


Оригинальная статья


DOI: <https://doi.org/10.34220/issn.2222-7962/2023.1/5>


УДК 630*2



Таксационная структура насаждений сосны брутильской (*Pinus brutia* TEN.) в Сирии в зависимости от орографических условий

Наталья В. Беляева¹ ✉, galbel06@mail.ru  <https://orcid.org/0000-0001-8673-2824>

Артур И. Новиков³, arthur.novikov@vglta.vrn.ru  <https://orcid.org/0000-0003-1230-0433>

Дмитрий А. Данилов^{1,2}, stown200@mail.ru  <https://orcid.org/0000-0002-7504-5743>

Самер Алкинж^{1,4}, sameralkinj@gmail.com  <https://orcid.org/0009-0007-8672-7719>

¹ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет имени С.М. Кирова», Институтский пер., 5, г. Санкт-Петербург, 194021, Российская Федерация

²Ленинградский НИИСХ «Белогорка» – филиал ФГБНУ «ФИЦ картофеля имени А.Г. Лорха», ул. Институтская, 1, д. Белогорка, Гатчинский район, Ленинградская область, 188338, Российская Федерация

³ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова», ул. Тимирязева, 8., г. Воронеж, 394087, Российская Федерация

⁴Тишринский университет, г. Латакия, Сирия

Искусственные насаждения сосны брутильской (*Pinus brutia* TEN.) в условиях двух регионов Сирии – провинций Латакии и Тартуса – произрастают на разной высоте над уровнем моря. На объектах исследования закладывали учетные площадки постоянного радиуса размером 400 кв. м, расположенные по площади таким образом, чтобы охватить статистическую изменчивость изучаемых таксационных показателей. Ряды распределения стволов деревьев на высоте 1,3 м ранжировались через 5 см с анализом показателей асимметрии и эксцесса ранговых рядов. Таксационные показатели высот и диаметров стволов деревьев сосны брутильской (*P. brutia* TEN.) в ее плантациях имеют различную по силе прямую корреляцию как с высотой участка над уровнем моря, так и с количеством осадков. Показатель запаса насаждения имеет наибольшую прямую корреляцию с высотой участка над уровнем моря и количеством осадков, в сравнении с показателем среднего диаметра насаждений сосны брутильской (*P. brutia* TEN.). Ранговая структура диаметров стволов сосны брутильской (*P. brutia* TEN.) имеет свои коренные отличия, связанные с размещением участков произрастания над уровнем моря. С увеличением высоты над уровнем моря участка плантаций в насаждении увеличивается количество деревьев с более крупными стволами. Анализ асимметрии и эксцессов рядов распределения диаметров стволов сосны брутильской (*P. brutia* TEN.) выявил, что снижение конкурентной нагрузки в плантациях этого вида связано с увеличением высоты над уровнем моря. Наиболее оптимальные условия произрастания сосны брутильской (*P. brutia* TEN.) – на самом высокорасположенном участке относительно уровня моря. Лимитирующим фактором в данных условиях произрастания на малопродуктивных почвах будет являться влагообеспеченность участка.

Ключевые слова: сосна брутильская, *Pinus brutia* TEN., древостой, асимметрия, эксцесс, ряды распределения, средний диаметр, средняя высота, запас насаждения

Финансирование: данное исследование не получало внешнего финансирования.

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


Конфликт интересов: авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Для цитирования: Таксационная структура насаждений сосны брутйской (*Pinus brutia* TEN.) в Сирии в зависимости от орографических условий / Н. В. Беляева, А. И. Новиков, Д. А. Данилов, Самер Алкинж // Лесотехнический журнал. – 2023. – Т. 13. – № 1 (49). – С. 67–84. – Библиогр.: с. 80–83 (31 назв.). – DOI: <https://doi.org/10.34220/issn.2222-7962/2023.1/5>.

Поступила 10.02.2023. *Пересмотрена* 31.03.2023. *Принята* 19.04.2023. *Опубликована онлайн* 15.05.2023.

Article

Taxation structure of Brutia pine (*Pinus brutia* TEN.) in Syria depending on orographic conditions

Nataliia V. Beliaeva¹ ✉, galbel06@mail.ru  <https://orcid.org/0000-0001-8673-2824>

Arthur I. Novikov³ arthur.novikov@vglta.vrn.ru  <https://orcid.org/0000-0003-1230-0433>

Dmitry A. Danilov^{1,2}, stown200@mail.ru  <https://orcid.org/0000-0002-7504-5743>

Samer Alkinj^{1,4}, sameralkinj@gmail.com  <https://orcid.org/0009-0007-8672-7719>

¹Saint-Petersburg State Forest Technical University named after S.M. Kirov, Institutskiy per., 5, Saint-Petersburg, 194021, Russia

²Leningrad Research Agriculture Institute Branch of Russian Potato Research Centre, Institutskaya St., 1, Gatchinsky District, Leningrad Oblast, 188338, Russia

³Forestry Engineering Department, Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov, 8, Timiryazeva, 394087, Voronezh, Russia

⁴Tishreen University, Latakia, Syria

Abstract

Artificial plantations of Brutia pine (*Pinus brutia* TEN.) in the conditions of two regions of Syria – the provinces of Latakia and Tartus – grow at different heights above sea level. At the research objects, accounting sites of a constant radius of 400 square meter were laid, arranged over an area in such a way as to cover the statistical variability of the studied taxation indicators. The distribution rows of tree trunks at a height of 1.3 m were ranked after 5 cm with the analysis of the indicators of symmetry and kurtosis of rank rows. The taxation indicators of the heights and diameters of the trunks of the trees of the Brutia pine (*P. brutia* TEN.) in its plantations have a direct correlation of varying strength with both the height of the site above sea level and the amount of precipitation. The indicator of the planting stock has the greatest direct correlation from the height of the plot above sea level and the amount of precipitation, in comparison with the indicator of the average diameter of the stands of the Brutia pine (*P. brutia* TEN.). The rank structure of the diameters of the trunks of the Brutia pine (*P. brutia* TEN.) has its own fundamental differences associated with the placement of growing areas above sea level. With an increase in the height above sea level of the plantation area, the number of trees with larger trunks in the plantation increases. An analysis of the asymmetry and excesses of the distribution series of diameters of trunks of the Brutia pine (*P. brutia* TEN.) revealed that a decrease in the competitive load in plantations of this species is associated with an increase in altitude above sea level. The most optimal conditions for the growth of the Brutia pine (*P. brutia* TEN.) are on the highest site relative to sea level. The limiting factor in these conditions of growth on infertile soils will be the moisture availability of the site.

Keywords: *Brutia pine, Pinus brutia* TEN., forest stand, asymmetry, kurtosis, distribution series, average tree diameter, average tree height, growth stock

Funding: this research received no external funding.

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

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

For citation: Beliaeva N.V., Novikov A.I., Danilov D.A., Samer Alkinj (2023). Taxation structure of Brutia pine (*Pinus brutia* TEN.) in Syria depending on orographic conditions. *Lesotekhnicheskii zhurnal* [Forestry Engineering journal], Vol. 13, No. 1 (49), pp. 67-84 (in Russian). DOI: <https://doi.org/10.34220/issn.2222-7962/2023.1/4>.

Received 10.02.2023. **Revised** 31.03.2023. **Accepted** 19.04.2023. **Published online** 15.05.2023.

Введение

Насаждения сосны брутильской (*Pinus brutia* TEN.) считаются одной из важнейших лесных систем в восточном Средиземноморье в целом и в Сирии в частности, поскольку данная порода он является важным источником древесины, используемой во многих традиционных и современных отраслях промышленности [1-3].

Насаждения сосны брутильской (*P. brutia* Ten.) также противостоят экстремальным условиям окружающей среды региона, что стимулировало их использование в целях профилактического облесения, защиты почвы от эрозии [5-7, 32]. В дополнении к экологической составляющей эти насаждения имеют и экономическую основу, так как формируют большое количество древесины, которое может удовлетворить потребности современной промышленности целлюлозы в Средиземноморском регионе [9, 10].

В Сирии, до 2015 года площадь естественных лесов достигала 232 840 га, а искусственных – 235 679 га, что в сумме составляло не более 2,7 % площади страны. Искусственные лесонасаждения достигли около 50 000 га, большая часть которых сосредоточена в Латакии¹⁶.

В Сирии в лесах насчитывается до 60 древесных пород, и из хвойных видов основными лесобразующими породами являются сосна алеппская (*Pinus halepensis* Mill.) и сосна брутильская (*P. brutia* Ten.). Сосновые леса *Pinus brutia* считаются одной из основных лесных природных систем в Сирии, поскольку они способствуют сохранению экологического баланса, сохранению и поддержа-

нию водных ресурсов, и являются естественным объектом, который очищает атмосферу от загрязнителей [4-6].

Насаждения сосны брутильской (*P. brutia* Ten.) занимают около 145 000 га и сосредоточены в прибрежном регионе страны¹. Они встречаются во влажных, субгумидных и полузасушливых биоклиматических зонах [5]. Леса довольно разнообразны по возрасту, структуре и условиям произрастания. Исследованиям структуры насаждений сосны брутильской (*P. brutia* Ten.) и ее произрастанию за последнее время посвящён ряд работ [11-19]. Данные насаждения являются средообразующим экологическим каркасом в данном регионе [12]. Однако вопрос структуры искусственных насаждений сосны брутильской (*P. brutia* Ten.) в настоящее время не исследовался в полной мере. Поэтому исследование роста и продуктивности насаждений данного вида особенно важно в настоящий момент и в перспективе.

Цель исследования – изучение роста и продуктивности плантации сосны брутильской (*Pinus brutia* Ten.) в различных орографических условиях Сирийской Арабской Республики.

Для достижения цели необходимо выявить совместное влияние орографических (высота над уровнем моря) и климатических (осадки) факторов на рост (параметры диаметра и высоты дерева) и формирование таксационных характеристик (запаса насаждения) плантации сосны брутильской (*P. brutia* Ten.).

Материалы и методы

Предмет и объект исследований

Для Сирийской Арабской Республики сосна брутильская (*P. brutia* Ten.) является одним из основных лесобразователей. Растет на всех почвен-

¹⁶Forests of Syria. United Nation Development Programme (UNDP) / Report. INC-SY_V&A_Forest-Ar. GCEA. 41 p. Режим доступа: <https://rainforests.mongabay.com/deforestation/2000/Syria.htm> (дата обращения 10.12.2022)

Природопользование

ных субстратах и в большинстве биоклиматипов средиземноморского региона данной страны. Преобладающие материнские горные породы, подстилающие почвы в регионе исследования, являются либо известковыми породами, в том числе доломит, мел, мрамор, твердые или мягкие известняковые породы, или базальтовыми породами. Отсюда щелочной характер большей части сирийских почв.

Объектами исследования были участки искусственных насаждений сосны брутильской, рас-

положенных в регионах Латакии и Тартуса на разной высоте над уровнем моря. Четыре участка в Латакии и три участка в Тартусе, которые были распределены вдоль южной части сирийского побережья, на высоте от 25 метров до высоты 1075 метров над уровнем моря (табл. 1). Сирийские прибрежные горы характеризуются постепенным уклоном на запад к морю, тогда как с востока они характеризуются очень крутым уклоном.

Таблица 1

Характеристика объектов исследования насаждений сосны брутильской (*Pinus brutia* Ten.) на сирийском побережье Средиземного моря

Table 1

Characteristics of the study sites of the Brutia pine (*Pinus brutia* Ten.) plantations on the Syrian Mediterranean coast

№ п/п	Участок, регион, координаты Site-region, coordinates	Высота над уровнем моря, м Altitude above sea level, m	Биоклиматический регион Bioclimatic region	Годоздания Year of planting	Годовое количество осадков, мм Annual rainfall, mm	Почвы Soils
1.	Фдио-Латакия 35° 52' 32" E 36° 29' 33" N	30	влажное и жаркое средиземноморье	1960-1961	750	Почва бедная, песчаная, неглубокая, плохо развитая
2.	Кфардебиль 36° 04' 27" E 35° 22' 06" N	250	влажное и жаркое средиземноморье	1974-1975	800	Почва мелкая белая известковая типа рандсина, происходящая на мраморизированных известняках
3.	Эль Бодхи-Латакия 36° 03' 44" E 35° 23' 54" N	330	влажное и жаркое средиземноморье	1975	1063	Почва белая, известковая, неглубокая, бедная и мало развитая, зарождающаяся на мраморизированных известняках
4.	Матн-Латакия 36° 06' 45" E 35° 26' 40" N	655	влажное и умеренное средиземноморье	1977-1978	1227	Почвы красновато-коричневого цвета, мощностью 10-30 см, на известняковых скалах.
5.	Астамна – Латакия 36° 07' 48" E 35° 27' 05" N	800	влажное и холодное средиземноморье	1979	1290	Почвы красновато-коричневого цвета, мощностью 20-40 см, на известняковых скалах
6.	Амрит-Тартус 35° 54' 30" E 34° 50' 34" N	25	влажное и жаркое средиземноморье	1970	729	Почва желтовато-коричневая, глубиной около 1 метра, средней текстуры с небольшим количеством гравия

Природопользование

№ п/п	Участок, регион, координаты Site-region, coordinates	Высота над уровнем моря, м Altitude above sea level, m	Биоклиматический регион Bioclimatic region	Годосоздания Year of planting	Годовое количество осадков, мм Annual rainfall, mm	Почвы Soils
7.	Айн Аффан – Тартус 36° 11' 14" E 34° 49' 27" N	390	влажное и жаркое средиземноморье	1976-1977	1144	Почва коричневая с глубокой глинистой структурой, глубиной более 1 метра
8.	гора Матта – Тартус 36° 15' 07" E 34° 57' 27" N	1075	средиземноморье очень влажное и холодное	1978	1346	Почва темно-коричневая, с глинистым гранулометрическим составом, глубокая и средняя глубина 50-100 см, доля камней в ней может достигать 25%

Источник: Министерство сельского хозяйства Сирии, 2022 г. Главное управление метеорологии Сирии, 2022 г. <http://moaar.gov.sy>

Source: Syrian Ministry of Agriculture, 2022 Syrian General Directorate of Meteorology, 2022. <http://moaar.gov.sy>

Южная часть сирийского побережья – это прибрежные равнины. Прибрежные равнины присутствуют с уровня поверхности моря и достигают высоты от 200-300 метров, имеют низкий градиент рельефа – в среднем 7-8 градусов. Размер прибрежных равнин варьируется, так в регионе Латакии они имеют ширину до 8 км в северном направлении, а далее прибрежный район расширяется, достигая ширины 23 км к югу от региона Тартус.

Сбор данных

Для исследования использовались оборудование и приборы, применяемые в лесоводственно-таксационных исследованиях: мерные вилки для измерения всех диаметров деревьев на опытных участках и цветные маркеры для отметки измеренных деревьев [20].

Измерение диаметров деревьев на высоте 1,3 м проводилось мерной таксационной вилкой фирмы Haglof с точностью до 0,01 см. Высотомер Нага использовался для измерения с точностью до 0,01 м высоты деревьев, представляющих ряды распределения по диаметрам.

На объектах исследования (см. табл. 1) заложено 32 учетных площадки постоянного радиуса 11,3 м площадью 400 м², с общим количеством деревьев 6567 штук, расположенные по площади та-

ким образом, чтобы охватить статистическую изменчивость изучаемых таксационных показателей, существующую в данных сообществах переменных по густоте деревьев, экспозиции, уклону и по разности плодородия участка [23-25]. Это связано с различием участков между собой по степени уклону от 5 до 40 % и неравномерностью размещения групп деревьев по склоновым формам рельефа на учетных площадках.

Таким образом, количество выборки от 4 до 9 связано с величиной статистической изменчивости диаметра и высот в пределах одного и того же участка. Чем больше статистическая изменчивость, тем большее количество круговых площадок постоянного радиуса закладывали на исследуемых участках, и наоборот.

Оценка запаса древесины на уровне одного дерева рассчитывали по уравнению

$$v_1 = h * g * f \quad (1)$$

где: v_1 – запас древесины на уровне одного дерева; h – высота, рассчитанная на уровне модельных деревьев, м; g – площадь поперечного сечения одного дерева м²; f – параметр формы ствола дерева, задаваемый следующим соотношением:

$$f = 0.42 + 0.12 * \exp(-0.39 * (dbh - 10)) * 0.1 \quad (2)$$

где dbh – диаметр, см на высоте 1,3 м.

Оценка запаса древесины, м³ на уровне выборки:

$$v_o = \sum_{i=1}^n (v_1 + v_2 + \dots + v_n) \quad (3)$$

Определение среднего запаса, м³ древесины на уровне выборки:

$$v_x = \frac{v_{o1} + v_{o2} + \dots + v_{on}}{n} \quad (4)$$

Нахождение запасов древесины на гектар, м³:

$$V = \frac{v_x * 10000}{s} \quad (5)$$

Анализ данных

Статистическую обработку полученных качественных порядковых и количественных данных проводили в программных пакетах Statistica StatSoft, версия 11, Microsoft Excel, версия 2010 года. Для выявления зависимостей таксационных показателей плантаций сосны брутиейской от высо-

ты над уровнем моря и количества осадков применяли корреляционный анализ данных, основанный на расчете коэффициента Пирсона вследствие нормального распределения параметров диаметра на высоте 1,3 м и высоты дерева. [24-26].

Результаты и обсуждение

После измерения диаметров и высот всех деревьев в количестве 6567 штук на опытных участках были получены средние значения диаметра и высот, чтобы выявить различия между этими участками в отношении успешности роста насаждений. Можно отметить наличие четких различий между средними диаметрами лесных участков в изучаемых насаждениях. Самый высокий средний диаметр составил 37,14 см на участке лесонасаждения сосны брутиейской (*P. brutia* Ten.) на горе Матта, а самый низкий средний диаметр составил 21,74 см – на участке Фидео (рис. 1).

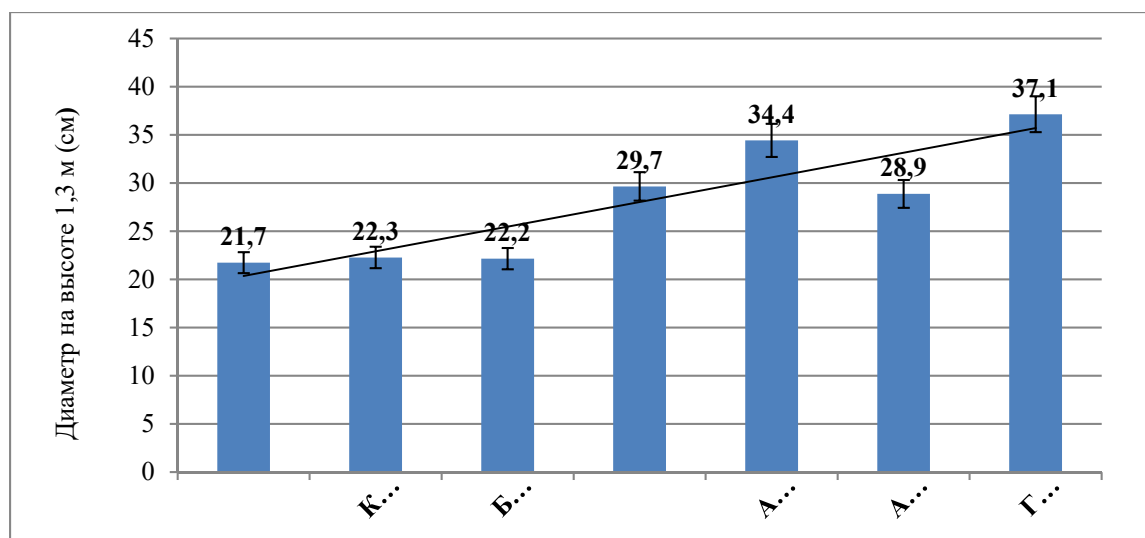


Рисунок 1. Средний диаметр (см) на высоте 1,3 м деревьев сосны брутиейской (*P. brutia* Ten.) на участках исследования

Figure 1. Average tree diameters (cm) in *Brutia* pine (*P. brutia* Ten.) stands at the study sites

Источник: собственная разработка авторов

Source: author's composition

Так же, как и для показателей средних диаметров, отмечается наличие четких различий параметров высоты деревьев между обследованными участками. Наибольшая средняя высота деревьев на

участке гора Матта составила 13,97 м. В то время, как самая низкая средняя высота деревьев на участке Фидео составила 11,71 м (рис. 2).

Корреляционный анализ по критерию Пирсона выявил сильную положительную связь показателей средних высот и диаметров с местом расположения участка над уровнем моря. Для средних диаметров насаждений коэффициент корреляции Пирсона составил $R_p = 0,88$, а для средних высот $R_p = 0,90$.

Искусственные насаждения сосны брутйской (*P. brutia* Ten.) по показателю запаса на гектар имеют также явное различие в зависимости от расположения участка над уровнем моря. Обнаружена сильная положительная связь запаса насаждения с высотой участка над уровнем моря $R_p = 0,73$ и с количеством осадков за год $R_p = 0,62$ (рис. 3).

Для исследования ранговой структуры по диаметру ствола на высоте 1,3 м ряды распределения деревьев были организованы в девять рангов с шагом 5 см [27]. Первый ранг составляют деревья

диаметром до 10 см, а девятый последний ранг деревьев диаметром до 50 см.

Анализ данных сплошных перечетов на заложенных опытных объектах в насаждениях сосны брутйской (*P. brutia* Ten.) показал, что участки четко различались ($p < 0,05$) по распределению между ними рангов деревьев, несмотря на близкий возраст по году создания насаждений.

Процент деревьев ниже диаметра 4 ранга (25 см) увеличивался на участках, расположенных на высоте 729-800 м над уровнем моря, по сравнению с более высоко расположенными участками.

Это свидетельствует о явных различиях в эволюции ранговой структуры групп деревьев в исследуемых насаждениях. Ранговое распределение по классам диаметров деревьев сосны брутйской (*P. brutia* Ten.) в насаждениях, расположенных на разной высоте над уровнем моря, представлено на рис. 4-10.

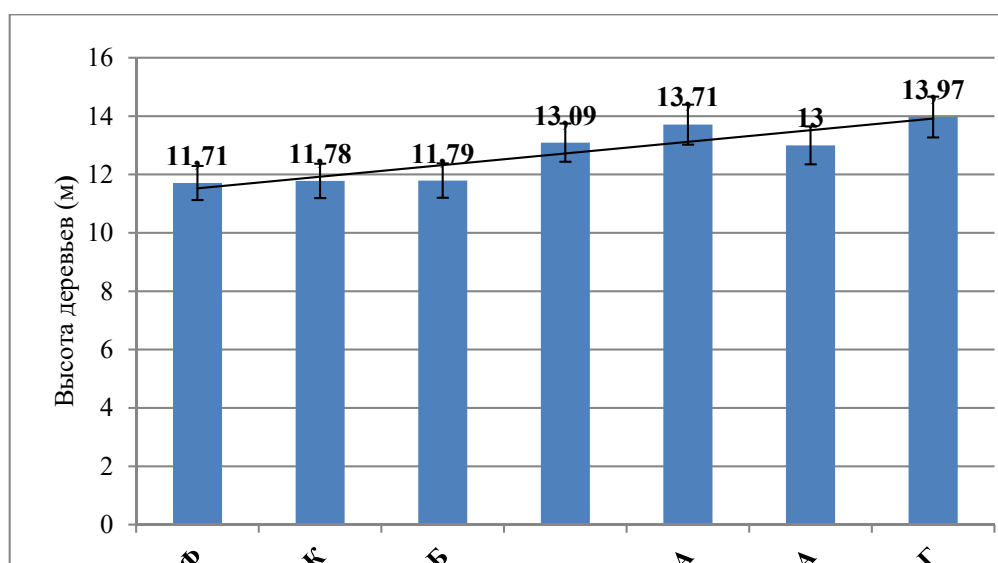


Рисунок 2. Средняя высота (м) деревьев сосны брутйской (*P. brutia* Ten.) на участках исследования

Figure 2. Average tree heights (m) in Brutia pine stands at the study sites

Источник: собственная композиция авторов

Source: author's composition

Природопользование

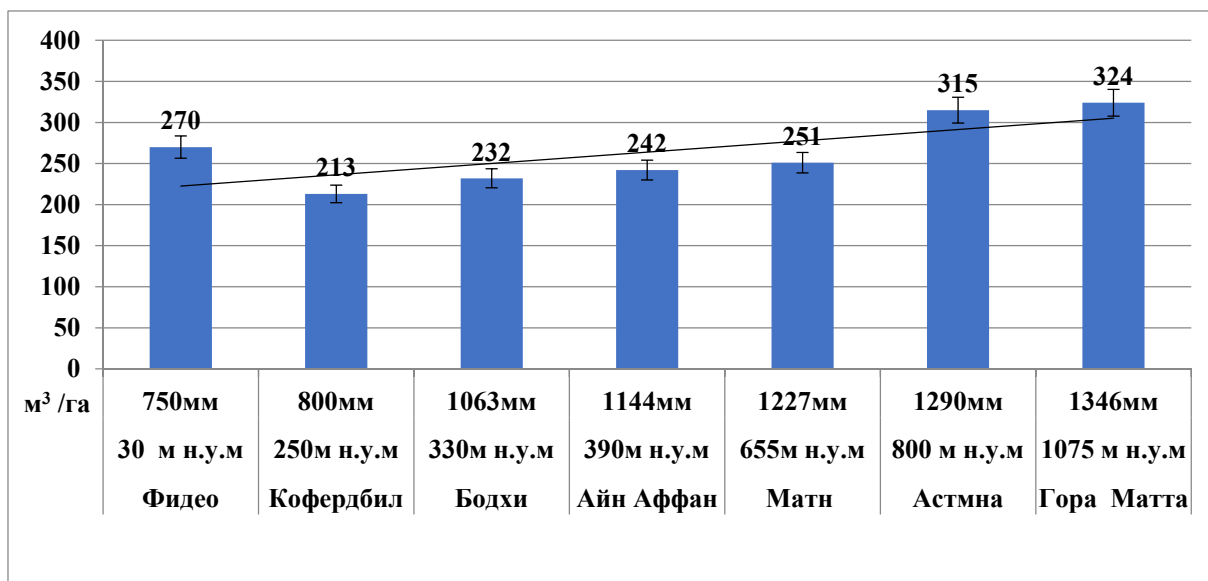


Рисунок 3. Запас древесины в насаждениях сосны брутийской (*P. brutia* Ten.) на участках исследования в зависимости от расположения над уровнем моря и среднегодового количества осадков
 Figure 3. Wood stocks in Brutia pine plantations at the study sites depending on location above sea level and average rainfall

Источник: собственная композиция авторов
 Source: author's composition

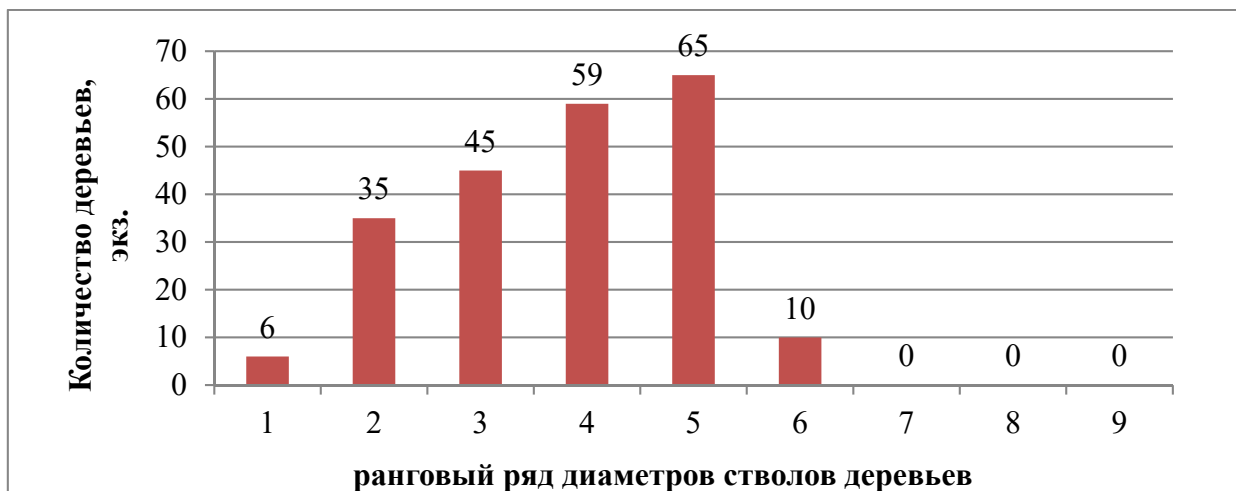


Рисунок 4. Распределение рангов деревьев сосны брутийской (*P. brutia* Ten.) по классам диаметра стволов на уровне 1,3 м в насаждении на участке Фидео
 Figure 4. Distribution of stem diameter ranks of Brutia pine (*P. brutia* Ten.) in the Fideo locality

Источник: собственная композиция авторов
 Source: author's composition

Природопользование

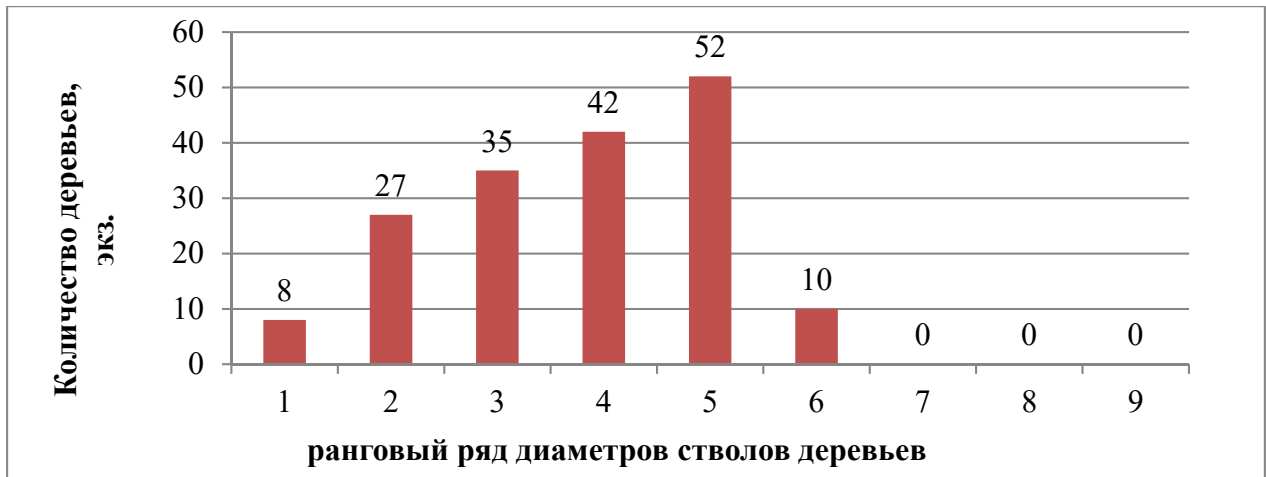


Рисунок 5. Распределение рангов деревьев сосны брутийской (*P. brutia* Ten.) по классам диаметра ствола на уровне 1,3 м в насаждении на участке Кфардебиль

Figure 5. Distribution of stem diameter ranks of Brutia pine (*P. brutia* Ten.) in the Kfardebil locality

Источник: собственная разработка авторов

Source: author's composition



Рисунок 6. Распределение рангов деревьев сосны брутийской (*P. brutia* Ten.) по классам диаметра ствола на уровне 1,3 м в насаждении на участке Хоран Аль-Буди

Figure 6. Distribution of stem diameter ranks of Brutia pine (*P. brutia* Ten.) in the Horan Al Boudi locality

Источник: собственная разработка авторов

Source: author's composition

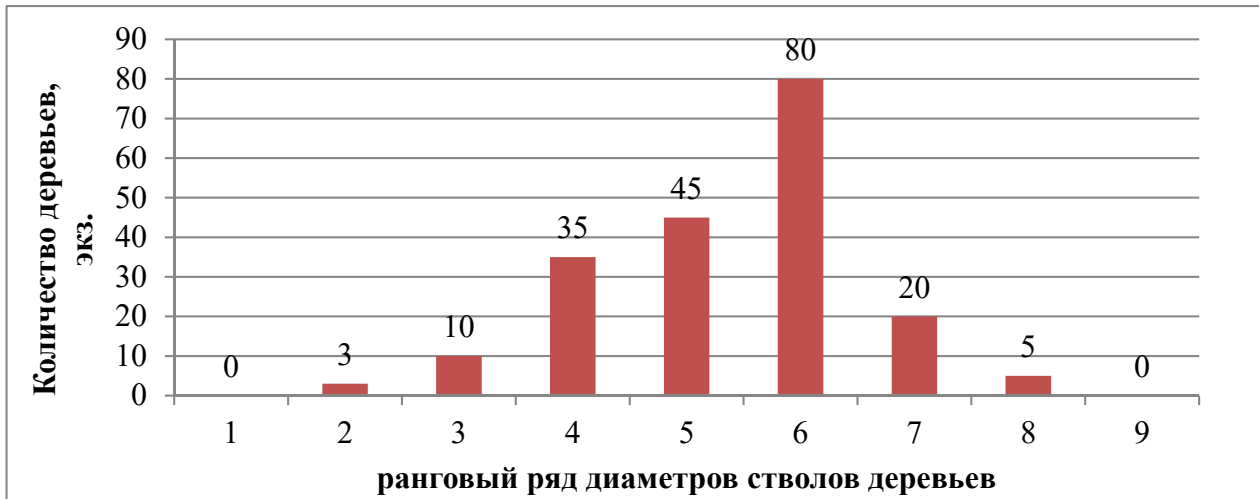


Рисунок 7. Распределение рангов деревьев сосны брутиевой (*P. brutia* Ten.) по классам диаметра ствола на уровне 1,3 м в насаждении на участке Метну

Figure 7. Distribution of stem diameter ranks of Brutia pine (*P. brutia* Ten.) in the Metnu locality

Источник: собственная разработка авторов

Source: author's composition

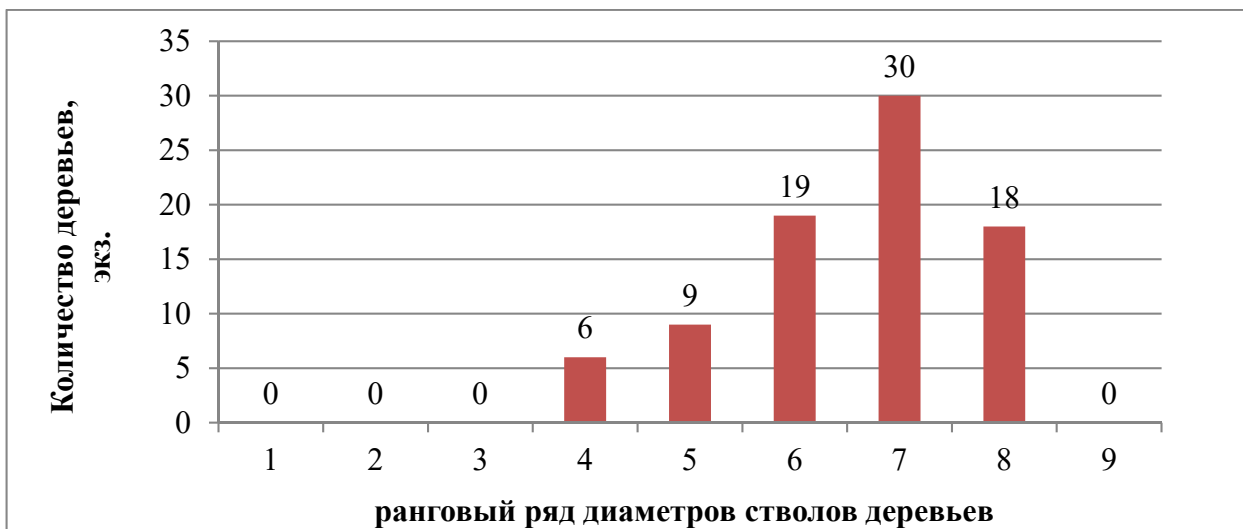


Рисунок 8. Распределение рангов деревьев сосны брутиевой (*P. brutia* Ten.) по классам диаметра ствола на уровне 1,3 м в насаждении на участке Астамне

Figure 8. Distribution of stem diameter ranks of Brutia pine (*P. brutia* Ten.) in the Astamne locality

Источник: собственная разработка авторов

Source: author's composition

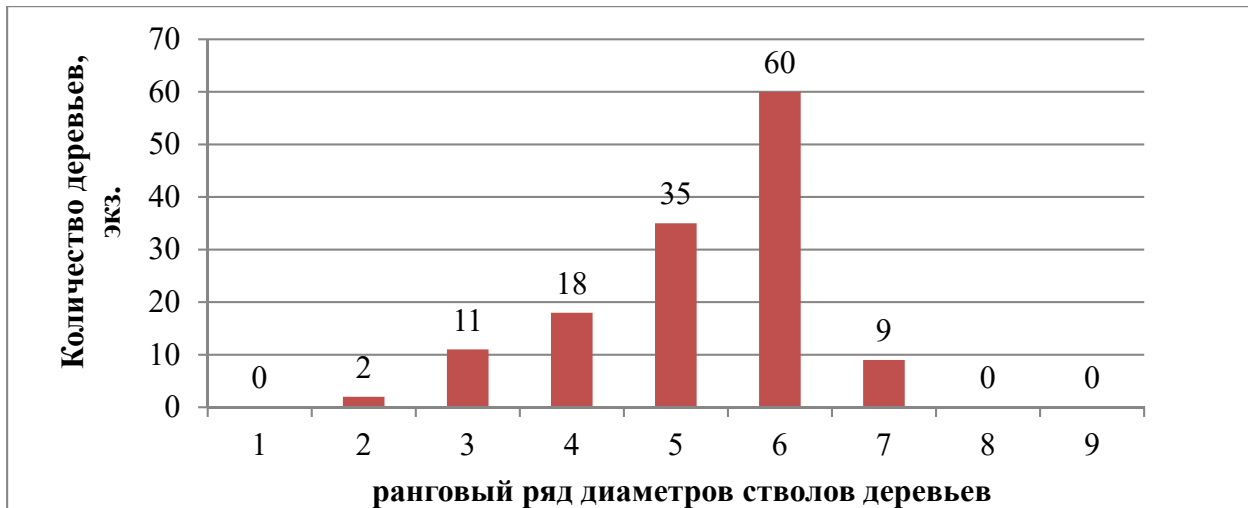


Рисунок 9. Распределение рангов деревьев сосны брутийской (*P. brutia* Ten.) по классам диаметра ствола на уровне 1,3 м в насаждении на участке Айн-Аффане

Figure 9. Distribution of stem diameter ranks of Brutia pine (*P. brutia* Ten.) in the Ain Affane locality

Источник: собственная разработка авторов

Source: author's composition

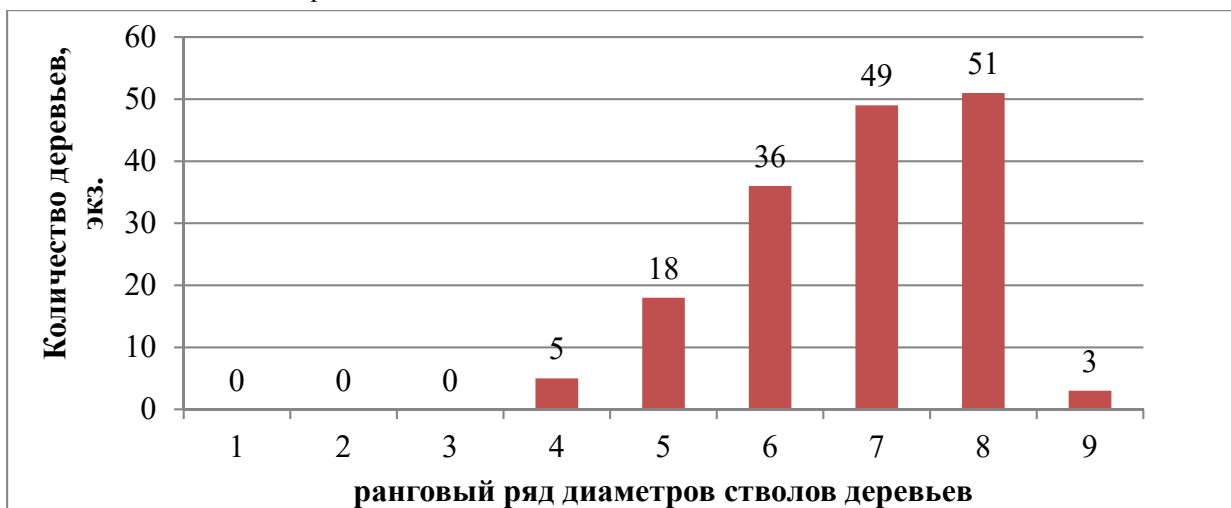


Рисунок 10. Распределение рангов деревьев сосны брутийской (*P. brutia* Ten.) по классам диаметра ствола на уровне 1,3 м в насаждении на участке Матта

Figure 10. Distribution of stem diameter ranks of Brutia pine (*P. brutia* Ten.) in the Matta locality

Источник: собственная разработка авторов

Source: author's composition

Соотношение ранговых рядов деревьев сосны брутийской (*P. brutia* Ten.) по классам диаметра ствола на уровне 1,3 м различно среди исследованных искусственных насаждений. Так, 66 % деревьев относятся к рангам ниже ряда диаметром 25 см в насаждениях сосны брутийской на участке Фидео. В то же время, для насаждений в Кфардабиль этот показатель будет составлять уже 64%, а для древостоев в Эль Бодхи – 65%.

С увеличением высоты участков над уровнем моря процентное соотношение деревьев, относящихся к более низким рангам по диаметру ствола на уровне 1,3 м, уменьшается на остальных более высоких участках, достигает 24,24 % в Аль-Матне, 22,96 % – в Айн-Аффане, 12,20 % – Астамне и 3,09 % – в древостое на Горе Матта.

При исследовании этих соотношений можно видеть четкие различия в развитии насаждений

сосны брутильской (*P. brutia* Ten.), поэтому отмечается, что в древостоях, расположенных высоко над уровнем моря, значительное количество деревьев переходит в верхние ранги классов по диаметру (свыше 25 см).

Для определения конкурентных внутривидовых взаимоотношений между деревьями сосны брутильской (*P. brutia* Ten.) можно провести оценку по степени косости рядов распределения по диаметру ствола. По величине абсолютного значения коэффициента асимметрии можно констатировать, что, если он меньше 0,25, то косость незначительная, от 0,25 до 0,5 – умеренная, свыше 0,5 – сильная, и, следовательно, можно оценивать конкурентную нагрузку внутри насаждения [28-30].

Для оценки распределения эксцессивных признаков, т.е. накопления или снижения в ряду распределения значений диаметров стволов насаждения, определяется коэффициент эксцесса [31].

Для деревьев сосны брутильской (*P. brutia* Ten.) в насаждениях, расположенных на высоте 30-250 метров над уровнем моря, характерно левостороннее с отрицательной асимметрией распределение диаметров деревьев, произошедшее вследствие накопления отставших в росте деревьев мелких ступеней толщины по диаметру (табл. 2). В данных насаждениях, вероятно, ощутимо возрастает влияние фактора конкуренции за почвенную влагу, заставляющее растения тянуться в высоту за счет снижения прироста по диаметру. При этом распределение признака становится асимметричным, а показатель диаметра имеет положительную косость.

Показатель асимметрии указывает на незначительную и умеренную скошенность ряда распределения, и данный вид распределения является характерным для распределений диаметров деревьев в разновозрастных насаждениях. Для насаждений, расположенных выше над уровнем моря, в более благоприятных местоположениях произрастания, просматривается преимущественное появление и средних, и крайних ступеней стволов диаметра, образу-

ются положительные эксцессивные распределения, имеющие вид острой пирамиды с расширенным основанием. Вариационные кривые, характеризующие изменчивость распределения по рангам диаметра ствола сосны брутильской (*P. brutia* Ten.), асимметричны, что может означать изреживание стволов меньших или более крупных рангов. Это изменяет количество деревьев в насаждении путем преимущественной элиминации худших в данных условиях деревьев, то есть путем естественного отпада. Если же фиксируемое состояние насаждений на данном этапе их роста стабильно и поддерживается стабилизирующим отбором, то изменчивость рангов диаметров ствола должна подчиняться закону нормального распределения, т.е. отклонения от среднего диаметра насаждения в сторону плюс- и минус-вариант должны встречаться одинаково часто [29-31].

Данное положение подтверждает насаждение сосны брутильской (*P. brutia* Ten.) на участке Гора Матта с колоколообразным (нормальным) распределением диаметра деревьев и с преобладанием деревьев более крупных ступеней классов диаметров, чем в насаждениях, расположенных на более низких участках над уровнем моря, и асимметричности ряда распределения в этом случае не наблюдается. Ярко выраженный отрицательный эксцесс распределения классов диаметра деревьев сосны брутильской (*P. brutia* Ten.) в однородных по возрастному составу насаждениях свидетельствует о действии на древостой деструктивного отбора деревьев в крайних рангах классов диаметра. Это, по-видимому, связано с неоднородностью условий местопроизрастания насаждений сосны брутильской (*P. brutia* Ten.). Деревья различных ранговых классов диаметра приспосабливаются к разным экологическим условиям в зависимости от расположения насаждения над уровнем моря.

В распределении эксцессивных признаков наблюдается чрезмерное накопление, и кривая распределения рангов деревьев в данном насаждении становится более плоской, о чем свидетельствует отрицательный показатель эксцесса.

Показатели асимметрии и скоса рядов распределения по классам диаметров деревьев сосны брутийской (*P. brutia* Ten.) на объектах исследования

Indicators of asymmetry and bevel of the distribution series by diameter classes of the trees of the Brutia pine (*P. brutia* Ten.) on the objects of the study

Район исследования Study region	Латакия Latakia				Тартусса Tartus		
	Фидео Fideo	Кофердбил Coferdbil	Бодхи Bodkhi	Матн Matn	Астмна Astmna	Айн Аф-фан	Гора Матта
Асимметрия Asymmetry	-0,269	-0,086	0,449	1,191	0,497	1,263	0,000
Экссес Excess	-1,875	-1,568	-1,813	1,039	-0,326	1,015	-2,402

Источник: собственные вычисления авторов
Source: own calculations

Для других насаждений в распределении эксцессивных признаков ряда распределения по рангам диаметров стволов наблюдается снижение частот в центральных классах вариационного ряда с увеличением высоты насаждений над уровнем моря. Вследствие этого вершина кривой распределения рангов диаметра сильно поднимается и заостряется, показатель эксцесса принимает положительные значения. При сильном положительном эксцессе не исключено ужесточение стабилизирующего отбора, что происходит в насаждениях сосны брутийской (*P. brutia* Ten.) в Матн-Латакия и в Айн Аффан-Тартусса, произрастающих на высотах 390 м и 655 м над уровнем моря.

Заключение

Сравнительный анализ таксационных характеристик средних высот и диаметров в насаждениях сосны брутийской (*P. brutia* Ten.) показал явное изменение в сторону увеличения их показателей с расположением опытных объектов на более высоких участках над уровнем моря.

Стоит отметить, что более явно видно различие по увеличению среднего диаметра на уровне 1,3 м насаждений сосны брутийской (*P. brutia* Ten.) с их расположением над уровнем моря, чем параметра высоты дерева. Различие в значениях запаса

среди изучаемых лесов может быть обусловлено рядом факторов, важнейшим из которых является количество осадков, выпадаемых в течение вегетационного сезона на изучаемых участках, а также различие в свойствах почв мест произрастания насаждений.

С увеличением высоты над уровнем моря процентное соотношение деревьев, относящихся к более низким рангам по диаметру ствола на уровне 1,3 м, уменьшается на остальных, более высоких, участках. Можно видеть четкие различия в развитии насаждений сосны брутийской (*P. brutia* Ten.), так как в древостоях, расположенных на высоте 600-1000 м над уровнем моря, значительное количество деревьев переходит в верхние ранги классов диаметров (более 25 см).

В целом надо отметить, что с возрастанием высоты над уровнем моря на участках с насаждениями сосны брутийской (*P. brutia* Ten.) происходит увеличение конкурентных внутривидовых взаимодействий между деревьями, если судить по возрастанию коэффициентов асимметрии. Оптимумом произрастания для искусственных насаждений сосны брутийской (*P. brutia* Ten.), по-видимому, является участок на Горе Матта, где ряд значений диаметров на уровне 1,3 м распределён по нормальному закону.

Список литературы

1. Алкинж С., Данилов Д. А. Сосна брутийская (*Pinus brutia* Ten.) как важный компонент лесов стран Восточного Средиземноморья и Черноморского бассейна (обзор). Известия Санкт-Петербургской лесотехнической академии. 2022;240:130-148. DOI: <https://doi.org/10.21266/2079-4304.2022.240.130-148>.
2. Алкинж С., Данилов Д. А. Исследование эффективности некоторых моделей, используемых для оценки высоты сосен в Сирии. Актуальные проблемы лесного комплекса. 2021;60:74-78. Режим доступа: <https://elibrary.ru/item.asp?id=47200125>.
3. Али М. С., Лежнин С. А., Воробьев О. Н., Курбанов Э. А. Мониторинг растительного покрова мухафаза Латакия Сирийской Арабской Республики по снимкам Landsat. Вестник Поволжского государственного технологического университета. Серия: Лес. Экология. Природопользование. 2020; 3(47): 19–31. DOI: <https://doi.org/10.25686/2306-2827.2020.3.19>.
4. Воробьев О. Н., Али М. С. Классификация лесного покрова мухафаза Латакия Сирийской Арабской Республики по данным спутника Sentinel-2 // Лесные экосистемы в условиях изменения климата: биологическая продуктивность и дистанционный мониторинг: сборник научных статей. Йошкар-Ола: ПГТУ, 2018; 4: 110-122. Режим доступа: <https://elibrary.ru/item.asp?id=37423723>.
5. Olsson, S., Lorenzo, Z., Zabal-Aguirre, M. et al. Evolutionary history of the mediterranean *Pinus halepensis* –*brutia* species complex using gene-resequencing and transcriptomic approaches. *Plant Mol Biol* 106, 367–380 (2021). <https://doi.org/10.1007/s11103-021-01155-7>.
6. Ali Kavgaci, Urban Šilc, Saima BaŞaran, Aleksander MarinŠek, Mehmet Ali BaŞaran, Petra KoŠir, Neslihan Balpınar, Мьневер Арслан, Цзге Денли, and Andraž Čarni. 2017. Classification of plant communities along postfire succession in *Pinus brutia* (Turkish red pine) stands in Antalya (Turkey). *Turkish Journal of Botany* 41:299-307. Available <http://journals.tubitak.gov.tr/botany/issues/bot-17-41-3/bot-41-3-8-1609-34.pdf> (accessed 2022.03.12).
7. Houminer N, Riov J, Moshelion M, Osem Y, David-Schwartz R. Comparison of Morphological and Physiological Traits between *Pinus brutia*, *Pinus halepensis*, and Their Vigorous F1 Hybrids. *Forests*. 2022; 13(9):1477. <https://doi.org/10.3390/f13091477>.
8. Houminer, N.; Houminer, N., Doron-Faigenboim, A., Shklar, G. et al. Transcriptome-based single-nucleotide polymorphism markers between *Pinus brutia* and *Pinus halepensis* and the analysis of their hybrids. *Tree Genetics & Genomes* 17, 14 (2021). <https://doi.org/10.1007/s11295-021-01496-w>.
9. Keten İ., Gülsoy. SResearch on site index in the red pine (*Pinus brutia* Ten.) forests. *Bilge International Journal of Science and Technology Research*. 2020; 4, 2: 88-102. DOI: <https://doi.org/10.30516/bilgesci.740067>.
10. Catal Y., Carus S.A 2018 height-diameter model for Brutian pine (*Pinus brutia* Ten.) plantations in Southwestern Turkey. *Applied Ecology and Environmental Research*. 16 (2): 1445-1459. DOI: https://doi.org/10.15666/aecer/1602_14451459
11. Abdo HG, Almohamad H, Al Dughairi AA, Al-Mutiry M. GIS-based frequency ratio and analytic hierarchy process for forest fire susceptibility mapping in the Western region of Syria. *Sustainability*. 2022; 14(8):4668. <https://doi.org/10.3390/su14084668>.
12. Sakici, O.E., Kucuk, O. & Ashraf, M.I. Compatible above-ground biomass equations and carbon stock estimation for small diameter Turkish pine (*Pinus brutia* Ten.). *Environ Monit Assess* 190, 285 (2018). <https://doi.org/10.1007/s10661-018-6656-9>.
13. Ozbey Alper, Bilir Nebi. Block effect on genetic parameters in a 23-year-old progeny trial of *Pinus brutia*. *Forestry engineering journal*. 2022; 12 (2): 5-13. DOI: <https://doi.org/10.34220/issn.2222-7962/2022.2/1>.
14. Catal Y., Carus S., 2018. A height-diameter model for brutian pine (*Pinus brutia* Ten.) plantations in southwestern Turkey. *Applied Ecology and Environmental Research* 16(2): 1445–1459. https://doi.org/10.15666/aecer/1602_14451459.
15. Sakici, Oytun Emre et al. “Compatible above-ground biomass equations and carbon stock estimation for small diameter Turkish pine (*Pinus brutia* Ten.)” *Environmental Monitoring and Assessment* 190 (2018): 1-10. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10661-018-6656-9>.
16. Baysal, Ismail. “Vertical Crown Fuel Distributions in Natural Calabrian Pine (*Pinus brutia* Ten.) Stands.” *Croatian Journal of Forest Engineering* 42 (2021): 301-312. DOI: <https://doi.org/10.5552/CROJFE.2021.800>.

17. Yurtgan M, Baysal I, Küçük O (2022). Fuel characterization and crown fuel load prediction in non-treated Calabrian pine (*Pinus brutia* Ten.) plantation areas. *iForest* 15: 458-464. - DOI: <https://doi.org/10.3832/ifor4048-015>.
18. Bilgili E, Coskuner KA, Usta Y, Saglam B, Kucuk O, Berber T, Goltas M (2019). Diurnal surface fuel moisture prediction model for Calabrian pine stands in Turkey. *iForest* 12: 262-271. DOI: <https://doi.org/10.3832/ifor2870-012>.
19. Черных, Л. В. Аprobация методики лесоводственно-статистического обоснования способов и объёмов лесовосстановления на лесном участке / Л. В. Черных, Д. В. Черных, В. Л. Черных // Вестник Поволжского государственного технологического университета. Серия: Лес. Экология. Природопользование. – 2021. – № 1(49). – С. 64-81. – DOI: <https://doi.org/10.25686/2306-2827.2021.1.64>.
20. Alkinzh S., Danilov D. A. Assessment of the growing stock and annual increment of *Pinus brutia* Ten. stands in Kfardebel, Latakia, Syria // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2021; 876: 012004. DOI: <https://doi.org/10.1088/1755-1315/876/1/012004>.
21. Hung, Bui Manh. “Tree-Size Variable Frequency Distribution Modeling for Tropical Forests in Ba Be, Vietnam.” *Biology Bulletin* 49 (2022): S135 - S147. DOI: <https://doi.org/10.1134/S1062359022140072>.
22. Nautiyal R., Tiwari N., Chandra G., Kershaw J., Shaktan T. Alternate ranked set sampling for skewed and mound shaped symmetric distributions: accounting for forestry and environmental research. *Mathematical and Computational Forestry and Natural-Resource Sciences*. 2021; 13:14-26. DOI: <http://www.scopus.com/inward/record.url?eid=2-s2.0-85125084782&partnerID=MN8TOARS>
23. Chandra, Girish & Nautiyal, Raman & Chandra, Hukum & Roychoudhury, Nilanjan & Mohammad, Naseer. (2020). *Statistical Methods and Applications in Forestry and Environmental Sciences* Springer <https://doi.org/10.1007/978-981-15-1476-0>.
24. Menéndez-Miguélez, María et al. “Improving tree biomass models through crown ratio patterns and incomplete data sources. *European Journal of Forest Research*. 140 (2021): 675 - 689. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10342-021-01354-3>.
25. Leverett R.T., Ruskin D.N., Masino S.A. Direct Measurement of Trunk Volume in Forest Trees: Focus on White Pine and Comparison to a Statistical Method. *bioRxiv*. 2020.03.18.995985; DOI: <https://doi.org/10.1101/2020.03.18.995985>.
26. Hong, S., Lynn, H.S. Accuracy of random-forest-based imputation of missing data in the presence of non-normality, non-linearity, and interaction. *BMC Med Res Methodol* 20, 199 (2020). <https://doi.org/10.1186/s12874-020-01080-1>.
27. Петрин, Р. Д. Индексы скорости роста и коэффициенты типа роста по высоте лиственных лесных насаждений / Р. Д. Петрин // Лесотехнический журнал. – 2022. – Т. 12, № 4(48). – С. 47-59. – DOI: <https://doi.org/10.34220/issn.2222-7962/2022.4/4>.
28. Таксационные показатели и товарная структура спелых смешанных древостоев сосны и ели в зеленомошных типах леса / Д. А. Данилов, Н. В. Беляева, Д. А. Зайцев, И. М. Анисимова // Лесотехнический журнал. – 2022. – Т. 12, № 2(46). – С. 14-29. – DOI: <https://doi.org/10.34220/issn.2222-7962/2022.2/2>.
29. Smolański, G. (2020). Identifying the asymmetry of finite support probability distributions on the basis of the first two moments. *Measurement*, 149, 106968. DOI: <https://doi.org/10.1016/J.MEASUREMENT.2019.106968>.
30. Связь абсолютно сухой фитомассы фракций деревьев *Alnus incana* (L.) Moench с таксационным диаметром в Северо-таежном районе Архангельской области / С. В. Третьяков, С. В. Коптев, И. В. Цветков [и др.] // Лесотехнический журнал. 2022; 12 (47): 62-78. DOI: <https://doi.org/10.34220/issn.2222-7962/2022.3/6>.
31. Frontier technique of creating protective forests stands around nurseries on inefficient sites: technological foundations / A. Novikov, V. Ivetich, S. Nikulin [et al.] // *Forestry Engineering Journal*. – 2022. – Vol. 12, No. 2(46). – P. 115-125. – DOI: <https://doi.org/10.34220/issn.2222-7962/2022.2/10>.

References

1. Alkinzh S., Danilov D. A. Sosna brutijskaja (*Pinus brutia* Ten.) kak vazhnyj komponent lesov stran Vostochnogo Sredizemnomor'ja i Chernomorskogo bassejna (obzor) [Brutus pine (*Pinus brutia* Ten.) as an important component of the forests of the Eastern Mediterranean and the Black Sea basin (review)] // *Izvestija Sankt-Peterburgskoj lesotehniche-skoj akademii*. 2022. № 240. S. 130-148. DOI 10.21266/2079-4304.2022.240.130-148.

2. Alkinzh S., Danilov D. A. Issledovanie jeffektivnosti nekotoryh modelej, ispol'zuemyh dlja ocenki vysoty sosen v Sirii [Investigation of the effectiveness of some models used to estimate the height of pine trees in Syria] // Aktual'nye problemy lesnogo kompleksa. 2021. № 60. S. 74-78.
3. Ali M. S., Lezhnin S. A., Vorob'jov O. N., Kurbanov Je. A. Monitoring rastitel'nogo pokrova muhafaza Latakija Sirijskoj Arabskoj Respubliki po snimkam Landsat [Vegetation monitoring of the Latakia Governorate of the Syrian Arab Republic based on Landsat images] // Vestnik Povolzhskogo gosudarstvennogo teh-nologicheskogo univepsiteta. Ser.: Les. Jekologija. Prirodopol'zovanie. 2020. No 3 (47). S. 19–31. DOI: <https://doi.org/10.25686/2306-2827.2020.3.19>
4. Vorob'ev O.N., Ali M.S. Klassifikacija lesnogo pokrova muhafaza Latakija Sirijskoj Arabskoj Respubliki po dannym sputnika Sentinel-2 [Classification of the forest cover of the Latakia Governorate of the Syrian Arab Republic according to the Sentinel-2 satellite] // Lesnye jekosistemy v uslovijah izmenenija klimata: biologicheskaja produktivnost' i distancionnyj monitoring: sbornik nauchnyh statej. Joshkar-Ola: PGTU, 2018. No 4. S. 110-122.
5. Olsson, S., Lorenzo, Z., Zabal-Aguirre, M. et al. Evolutionary history of the mediterranean *Pinus halepensis* –*brutia* species complex using gene-resequencing and transcriptomic approaches. *Plant Mol Biol* 106, 367–380 (2021). <https://doi.org/10.1007/s11103-021-01155-7>.
6. Ali Kavgaci, Urban Šilc, Saime BaŞaran, Aleksander MarinŠek, Mehmet Ali BaŞaran, Petra KoŠir, Neslihan Balpinar, M'nevver Arslan, Czge Denli, and Andraž Čarni. 2017. Classification of plant communities along postfire succession in *Pinus brutia* (Turkish red pine) stands in Antalya (Turkey). *Turkish Journal of Botany* 41:299-307. Available <http://journals.tubitak.gov.tr/botany/issues/bot-17-41-3/bot-41-3-8-1609-34.pdf>, accessed 2017.09.04.
7. Houminer N, Riov J, Moshelion M, Osem Y, David-Schwartz R. Comparison of Morphological and Physiological Traits between *Pinus brutia*, *Pinus halepensis*, and Their Vigorous F1 Hybrids. *Forests*. 2022; 13(9):1477. <https://doi.org/10.3390/f13091477>.
8. Houminer, N.; Houminer, N., Doron-Faigenboim, A., Shklar, G. et al. Transcriptome-based single-nucleotide polymorphism markers between *Pinus brutia* and *Pinus halepensis* and the analysis of their hybrids. *Tree Genetics & Genomes* 17, 14 (2021). <https://doi.org/10.1007/s11295-021-01496-w>.
9. Keten İ., Gülsoy. S Research on Site Index in the Red Pine (*Pinus brutia* Ten.) forests // Bilge International Jour-nal of Science and Technology Research 2020 4, Issue: 2, 88-102 DOI: 10.30516/bilgesci.740067
10. Catal Y., Carus S. A 2018 height-diameter model for brutian pine (*Pinus Brutia* Ten.) plantations in Southwest-ern Turkey *Applied Ecology and Environmental Research*, №16 (2), pp.1445-1459.
11. Abdo HG, Almohamad H, Al Dughairi AA, Al-Mutiry M. GIS-based frequency ratio and analytic hierarchy process for forest fire susceptibility mapping in the Western region of Syria. *Sustainability*. 2022; 14(8):4668. <https://doi.org/10.3390/su14084668>.
12. Sakici, O.E., Kucuk, O. & Ashraf, M.I. Compatible above-ground biomass equations and carbon stock estimation for small diameter Turkish pine (*Pinus brutia* Ten.). *Environ Monit Assess* 190, 285 (2018). <https://doi.org/10.1007/s10661-018-6656-9>.
13. Ozbey Alper, Bilir Nebi block effect on genetic parameters in a 23-year-old progeny trial of *Pinus brutia* // Le-sotehnicheskij zhurnal. 2022. №2 URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/block-effect-on-genetic-parameters-in-a-23-year-old-progeny-trial-of-pinus-brutia> (data obrashhenija: 22.01.2023).
14. Çatal Y., Carus S., 2018. A height-diameter model for brutian pine (*Pinus brutia* Ten.) plantations in southwestern Turkey. *Applied Ecology and Environmental Research* 16(2): 1445–1459. https://doi.org/10.15666/aecr/1602_14451459.
15. Sakici, Oytun Emre et al. “Compatible above-ground biomass equations and carbon stock estimation for small diameter Turkish pine (*Pinus brutia* Ten.)” *Environmental Monitoring and Assessment* 190 (2018): 1-10. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10661-018-6656-9>.

16. Baysal, Ismail. "Vertical Crown Fuel Distributions in Natural Calabrian Pine (*Pinus brutia* Ten.) Stands." *Croatian Journal of Forest Engineering* 42 (2021): 301-312. DOI: <https://doi.org/10.5552/CROJFE.2021.800>.
17. Yurtgan M, Baysal I, Küçük O (2022). Fuel characterization and crown fuel load prediction in non-treated Calabrian pine (*Pinus brutia* Ten.) plantation areas. *iForest* 15: 458-464. - DOI: <https://doi.org/10.3832/ifor4048-015>.
18. Bilgili E, Coskuner KA, Usta Y, Saglam B, Kucuk O, Berber T, Goltas M (2019). Diurnal surface fuel moisture prediction model for Calabrian pine stands in Turkey. *iForest* 12: 262-271. DOI: <https://doi.org/10.3832/ifor2870-012>.
19. Chernyh, L. V. Aprobaciya metodiki lesovodstvenno-statisticheskogo obosnovaniya sposobov i ob'yomov lesovosstanovleniya na lesnom uchastke / L. V. CHernyh, D. V. CHernyh, V. L. CHernyh // Vestnik Povolzhskogo gosudarstvennogo tekhnologicheskogo universiteta. Seriya: Les. Ekologiya. Prirodopol'zovanie. – 2021. – № 1(49). – С. 64-81. – DOI: <https://doi.org/10.25686/2306-2827.2021.1.64>.
20. Alkinzh S., Danilov D. A. Assessment of the growing stock and annual increment of *Pinus brutia* Ten. stands in Kfardebel, Latakia, Syria // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science : 6, Politics, Industry, Science, Education, St. Petersburg, 2021. P. 012004. DOI 10.1088/1755-1315/876/1/012004.
21. Hung, Bui Manh. "Tree-Size Variable Frequency Distribution Modeling for Tropical Forests in Ba Be, Vietnam." *Biology Bulletin* 49 (2022): S135 - S147. DOI: <https://doi.org/10.1134/S1062359022140072>.
22. Nautiyal, Raman & Tiwari, Neeraj & Chandra, Girish & Kershaw, John & Shaktan, Trishla. (2021). Alternate ranked set sampling for skewed and mound shaped symmetric distributions: accounting for forestry and environmental research. *Mathematical and Computational Forestry and Natural-Resource Sciences*. №13. Pp.14-26.
23. Chandra, Girish & Nautiyal, Raman & Chandra, Hukum & Roychoudhury, Nilanjan & Mohammad, Naseer. (2015). *Statistics in Forestry: Methods and Applications*. Springer <https://doi.org/10.1007/978-981-15-1476-0-8>.
24. Menéndez-Miguélez, María et al. "Improving tree biomass models through crown ratio patterns and incomplete data sources. *European Journal of Forest Research*. 140 (2021): 675 - 689. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10342-021-01354-3>.
25. Leverett R.T., Ruskin D.N., Masino S.A. Direct Measurement of Trunk Volume in Forest Trees: Focus on White Pine and Comparison to a Statistical Method. *bioRxiv*. 2020.03.18.995985; DOI: <https://doi.org/10.1101/2020.03.18.995985>.
26. Hong, S., Lynn, H.S. Accuracy of random-forest-based imputation of missing data in the presence of non-normality, non-linearity, and interaction. *BMC Med Res Methodol* 20, 199 (2020). <https://doi.org/10.1186/s12874-020-01080-1>.
27. Petrin, R. Growth-rate indices and growth type coefficients in height of broadleaves forest stands / R. Petrin // *Forestry Engineering Journal*. – 2023. – Т. 12. – № 4. – С. 47-59. DOI: <https://doi.org/10.34220/issn.2222-7962/2022.4/4>.
28. Danilov, D. Taxation indicators and commodity structure of ripe mixed pine and spruce stands in greenmoss forests / D. Danilov, N. Beliaeva, D. Zaytsev, I. Anisimova // *Forestry Engineering Journal*. – 2022. – Т. 12. – № 2. – С. 14-29. DOI: <https://doi.org/10.34220/issn.2222-7962/2022.2/2>.
29. Smołański, G. (2020). Identifying the asymmetry of finite support probability distributions on the basis of the first two moments. *Measurement*, 149, 106968. DOI: <https://doi.org/10.1016/J.MEASUREMENT.2019.106968>.
30. Tretyakov, S. The equations of the relation of the weight of absolutely dry phytomass fractions of *Alnus incana* (L.) Moench trees with the taxation diameter in the taiga zone of the Arkhangelsk region / S. Tretyakov, S. Koptev, I. Tsvetkov et al. // *Forestry Engineering Journal*. – 2022. – Vol. 12. – № 3. – P. 62-78. DOI: <https://doi.org/10.34220/issn.2222-7962/2022.3/6>.
31. Frontier technique of creating protective forests stands around nurseries on inefficient sites: technological foundations / A. Novikov, V. Ivetich, S. Nikulin [et al.] // *Forestry Engineering Journal*. – 2022. – Vol. 12, No. 2(46). – P. 115-125. – DOI: <https://doi.org/10.34220/issn.2222-7962/2022.2/10>.

Сведения об авторах

✉ *Беляева Наталия Валерьевна* – доктор сельскохозяйственных наук, профессор, профессор кафедры лесоводства ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет имени С.М. Кирова», Институтский пер., 5, г. Санкт-Петербург, 194021, Российская Федерация, ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-8673-2824>, e-mail: galbel06@mail.ru.

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

Данилов Дмитрий Александрович – доктор сельскохозяйственных наук, профессор кафедры лесоводства ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет имени С.М. Кирова», Институтский пер., 5, г. Санкт-Петербург, 194021, Российская Федерация; главный научный сотрудник отдела агрохимии и агроэкологии Ленинградского НИИСХ «Белогорка» - филиала Федерального исследовательский центр картофеля им. А.Г. Лорха, ул. Институтская, 1, д. Белогорка, Гатчинский район, Ленинградская область, 188338, Российская Федерация, ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-7504-5743>, e-mail: stown200@mail.ru.

Самер Алкинж – аспирант кафедры лесоводства ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет имени С.М. Кирова», Институтский пер., 5, г. Санкт-Петербург, 194021, Российская Федерация; магистр Тишринского университета, Латакия, Сирия, ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-7500-5700>, e-mail: sameralkinj@gmail.com.

Information about the authors

✉ *Nataliia V. Beliaeva* – Dr. Sci. (Agriculture), Professor, Professor of Forestry Department of Federal State Educational Institution of Higher Professional Education «Saint-Petersburg State Forest Technical University named after S.M. Kirov», Institutskiy per., 5, Saint-Petersburg, 194021, Russian Federation, ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-8673-2824>, e-mail: galbel06@mail.ru.

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

Dmitry A. Danilov – Dr. Sci. (Agriculture), Professor of Forestry Department of Federal State Educational Institution of Higher Professional Education «Saint-Petersburg State Forest Technical University named after S.M. Kirov», Institutskiy per., 5, Saint-Petersburg, 194021, Russian Federation; Senior researcher, Department of agrochemistry and agroecology Leningrad Research Agriculture Institute Branch of Russian Potato Research Centre, 1 Institutskaya Street, Belogorka, Leningrad Region, 188338, Russian Federation, ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-7504-5743>, e-mail: stown200@mail.ru.

Samer Alkinj – post-graduate student of Forestry Department, Federal State Educational Institution of Higher Professional Education «Saint-Petersburg State Forest Technical University named after S.M. Kirov», Institutskiy per., 5, Saint-Petersburg, 194021, Russian Federation; Master of Tishreen University, Latakia, Syria, ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-7500-5700>, e-mail: sameralkinj@gmail.com.

✉ – Для контактов/Corresponding author