i>P. menziesii</i> var. <i>glauca</i> | Северная Америка | г. Камышин | 1966 |
|---|------------------|------------|------|



Рисунок 2. Локализация объектов исследований (кадастровые номера участков 34:34:000000:122, 34:34:060061:10; 34:36:000014:178)

Для прогноза перспективности интродуцента и проведена выборка и кластеризация почвенно-климатических условий разных географических пунктов интродукции в России изучаемого вида.

Применен информационный метод анализа современных исследований зарубежных и российских авторов (e-library, scopus.com) с учетом нормативных, отчетных и методических документов

Результаты и обсуждение

Многие исследователи рассматривают этот североамериканский вид в качестве устойчивой породы для лесов Центральной Европы, естественное восстановление которой зафиксировано с середины XX века (Frei, 2022; Schmid, 2014)

Сравнительные исследования, проведенные в Центральной Европе, показывают, что выращивание *P. menziesii* не оказывает отрицательного влияния на свойства почвы. Однако по сравнению с чистыми и смешанными насаждениями из *Quercus*, *Fagus* и *Abies*, насаждения с участием *P. menziesii* создают менее благоприятную среду обитания для видов животных и грибов, что выражается в меньшем количестве видов (Wohlgemuth, 2021).

Положительное мелиоративное влияние насаждений с участием *Pseudotsuga menziesii* показано в исследованиях Heilman P. (Heilman, 1983), Alfredsson H. et al. (Alfredsson, 1998), Klimenko O.E., Klimenko N.I. (Klimenko, 2021), Damszel M. Et al. (Damszel, 2021). Отмечается увеличение содержания и запаса азота, лучшие структурные свойства верхних горизонтов и снижение содержания карбонатов. Мак Комб, Грифитс (1946), Доминик (1963), Линнеман (1963), Райт (1958) установили тип микоризности, который оказывает влияние на приживаемость растений в непривычных для них условиях (Лобанов, 1971).

Введение *Pseudotsuga menziesii* в еловые леса по прогнозам Vitali V., Bauhus J., Forrester D.I. (Vitali, 2018) может положительно отразиться на производительности смешанно-хвойных насаждений в засушливые годы. Исследователями количественно оценили эффекты взаимодействия видов на рост во время экстремальной засухи (2003 г.) и в благоприятные годы. Выявлено, что в типичные по климатическим условиям годы рост годичных колец эффект смешения видов незначителен. Однако, во время засухи реакция ели зависела от плотности и видового состава, показывая, как положительные, так и отрицательные эффекты от смешивания.

Исследования экологических последствий выращивания *P. menziesii* в Европе [25] показали, что в Европе она восстанавливается естественным образом, особенно на бедных участках (сухих, кислых), где она не уступает местным видам деревьев и может вызывать изменения видового состава. Однако экологические последствия *P. menziesii* незначительны по сравнению с другими интродуцентами (*Robinia pseudoacacia* L.) (Eckhart, 2019).

Некоторые авторы [Абрарова А.Р. и др., 2011] относят «...*Pseudotsuga menziesii* var. *viridis* к растениям со средней засухоустойчивостью, которая не растет на сухих и тяжелых глинистых почвах. Разновидность var. *caesia* ближе к var. *viridis*, но более морозоустойчива и менее восприимчива к дыму и газам...». Холявко В.С. (Холявко, 1981) отмечает *P. menziesii* var. *glauca* большую морозостойкость и газоустойчивость, чем *P. menziesii* var. *viridis*.

Исследованиями Dučić T., Leinemann L., Finkeldey R., Polle A. (Dučić, 2006) установлены различия разновидностей по метаболизму марганца. Общее поглощение марганца было в 3 раза выше у *P. menziesii* var. *glauca*, чем у *P. menziesii* var. *viridis*, который продемонстрировал более высокие показатели биомассы, соотношение побегов и корней. Характер распределения и высокая концентрация марганца в клетках коры и вакуолях корней *P. menziesii* var. *glauca* указывает на уязвимость разновидности к токсичности марганца.

За рубежом *P. menziesii* var. *viridis* нашла коммерческое применение в лесном хозяйстве за хорошие показатели роста в широком диапазоне условий местопроизрастания, высокое качество древесины и устойчивость к болезням и вредителям (Крекова, 2016; Торчик, 2013; Feliksik, 2004 и др.). *P. menziesii* var. *glauca*, как правило, не рекомендуется для Центральной Европы из-за более низких темпов роста и более высокой восприимчивости к вредителям (Bastien, 2013; Boyle, 1999).

В России *P. menziesii* var. *viridis* чаще встречается в коллекциях ботанических садов (49% от общего числа учреждений), расположенных в разных почвенно-климатических условиях (Абрарова, 2011; Каталог, 1999); разновидность var. *glauca* – в 15 географических пунктах (Архангельск, Воронеж, Калининград, Москва, Омск, Переславль, Саранск, Петрозаводск, Краснодар, Сочи, Ростов-на-Дону, Пятигорск, Санкт-Петербург).

Проведена выборка почвенно-климатических условий географических пунктов интродукции изучаемого вида и их кластеризация для оценки перспективности (Рисунки 3, 4).

Она показала широкий диапазон климатических параметров, в которых произрастает *P. menziesii*, что указывает на её экологическую пластичность. Абсолютная максимальная (+34 – +43°C) и минимальная (–13 до –52°C) температуры варьируют, сумма осадков в холодный (ноябрь-март) от 103 до 789 мм и теплый (апрель-октябрь) периоды от 213 до 828 мм.

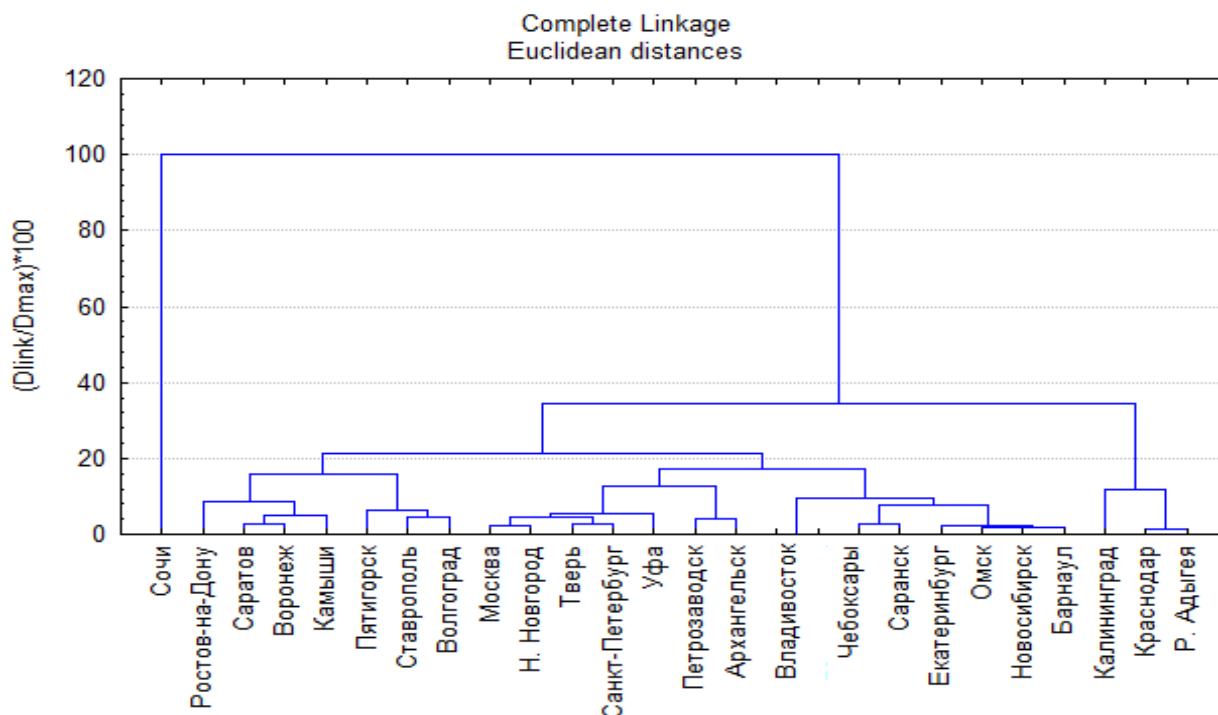
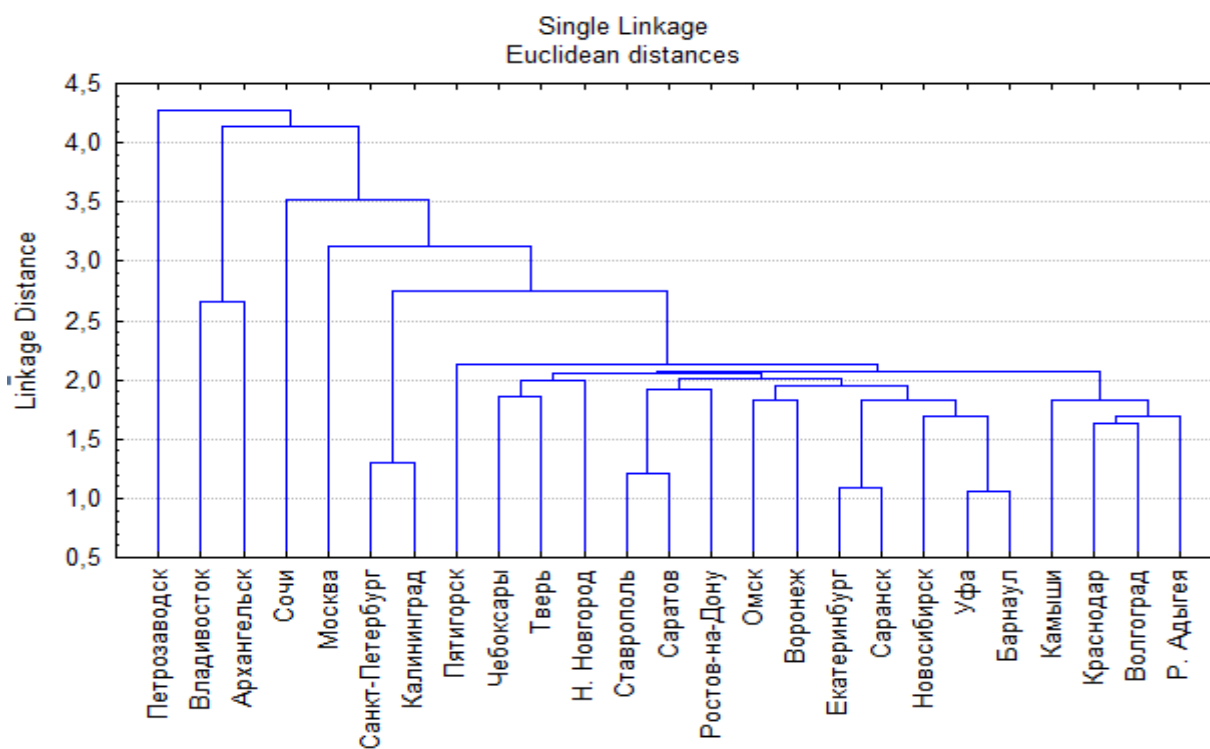
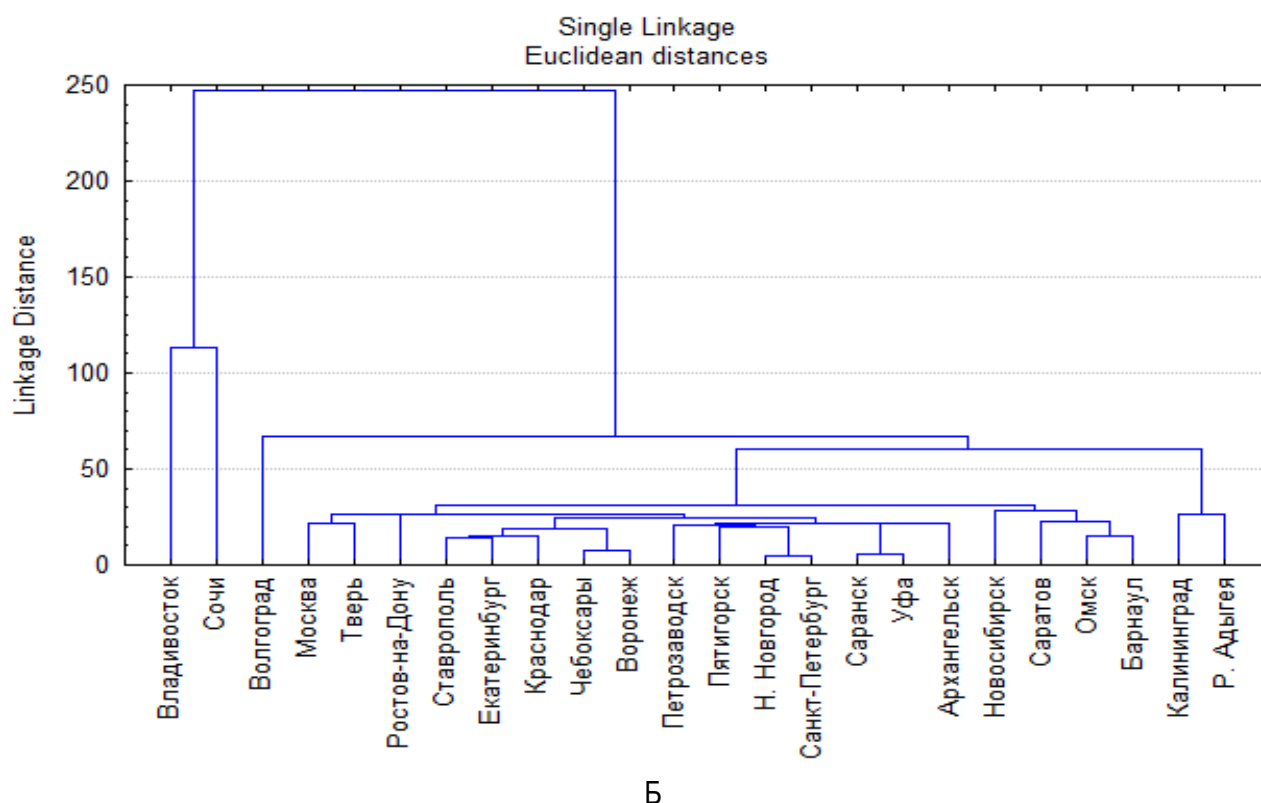


Рисунок 3. Кластеризация географических пунктов интродукции по выборке климатических параметров холодного периода



A



Б
Рисунок 4. Кластеризация географических пунктов интродукции по выборке климатических параметров теплого периода года (А – температурный режим, Б – осадки, влажность воздуха)

«...В средней полосе России, на выщелоченных черноземах и серых суглинках в возрасте 30 лет достигла средней высоты 10 (максимальной 14) м, средний диаметр 21 (макс. 32) см; в 50 лет – 15,6 и 16,3, 27,8 и 33,3 см. Запас древесины 820 м³/га. Начало плодоношения в 17-20 лет, из местных семян с 12 лет. Зафиксирован самосев...» (Гусева, 2010). Автор, на основе таксационных показателей *Pseudotsuga menziesii* в северной подзоне смешанных лесов, делает вывод о том, что лимитирующих факторов для произрастания нет «...среди климатических показателей отрицательное влияние на продуктивность оказывают осадки в зимний период и абсолютный минимум температур, положительное влияние оказывают осадки летних месяцев...» (Гусева, 2010).

Абрарова А. Р. (Абрарова, 2011) отмечает, что возобновление *P. menziesii* в условиях Башкирского Предуралья не уступает *Piceae obovata* и превосходит *Abies sibirica* и составляет 50,1 тыс. шт./га. Беляевым А.Б. (Беляев, 2001) выделены экологические факторы для оптимального роста *Pseudotsuga menziesii* на уровне I-Ia класса бонитета (запас от 125 до 1160 м³/га в насаждениях разного возраста) при ее интродукции на территории европейской части стран СНГ.

Большой вклад в решение проблем по интродукции хвойных древесных растений (*Pinus*, *Piceae*, *Juniperus*, *Larix*) и дальнейшему их выращиванию, введению в насаждения засушливого региона внесли учёные ФНЦ агроэкологии РАН (ранее ВНИАЛМИ): Балашов П.К., Альбенский А.В., Шутилов В.А.; Зеленьяк А.К., Иозус А.П. и др.

Интродукционные работы в Волгоградской области начаты в 1913 году с выделением дендрологической школы на Камышинском питомнике. Весной в 1931 г. был заложен дендрарий под руководством Суса Н.И., а позднее Никитиным П.Л. Посадочный материал был получен из других опытных учреждений СССР, Западной Европы, США, Колумбии, расположенных в разных растительных зонах.

На основе обобщения исторических аспектов формирования дендрокolleкций хвойных таксонов и вклада ученых ФНЦ агроэкологии РАН в решение вопросов подбора ассортимента древесных растений для целей защитного лесоразведения и озеленения выявлена динамика интродукционных работ (Таблица 2, Рисунки 5, 6).

Таблица 2. Представленность интродуцированных голосеменных деревьев и кустарников в коллекциях ФНЦ агроэкологии РАН

| Географические пункты интродукции | Кадастровые номера дендрологических участков ФНЦ агроэкологии РАН | | | |
|-----------------------------------|---|---|--|---|
| | 34:34:000000:122, 34:34:060061:10 Волгоградская обл., г. Волгоград | 34:36:000014:178 Волгоградская обл., г. Камышин | 22:23:010003: 0014 Алтайский край, Кулундинский р-н, п Октябрьский | 63:23:0908001: 0002 Самарская обл., Кинель- Черкасский р-н |
| Семейство | Род (количество таксонов) | | | |
| <i>Cupressaceae</i> | <i>Juniperus</i> (3), <i>Thuja</i> (5), <i>Biota</i> (1), <i>Platycladus</i> (1) | <i>Juniperus</i> (4), <i>Platycladus</i> (1), <i>Thuja</i> (2) | <i>Juniperus</i> (1) | <i>Juniperus</i> (2) |
| <i>Pinaceae</i> | <i>Picea</i> (4), <i>Larix</i> (2), <i>Pinus</i> (11), <i>Abies</i> (1), <i>Pseudotsuga</i> (3) | <i>Picea</i> (8), <i>Pseudotsuga</i> (2), <i>Larix</i> (3), <i>Pinus</i> (10), <i>Abies</i> (2) | <i>Picea</i> (3), <i>Larix</i> (1), <i>Pinus</i> (2) | <i>Picea</i> (2), <i>Larix</i> (3), <i>Pinus</i> (5) |



A



Б

Рисунок 5. *Larix sibirica* в коллекциях Нижневолжской станции по селекции древесных пород (А)
и Поволжской АГЛОС

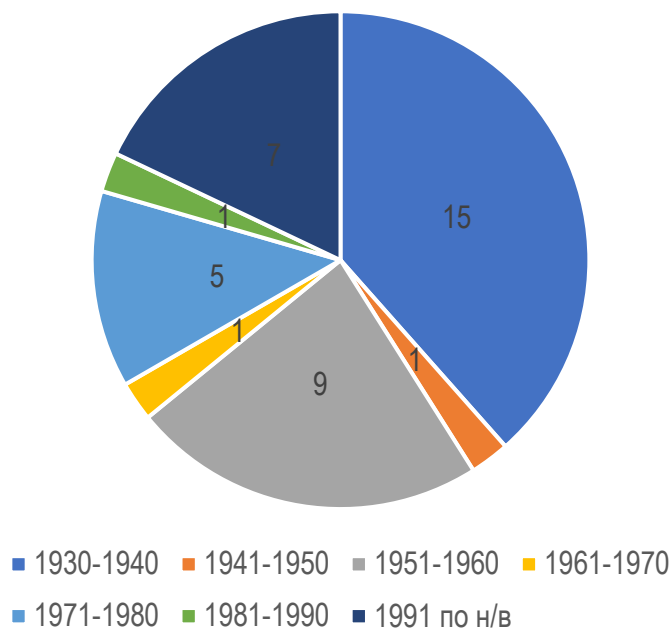


Рисунок 6. Динамика привлечения хвойных таксонов (шт.) в коллекции для интродукционного испытания

Хвойные таксоны нашли применение при лесомелиоративных работах по укреплению и облесению песков и размывов.

В 1903 году были созданы опытные культуры на прилегающей территории к питомнику. За период с 1903 по 1916 гг. создано 75 га сосновых культур. Участок подвержен сильной эрозии и дефляции.

Сосновый массив, созданный на погребенных песком каштановых почвах и на переветренных песках, при большой глубине залегания грунтовых вод находится в хорошем и удовлетворительном состоянии, пережив ряд засушливых лет (Рисунок 7). Имеется естественное возобновление.

Виды *Pinus (pallasiana, nigra, ponderosa, murrayana)*, *Larix sibirica*, *Pseudotsuga menziesii*, *Picea pungens*, *Juniperus virginiana* и *Thuja occidentalis* проявили как перспективные деревья и кустарники для защитного лесоразведения, озеленения (Рисунок 8).



Рисунок 7. Лесной массив *Pinus* с естественным возобновлением на песках (возраст 115 лет)



А



Б



В



Г



Д



Е



Ж



З

а – ель сибирская, б – ель сербская, в – сосна обыкновенная, г – сосна горная, д – кедр сибирский, е – лжетсуга Мензиса, ж – можжевельник казацкий, з – туя западная
Рисунок 8. Хвойные растения в коллекции Кулундинского дендрария

Первые опытные участки с растениями *P. menziesii* было созданы в 1935 году (Камышинский опорный пункт). Анализ годовичных приростов позволил установить, что в условиях каштановых почв кульминация роста была в 7 лет, на погребенных каштановых – 9 лет. Средний прирост больших колебаний не имел, что свидетельствует о засухоустойчивости вида.

Pseudotsuga menziesii, выращенная из семян лесостепной опытно-селекционной станции (Липецкая обл.) в возрасте 12 лет достигла высоты 2,5-4,0 м, при диаметре 2,5-4,5 см, годичный прирост в высоту 0,25-0,53 м; в 30-летнем возрасте – 7,0-8,5 м (при диаметре ствола 0,10-0,22 м, годичный прирост 0,18-0,45 м). В 70-летнем возрасте высота разновидностей варьировала от 12,8 (диаметр 0,23 м) до 16,1 м (0,29 м) и превосходила по этому показателю *Pinus sylvestris*, *Picea pungens* и *Larix sibirica*. Выявлено преимущество *P. menziesii* var. *viridis* по показателям роста и состоянию (таблица 3).

Таблица 3. Показатели роста и состояния хвойных таксонов

| Название | Возраст, лет | Среднее значение по | | Крона (проекция), м | Кол-во стволов, шт. | Категория состояния*, балл / выход электролитов |
|---|--------------|---------------------|--------------|---------------------|---------------------|---|
| | | высоте, м | диаметру, см | | | |
| Нижеволжская станция по селекции древесных пород (кад. №34:36:000014:178) | | | | | | |
| var. <i>viridis</i> | 76 | 15,3±0,10 | 44,0 | 8,4x7,5 | 1 | 3,2±0,15/ 1,15±0,01 |
| | 53 | 12,9±0,13 | 20,0 | 4,7x4,2 | 1 | 2,1±0,09/ 1,24±0,01 |
| var. <i>glauca</i> | 53 | 11,6±0,18 | 16,0 | 4,9x4,7 | 1 | 2,5±0,12/ 1,30±0,02 |
| var. <i>caesia</i> | 53 | 8,4±0,22 | 15,5 | 4,6x4,8 | 1 | 2,9±0,30/ 1,32±0,02 |
| ФНЦ агроэкологии РАН (кад. № 34:34:000000:122, 34:34:060061:10) | | | | | | |
| var. <i>viridis</i> | 49 | 13,5±0,24 | 38,0 | 5,1x5,4 | 1 | 2,0±0,10/ 1,20±0,01 |
| var. <i>glauca</i> | 49 | 12,8±0,30 | 37,0 | 5,9x5,4 | 1 | 2,4±0,24/ 1,35±0,01 |
| озеленительные насаждения (г. Камышин, ул. Ленина) | | | | | | |
| var. <i>viridis</i> | 49 | 13,2±0,23 | 24,0 | 4,0x4,2 | 1 | 3,5±0,40/ 1,30±0,02 |
| var. <i>glauca</i> | 49 | 11,8±0,15 | 22,0 | 4,5x4,5 | 1 | 3,8±0,31/ 1,33±0,01 |

*2 – ослабленное, снижение густоты кроны на 30%; 3 – сильно ослабленное, снижение густоты кроны на 60% за счет изреживания кроны, опадения хвои и др. причинам.

Исследования ростовых процессов показали длительность периода сезонного роста побегов (до 90 дней в возрасте 7-10 лет; 30-38 дней – в 30-50-летнем возрасте). Максимальные значения прироста зафиксированы в июне – июле, когда у большинства других видов рост уже закончен.

Сохранение габитуса *P. menziesii* (моноподиальный тип ветвления) свидетельствует о зимостойкости вида и об отсутствии повреждений побегов критическими зимними температурами (-37°C) в условиях каштановых почв. Методом электрометрии, по показателям относительного выхода электролитов, установлена засухоустойчивость изучаемых разновидностей, которая увеличивается с возрастом. Прогнозируемая долговечность в культурах региона – 70-90 лет.

Климатические условия региона оказывают влияние на рост и декоративность интродуцированных разновидностей. Установлены декоративные особенности *P. menziesii* и дана сравнительная оценка с лиственными деревьями. С учетом выбранных элементов декоративности и длительности их воздействия и сезонной изменчивости аспектов разработаны пейзажные группы с участием *Pseudotsuga menziesii* для создания или реконструкции зеленых насаждений (таблица 4).

Таблица 4. Пейзажные группы для создания зеленых насаждений

| Типы | Схемы (декоративность) |
|---------------------------------|---|
| Простой | ЗЛ, 5Л, 7Л, 9Л (212) |
| Усложненный 2-ярусный смешанный | ЗЛ-7Ск (295), ЗЛ-7Мж (308), ЗЛ-Ко (260) |
| Сложный 3-4 ярусный смешанный | ЗЛ5Кк7Мж (344), ЗЛ5Р7Сп (367), ЗЛ5Б7Сб (278) |

Л – лжетсуга Мензиса, Ск – скуппия кожжевенная, Ко – клен остролистный, Сп – спирея Вангутта, Мж – можжевельник обыкновенный, Р – рябина, Сб – снежнаягодник белый, Б – береза повислая, Кк – каштан конский

Для оценки санитарно-гигиенического эффекта применения вечнозеленого вида, установлена потенциальная пылезадерживающая способность хвои (0,18-0,23 г/м²). Из представленных разновидностей *P. menziesii* наиболее перспективной является var. *viridis*, перспективной – var. *glauca*, менее перспективной – var. *caesia*. Разновидность *P. menziesii* var. *viridis* рекомендуется для защитного лесоразведения и озеленения; var. *glauca*, *caesia* – для аллейных и групповых посадок в озеленении.

Заключение

На основе данных по биологическим и лесоводственным особенностям таксономического разнообразия дан прогноз о перспективности *Pseudotsuga menziesii* (Milb.) Franco, как быстрорастущего декоративного долговечного древесного растения в условиях учащения экстремальных явлений. Из-за своей потенциальной устойчивости к усиливающимся летним засухам была предложена в качестве устойчивой будущей породы деревьев для лесов Центральной Европы.

Приведено таксономическое разнообразие голосеменных деревьев и кустарников семейств *Cupressaceae* (4 рода), *Pinaceae* (5 родов) в коллекциях ФНЦ агроэкологии РАН. Идентифицировано три разновидности североамериканского вида *Pseudotsuga menziesii* (Milb.) Franco – var. *viridis*, *glauca*, *caesia*, которые проходят интродукционное испытание с 1935 г. в условиях каштановых почв.

Дана сравнительная оценка хвойных интродуцентов по показателям роста. Анализ годовых приростов в условиях каштановых почв указывает на кульминацию роста в 7 лет, на погребенных каштановых – 9 лет. В других возрастных группах отмечены незначительные колебания приростов, что свидетельствует о засухоустойчивости вида.

В 70-летнем возрасте высота разновидностей *P. menziesii* варьировала от 12,8 (диаметр 0,23 м) до 16,1 м (0,29 м) и превосходила по этому показателю *Pinus sylvestris*, *Picea pungens* и *Larix sibirica*. Выявлено преимущество *P. menziesii* var. *viridis* по показателям роста и состоянию (2,0-3,5 балла).

С учетом выбранных элементов декоративности и длительности их воздействия и сезонной изменчивости аспектов разработаны пейзажные группы (декоративность 260-367) с участием *Pseudotsuga menziesii* для создания или реконструкции зеленых насаждений. Из представленных разновидностей *Pseudotsuga menziesii* наиболее перспективной является var. *viridis*, перспективной – var. *glauca*, менее перспективной – var. *caesia*. Разновидность *P. menziesii* var. *viridis* рекомендуется для защитного лесоразведения (долговечность 70 лет) и озеленения; var. *glauca*, *caesia* – для аллейных (декоративность 212) и групповых посадок в озеленении (декоративная долговечность до 90 лет). Для повышения круглогодичного санитарно-гигиенического и декоративного эффекта зеленых насаждений рекомендуется введение хвойных древесных растений, имеющих пылезадерживающую способность хвои (0,18-0,23 г/м²).

Список литературы

1. Абрарова, А.Р. Вафин, Р.В., Путенихин В.П. Псевдотсуга мензиса в Башкирском Предуралье: биологические и лесоводственные особенности: монография. Уфа: Гилем, 2011. 188 с.
2. Беляев, А.Б. Экологические факторы оптимального роста лжетсуги Мензиса при ее интродукции в новые условия местообитания // Вестник Воронежского государственного университета. Серия: Химия. Биология. Фармация. 2001. №2. С. 101-105.

3. Букштынов, А.Д., Грошев, Б.И., Крылов Г.В. Леса (Природа мира). М.: Мысль, 1981. 316 с.
4. Гусева, Н.Ю. Интродукция лжетсуги Мензиса в северной подзоне смешанных лесов. Вестник Московского государственного университета леса // Лесной вестник. 2010. №3. С. 126-131.
5. Дебринюк, Ю.М. Перспективы использования *Pseudotsuga menziesii* Mirb. Franco в плантационных лесных насаждениях западного региона Украины. Лесное хозяйство: Материалы докладов 85-й научно-технической конференции. Минск: Белорусский государственный технологический университет, 2021. С. 165-168.
6. Каталог культивируемых древесных растений России / В.А. Аксенова [и др.]. Сочи-Петрозаводск, 1999. 174 с.
7. Крекова, Я.А., Залесов, С.В. Лжетсуга (*Pseudotsuga Carr.*) в коллекционных насаждениях северного Казахстана. Леса России и хозяйство в них. 2016. №3(58). С. 47-52.
8. Лобанов Н.В. Микотрофность древесных растений. М.: Лесная промышленность, 1971. 216 с.
9. Торчик, В.И., Холопук, Г.А. Интродукция псевдотсуги мензиса (*Pseudotsuga menziesii* (Mirb.) Franco) в условиях Беларуси. Минск: Республиканское унитарное предприятие "Издательский дом "Белорусская наука", 2013. 119 с.
10. Холявко, В.С. Лесные быстрорастущие экзоты. М.: Лесная промышленность, 1981. 224 с.
11. Шкутко, Н.В. Хвойные экзоты Белоруссии и их хозяйственное значение. Минск: Наука и техника, 1970. 272 с.
12. Alfredsson, H., Condrón L.M., Clarholm, M., Davis M.R. Changes in soil acidity and organic matter following the establishment of conifers on former grassland in New Zealand. *Forest Ecology and Management*. 1998. T. 112. №3. С. 245-252.
13. Bastien, J. C., Sanchez L., Michaud D. Douglas-Fir (*Pseudotsuga menziesii* (Mirb.) Franco). *Forest tree breeding in Europe*. Springer, Dordrecht, 2013. С. 325-369.
14. Boyle, J.R. et al. (ed.). *Planted forests: contributions to the quest for sustainable societies*. Springer Science & Business Media, 1999. T. 56.
15. Castaldi, C. Marchi, M., Corona, P., Vacchiano G. Douglas-fir climate sensitivity at two contrasting sites along the southern limit of the European planting range. *Journal of Forestry Research*. 2020. T. 31. №6. С. 2193-2204. DOI: 10.1007/s11676-019-01041-5.
16. Damszel, M., Szmidla, H., Sikora, K., Młodzinska, A., Pietka, S., Sierota Z. Mycobiota of fine roots of *Pseudotsuga menziesii* introduced to the native forest environment. *Forest*. 2021. Vol. 2(12). DOI 10.3390/f12121766.
17. Dučić, T. Uptake and translocation of manganese in seedling of two varieties of Douglas fir (*Pseudotsuga menziesii* var. *viridis* and *glauca*). *New Phytologist*. 2006. Vol. 170(1). Pp. 11-20. DOI 10.1111/j.1469-8137.2006.01666.x.
18. Eckhart, T., Potzelsberger, E., Koeck, R., Thom, D., Lair, G. J., Loo, M., Hasenauer, H. Forest stand productivity derived from site conditions: an assessment of old Douglas-fir stands (*Pseudotsuga menziesii* (Mirb.) Franco var. *menziesii*) in Central Europe. *Annals of Forest Science*. 2019. T. 76. P. 19. DOI 10.1007/s13595-019-0805-3.
19. Feliksik, E., Wilczynski S. Dendroclimatological regions of Douglas fir (*Pseudotsuga menziesii* Franco) in Western Poland. *European Journal of Forest Research*. 2004. T. 123. №1. С. 39-43. DOI: 10.1007/s10342-004-0017-7.
20. Frei, E.R., Moser, B., Wohlgemuth T. Competitive ability of natural Douglas fir regeneration in central European close-to-nature forests. *Forest Ecology and Management*. 2022. Vol. 503. DOI 10.1016/j.foreco.2021.119767.
21. Heilman, P. Effect of surface treatment and interplanting of shrub alder on growth of Douglas-fir on coal spoils. *Journal of Environmental Quality*. 1983. Vol. 12(1). Pp. 109-113.
22. Klimenko, O.E., Klimenko, N.I. Changes in the Properties of Crimean Haplic Chernozems under the Impact of Forest Plantations. *Eurasian Soil Science*. 2021. T.54. Vol. 5. Pp. 750-762 DOI 10.1134/S1064229321050124.

23. Niemczyk, M., Chmura, D.J., Socha, J., Wojda, T., Mroczek, P., Gil, W., Thomas B.R. How geographic and climatic factors affect the adaptation of Douglas-fir provenances to the temperate continental climate zone in Europe. *European Journal of Forest Research*. 2021. T. 140. Vol. 6. Pp. 1341-1361. DOI 10.1007/s10342-021-01398-5.
24. Perić, S. Growth of six coniferous species in different bioclimates in Croatia. *Ekologia Bratislava*. 2004. Vol. 23(1). Pp. 86-98.
25. Schmid, Pautasso, M. M., Holdenrieder, O. Ecological consequences of Douglas fir (*Pseudotsuga menziesii*) cultivation in Europe. *European Journal of Forest Research*. 2014. T. 133. №. 1. C. 13-29.
26. Vacek, Z., Cukor, J., Vacek, S., Linda, R., Prokúpková, A., Podrázský, V., Gallo, J., Vacek, O., Šimůnek, V., Drábek, O., Hájek, V., Spasić M. Production potential, biodiversity and soil properties of forest reclamations: Opportunities or risk of introduced coniferous tree species under climate change? *European Journal of Forest Research*. 2021. T. 140(5). PP. 1243-1266. DOI 10.1007/s10342-021-01392-x.
27. Vitali, V., Bauhus, J., Forrester D.I. Know your neighbours: drought response of norway spruce, silver fir and douglas fir in mixed forests depends on species identity and diversity of tree neighbourhoods. *Ecosystems*. 2018. T. 21. №6. C. 1215-1229. DOI: 10.1007/s10021-017-0214-0.
28. Wohlgemuth, T., Moser, B., Rigling, A., Gossner, M.M., Pötzelsberger E. About the invasiveness of douglas-fir and its impact on soil and biodiversity. *Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen*. 2021. T. 172. №2. C. 118-127. DOI: 10.3188/szf.2021.0118.
29. https://upload.wikimedia.org/Wikipedia/commons/8/85/Pseudotsuga_menziesii_levila.png.
Дата обращения 14.08.2021.

Retrospective analysis of the introduction of *Pseudotsuga menziesii* (Mirb.) Franco to predict the effectiveness of its use in the Lower Volga region


Alexandra V. Semenyutina

doctor of Agricultural Sciences, Professor, Chief Researcher, Head of the Laboratory of Bioecology of Woody Plants

Federal Research Center of Agroecology, Complex Melioration, and Forest Reclamations of the Russian Academy of Sciences

Volgograd, Russia

vnialmi@yandex.ru

 0000-0003-3250-6877


Daria V. Sapronova

postgraduate Student, Nizhnevolzhskaya Station for Tree Breeding

Federal Research Center of Agroecology, Complex Melioration, and Forest Reclamations of the Russian Academy of Sciences

Volgograd, Russia


pitomnik-vnialmi@mail.ru

 0000-0000-0000-0000

Received 09.02.2022

Accepted 11.03.2022

Published 15.06.2022

 10.25726/j4449-9021-1960-y

Abstract

On the basis of data on biological and silvicultural features of *Pseudotsuga menziesii* (Mirb.) Franco, a forecast is made of the prospects of taxonomic diversity as fast-growing ornamental long-lived woody plants. The taxonomic diversity of gymnosperms of the families Cupressaceae (4 genera) and Pinaceae (5 genera) in the collections of the Federal Scientific Center of Agroecology of the Russian Academy of Sciences is presented. Three varieties of the North American species of *Pseudotsuga menziesii* (Mirb.) Franco – var. *viridis*, *glauca*, *caesia*, which have been undergoing introduction tests since 1935 in chestnut soils. Purpose - to analyze the introduction tests of *Pseudotsuga menziesii* (Mirb.) Franco to predict the effectiveness of its use in the Lower Volga region. A comparative assessment of coniferous introducers in terms of growth rates is given. At the age of 70, the height of *P. menziesii* varieties varied from 12,8 (diameter 0,23 m) to 16,1 m (0,29 m) and surpassed *Pinus sylvestris*, *Picea pungens* and *Larix sibirica* in this indicator. An analysis of annual increments under conditions of chestnut soils indicates a culmination of growth at 7 years, on buried chestnut soils – 9 years. In other age groups, slight fluctuations in growth were noted, which indicates the drought resistance of the species. The advantage of *P. menziesii* var. *viridis* in terms of growth and condition (2,0-3,5 points). Taking into account the selected decorative elements and the duration of their impact and seasonal variability of aspects, landscape groups (decorativeness 260-367) with the participation of *Pseudotsuga menziesii* were developed to create or reconstruct green spaces.

Keywords

introduction, *Pseudotsuga menziesii* (Mirb.) Franco, varieties, soil and climatic conditions, clustering, dendro collections of the Federal Scientific Center of Agroecology RAS.

The research was carried out within the framework of the state assignment (state registration number 121041200195-4), financed by the Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation

References

1. Abrarova, A.R. Vafin, R.V., Putenihin V.P. Psevdotsuga menzisa v Bashkirskom Predural'e: biologicheskie i lesovodstvennyye osobennosti: monografija. Ufa: Gilem, 2011. 188 s.
2. Beljaev, A.B. Jekologicheskie faktory optimal'nogo rosta Lzhetsugi Menzisa pri ee introdukcii v novye uslovija mestoobitanija // Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo universiteta. Serija: Himija. Biologija. Farmacija. 2001. №2. S. 101-105.
3. Bukshytynov, A.D., Groshev, B.I., Krylov G.V. Lesa (Priroda mira). M.: Mysl', 1981. 316 s.
4. Guseva, N.Ju. Introdukcija Lzhetsugi Menzisa v severnoj podzone smeshannyh lesov. Vestnik Moskovskogo gosudarstvennogo universiteta lesa // Lesnoj vestnik. 2010. №3. S. 126-131.
5. Debrinjuk, Ju.M. Perspektivy ispol'zovanija Pseudotsuga menziesii Mirb. Franco v plantacionnyh lesnyh nasazhdenijah zapadnogo regiona Ukrainy. Lesnoe hozjajstvo: Materialy dokladov 85-j nauchno-tehnicheskoy konferencii. Minsk: Belorusskij gosudarstvennyj tehnologicheskij universitet, 2021. S. 165-168.
6. Katalog kul'tiviruemyh drevesnyh rastenij Rossii / V.A. Aksenova [i dr.]. Sochi-Petrozavodsk, 1999. 174 s.
7. Krekova, Ja.A., Zalesov, S.V. Lzhetsuga (*Pseudotsuga Carr.*) v kollekcionnyh nasazhdenijah severnogo Kazahstana. Lesa Rossii i hozjajstvo v nih. 2016. №3(58). S. 47-52.
8. Lobanov N.V. Mikotrofnost' drevesnyh rastenij. M.: Lesnaja promyshlennost', 1971. 216 s.
9. Torchik, V.I., Holopuk, G.A. Introdukcija psevdotsugi menzisa (*Pseudotsuga menziesii* (Mirb.) Franco) v uslovijah Belarusi. Minsk: Belorusskaja nauka, 2013. 119 s.
10. Holjavko, V.S. Lesnye bystrorastushhie jekzoty. M.: Lesnaja promyshlennost', 1981. 224 s.
11. Shkutko, N.V. Hvojnye jekzoty Belorussii i ih hozjajstvennoe znachenie. Minsk: Nauka i tehnika, 1970. 272 s.

12. Alfredsson, H., Condron L.M., Clarholm, M., Davis M.R. Changes in soil acidity and organic matter following the establishment of conifers on former grassland in New Zealand. *Forest Ecology and Management*. 1998. T. 112. №3. S. 245-252.
13. Bastien, J. C., Sanchez L., Michaud D. Douglas-Fir (*Pseudotsuga menziesii* (Mirb.) Franco). *Forest tree breeding in Europe*. Springer, Dordrecht, 2013. S. 325-369.
14. Boyle, J.R. et al. (ed.). *Planted forests: contributions to the quest for sustainable societies*. Springer Science & Business Media, 1999. T. 56.
15. Castaldi, C. Marchi, M., Corona, P., Vacchiano G. Douglas-fir climate sensitivity at two contrasting sites along the southern limit of the european planting range. *Journal of Forestry Research*. 2020. T. 31. №6. S. 2193-2204. DOI: 10.1007/s11676-019-01041-5.
16. Damszel, M., Szmidla, H., Sikora, K., Mlodzinska, A., Pietka, S., Sierota Z. Mycobiota of fine roots of *Pseudotsuga menziesii* introduced to the native forest environment. *Forest*. 2021. Vol. 2(12). DOI 10.3390/f12121766.
17. Dučić, T. Uptake and translocation of manganese in seedling of two varieties of Douglas fir (*Pseudotsuga menziesii* var. *viridis* and *glauca*). *New Phytologist*. 2006. Vol. 170(1). Pp. 11-20. DOI 10.1111/j.1469-8137.2006.01666.x.
18. Eckhart, T., Potzelsberger, E., Koeck, R., Thom, D., Lair, G. J., Loo, M., Hasenauer, H. Forest stand productivity derived from site conditions: an assessment of old Douglas-fir stands (*Pseudotsuga menziesii* (Mirb.) Franco var. *menziesii*) in Central Europe. *Annals of Forest Science*. 2019. T. 76. P. 19.
19. Feliksik, E., Wilczynski S. Dendroclimatological regions of douglas fir (*Pseudotsuga menziesii* Franco) in Western Poland. *European Journal of Forest Research*. 2004. T. 123.№1. S. 39-43. DOI: 10.1007/s10342-004-0017-7.
20. Frei, E.R., Moser, B., Wohlgemuth T. Competitive ability of natural Douglas fir regeneration in central European close-to-nature forests. *Forest Ecology and Management*. 2022. Vol. 503. DOI 10.1016/j.foreco.2021.119767.
21. Heilman, P. Effect of surface treatment and interplanting of shrub alder on growth of Douglas-vir on coal spoils. *Journal of Environmental Quality*. 1983. Vol. 12(1). Pp. 109-113.
22. Klimenko, O.E., Klimenko, N.I. Changes in the Properties of Crimean Haplic Chernozems under the Impact of Forest Plantations. *Eurasian Soil Science*. 2021. T.54. Vol. 5. Pp. 750-762 DOI 10.1134/S1064229321050124.
23. Niemczyk, M., Chmura, D.J., Socha, J., Wojda, T., Mroczek, P., Gil, W., Thomas B.R. How geographic and climatic factors affect the adaptation of Douglas-fir provenances to the temperate continental climate zone in Europe. *European Journal of Forest Research*. 2021. T. 140. Vol. 6. Pp. 1341-1361. DOI 10.1007/s10342-021-01398-5.
24. Perić, S. Growth of six coniferous species in different bioclimates in Croatia. *Ekologia Bratislava*. 2004. Vol. 23(1). Pp. 86-98.
25. Schmid, Pautasso, M. M., Holdenrieder, O. Ecological consequences of Douglas fir (*Pseudotsuga menziesii*) cultivation in Europe. *European Journal of Forest Research*. 2014. T. 133. №. 1. S. 13-29.
26. Vacek, Z., Cukor, J., Vacek, S., Linda, R., Prokúpková, A., Podrázský, V., Gallo, J., Vacek, O., Šimůnek, V., Drábek, O., Hájek, V., Spasić M. Production potential, biodiversity and soil properties of forest reclamations: Opportunities or risk of introduced coniferous tree species under climate change? *European Journal of Forest Research*. 2021. T. 140(5). Pp. 1243-1266. DOI 10.1007/s10342-021-01392-x.
27. Vitali, V., Bauhus, J., Forrester D.I. Know your neighbours: drought response of norway spruce, silver fir and douglas fir in mixed forests depends on species identity and diversity of tree neighbourhoods. *Ecosystems*. 2018. T. 21. №6. S. 1215-1229. DOI: 10.1007/s10021-017-0214-0.
28. Wohlgemuth, T., Moser, B., Rigling, A., Gossner, M.M., Pötzelsberger E. About the invasiveness of douglas-fir and its impact on soil and biodiversity. *Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen*. 2021. T. 172. №2. S. 118-127. DOI: 10.3188/szf.2021.0118.
29. https://upload.wikimedia.org/Wikipedia/commons/8/85/Pseudotsuga_menziesii_levila.png.