

e-ISSN: 2791-7363



THEORETICAL AND APPLIED FORESTRY

YEAR: 2025, VOLUME: 5, ISSUE: 1



THEORETICAL AND APPLIED FORESTRY

e-ISSN: 2791-7363

YEAR: 2025, VOLUME: 5, ISSUE: 1

Theoretical and Applied Forestry (TAFOR) is a peer reviewed international journal, which publish two times in a year (June and November). Original research article and review papers on all aspects of forestry, Biology, Agriculture in English or Turkish are accepted in the TAFOR published by online. The Manuscripts are reviewed by the reviewers, and the review process is completed in two- three months. Manuscripts must be submitted on the understanding that they have not been published elsewhere and are not currently under consideration by another journal. There is no any article submission or processing charges in the journal.

EDITOR IN CHIEF

Nebi Bilir, Professor
Isparta University of Applied Sciences, Turkey

ASSOCIATE EDITOR

Halil Baris Ozel, Professor
Bartın University, Turkey

SECTION EDITORS

Suleyman Gulcu, Professor
Quantitative Genetics & Breeding
Isparta University of Applied Sciences, Turkey

Zafer Olmez, Profesör
Plantation Forestry
Artvin Coruh University, Turkey

Halil Baris Ozel, Professor
Silviculture
Bartın University, Turkey

Ayşe Betül Avcı, Professor
Medicinal and Aromatic Plants
Ege University, Turkey

Oguzhan Sarikaya, Professor
Forest Protection
Bursa Technical University, Turkey

Ahmet Alper Babalik, Professor
Watershed Management
Isparta University of Applied Sciences, Turkey

Tugrul Varol, Professor
Forest Roads
Bartın University, Turkey

Ayhan Akyol, Professor
Forest Economy
Izmir Katip Celebi University, Turkey

Ayşe Gul Sarikaya, Assoc. Prof.
Forest Botany
Bursa Technical University, Turkey

Nasrin Seyedi, Assist. Prof.
Molecular Genetics & Plant Physiology
Urmia University, Iran

Sultan Celik Uysal, PhD.
Forestry Practices
General Directorate of Forestry, Turkey

Parveen Velmi, PhD.
Tree Breeding
Arid Forest Research Institute, Jodhpur (Rajasthan), India

THEORETICAL AND APPLIED FORESTRY

Year: 2025, Volume: 5, Issue: 1

CONTENTS

Research Articles

- Determination of certain biochemical properties of *Lavandula stoechas* L.
Sevgin Özderin, Ebru Hatice Tıǧlı Kaytanlıoǧlu, Hüseyin Fakir..... 1-6
- Growth performance in afforestations of Taurus cedar, Anatolian black pine and Crimean juniper
Yunus Eser 7-10
- Growth and fruit characteristics in *Rosa canina* L.
Ebru Hatice Tıǧlı Kaytanlıoǧlu, Aslı Kiraz..... 11-14
- Effects of IBA concentrations on the rooting and growth of Cherry laurel (*Prunus laurocerasus* L.) cuttings
Ercan Oktan, Öznur Özkan, Neslihan Atar..... 15-21
- Impact of aspect on growth performances in afforestation of Taurus cedar (*Cedrus libani* A. Rich.)
Yunus Eser 22-25

Review Articles

- An evaluation of the Oriental sweetgum (*Liquidambar orientalis* Mill.) and its balsam
Filiz Kılıç, Ayşe Betül Avcı..... 26-36
- The importance of *Arbutus andrachne* L. (Strawberry Tree) in terms of rehabilitation and restoration potential and climate change resilience
Gölnur Saba Ertuǧrul 37-44

Determination of certain biochemical properties of *Lavandula stoechas* L.

Sevgin Özderin^a , Ebru Hatice Tıgılı Kaytanlıoğlu^{b,*} , Hüseyin Fakir^b 

Abstract: *Lavandula stoechas* L. (Lamiaceae) is an aromatic plant species recognized as a potential source of phenolic compounds and has been traditionally used in many countries for centuries. Essential oils derived from species of the *Lavandula* genus are widely utilized in perfumery, cosmetics, food processing, and aromatherapy due to their diverse biological properties. In this study, the aim was to determine the total phenolic content and antioxidant properties of the essential oil obtained from the dried aerial parts of *L. stoechas*. The total phenolic content of the essential oil was measured using the Folin–Ciocalteu method, while antioxidant activities were evaluated through CUPRAC and DPPH assays. According to the results, the total phenolic content was found to be 1.349 mg/g. The highest antioxidant capacity was observed with the CUPRAC method, yielding a value of 2.408 mg/g, whereas the mean DPPH value was determined to be 0.054 mg/g. These findings indicate that the essential oil of *L. stoechas* exhibits strong antioxidant potential, with the CUPRAC method reflecting a notably higher antioxidant activity.

Keywords: Phenolic, Antioxidants, *Lavandula stoechas*, CUPRAC, DPPH

Karabaş (*Lavandula stoechas* L.)’ın bazı biyokimyasal özelliklerinin belirlenmesi

Özet: *Lavandula stoechas* L. (Lamiaceae) türü, fenolik bileşenler açısından potansiyel bir kaynak olarak değerlendirilen ve birçok ülkede uzun süredir geleneksel tıpta yaygın şekilde kullanılan aromatik bir bitkidir. *Lavandula* cinsine ait türlerden elde edilen uçucu yağlar, çeşitli biyolojik aktiviteleri nedeniyle parfümeri, kozmetik, gıda endüstrisi ve aromaterapi gibi alanlarda geniş uygulama alanı bulmaktadır. Bu çalışma kapsamında, *L. stoechas* bitkisinin kurutulmuş toprak üstü kısımlarından elde edilen uçucu yağın toplam fenolik içeriği ve antioksidan özellikleri belirlenmiştir. Uçucu yağların toplam fenolik içeriği Folin–Ciocalteu yöntemiyle, antioksidan aktiviteleri ise CUPRAC ve DPPH yöntemleriyle analiz edilmiştir. Analiz sonuçlarına göre, toplam fenolik içeriğin 1,349 mg/g olduğu saptanmıştır. Antioksidan kapasite açısından CUPRAC yöntemiyle ölçülen değer 2,408 mg/g ile en yüksek aktiviteyi göstermiştir. DPPH yöntemiyle belirlenen ortalama değer ise 0,054 mg/g olarak tespit edilmiştir. Elde edilen veriler, CUPRAC yöntemi ile belirlenen antioksidan kapasitenin daha yüksek olduğunu ve *L. stoechas* uçucu yağının güçlü bir antioksidan potansiyele sahip olduğunu göstermektedir.

Anahtar kelimeler: Fenolik, Antioksidan aktivite, *Lavandula stoechas*, CUPRAC, DPPH

1. Introduction

Traditionally, medicinal plants have been utilized for therapeutic purposes across the world since ancient times, offering natural remedies for a variety of diseases. These plants hold significant cultural value and are often associated with intergenerational knowledge regarding health preservation and healing practices (Safarzadeh et al. 2022; Alfuraydi et al. 2024). In contemporary times, traditional medicine continues to be a widely preferred healthcare approach for approximately two-thirds of the global population. This preference is largely driven by the increased awareness of the side effects associated with synthetic pharmaceuticals and the growing acceptance of herbal alternatives, especially in developed countries where sustainability initiatives encourage the use of locally available natural resources (Setacci et al. 2020). The rich biodiversity of the Mediterranean region plays a crucial role in the development of natural therapeutic methods, serving as a substantial reservoir of medicinal plants (Algieri et al. 2016; Gülmen 2018). Among the botanical families contributing to the expansion of the

catalog of popular herbal medicines in the Mediterranean Basin, the Lamiaceae family is particularly notable for its abundance of medicinal and aromatic species (Algieri et al. 2016). This family, commonly known as the mint family, comprises 46 genera, with the genus *Lavandula* represented by six taxa in Türkiye. Globally, the genus *Lavandula*, which is native to the Mediterranean, consists of approximately 39 species and over 100 varieties (Carrasco et al. 2015). Among these species, *Lavandula stoechas* L. is native to the Mediterranean region of Türkiye. However, due to its adaptability to various climatic conditions and soil types, it is now distributed across many parts of the world (Gülmen 2018; Gallotte et al. 2020). Commonly known as “French lavender” or “topped lavender,” *L. stoechas*—locally referred to as “karabaş otu” or “karan”—holds a prominent commercial position among medicinal and aromatic plants, primarily due to its industrial uses (Davis 1982; Gallotte et al. 2020). It is a well-known species in traditional medicine, particularly for its essential oil content, and has been utilized for centuries in Türkiye for various therapeutic applications (Şahinler et al. 2022).

^a Köyceğiz Meslek Yüksek Okulu, Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi, Muğla

^b Orman Mühendisliği Bölümü, Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Isparta

* Corresponding: ebrukaytanlioglu@isparta.edu.tr

Received: 07.05.2025, Accepted: 25.06.2025



Citation: Özderin, S., Tıgılı Kaytanlıoğlu, E.H., Fakir, H. (2025). Determination of certain biochemical properties of *Lavandula stoechas* L.. Theoretical and Applied Forestry 5: 1-6. doi: [10.53463/tafor.2025vol5iss1pp1-6](https://doi.org/10.53463/tafor.2025vol5iss1pp1-6)

Ethnobotanical and phytopharmacological studies report that in Morocco, *L. stoechas* is traditionally used for the treatment of rheumatic disorders and nephrotic syndromes, as an antispasmodic agent, and in alleviating pain and inflammatory conditions (El-Hilaly et al. 2003; Ez Zoubi et al. 2016). Moreover, it is commonly used in the preparation of traditional foods and herbal teas, as well as for cosmetic purposes (Msaada et al. 2011; Zuzarte et al. 2013; Montanari 2014). In the chemical composition of *L. stoechas*, the aerial parts have been found to contain flavonoids, catechin tannins, sterols, coumarins, leucoanthocyanins, and mucilages (Ez Zoubi et al. 2020). Previous studies on *Lavandula* taxa have extensively investigated their volatile constituents (Kırmızı Bekmez et al. 2009; Bella et al. 2015; Kıyma et al. 2017; Karaca et al. 2018; Küçük et al. 2018; Mokhtarzadeh 2019), genetic diversity (Kaya et al. 2012), anatomical, morphological, chorological, and biosystematic characteristics (Küçük et al. 2019), antioxidant activities (Uygun et al. 2017), pathogenic effects (Ökmen 2017), as well as their phytochemical and biochemical properties (Celep et al. 2018). Additionally, their cytotoxic (Çelik and Aslantürk 2007; Kalhan 2019; Abdel-Baki 2023), anti-inflammatory, antioxidant (Ceylan et al. 2015; Ayaz et al. 2020), antimicrobial (Sıcak et al. 2019), insecticidal, larvicidal, anticonvulsant, antispasmodic, sedative, hepatoprotective, nephroprotective, antidiabetic, and anticancer (Şahinler et al. 2022), antibacterial (Dadaloğlu and Evrendilek 2004), antifungal, and antiseptic activities (Öztürk et al. 2005) have also been well documented. Furthermore, *L. stoechas* has been traditionally used in folk medicine for wound healing, blood sugar regulation, headache relief, and treatment of vascular occlusions (Güner and Selvi 2016). The essential oil of *L. stoechas* has demonstrated antibacterial (Ez Zoubi et al. 2017 and 2020), insecticidal, antifungal (Bouyahya et al., 2017), antioxidant (Ez Zoubi et al. 2014; Messaoud et al. 2011), and anti-inflammatory properties (Benabdelkader et al.

2011; Ez Zoubi et al. 2014). Despite the extensive research on the chemical composition of *L. stoechas*, the majority of these studies have primarily focused on its essential oil constituents. However, investigations specifically addressing the total phenolic content, as a key biochemical property of its essential oil, remain limited. Therefore, the present study aims to determine the antioxidant activity of essential oils derived from *L. stoechas* using the 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl (DPPH) radical scavenging method and the Cupric Ion Reducing Antioxidant Capacity (CUPRAC) assay, alongside quantification of total phenolic content.

2. Materials and methods

2.1. Plant material

A preliminary survey was initiated through a review of existing studies conducted in the research area and interviews with local residents. Field excursions were carried out to develop a work plan, with priority given to regions where the natural distribution of the species had been identified. The research material comprised the leafy shoots and flowers of *L. stoechas* L., commonly known as “French lavender,” collected in 2023 from the Karaağaç region of Köyceğiz, Muğla (Figure 1). The altitude and aspect data of the collection sites were recorded during field studies. The collected plant specimens were placed in labeled plastic bags, with details including collection date, location, and elevation written on each label. Samples were subsequently air-dried at room temperature (25°C) in a semi-shaded, well-ventilated environment to be used in further extraction analyses. Herbarium specimens were prepared using standard herbarium techniques (Figure 2), identified taxonomically, assigned specimen numbers, and deposited in the Herbarium of the Faculty of Forestry, Isparta University of Applied Sciences.

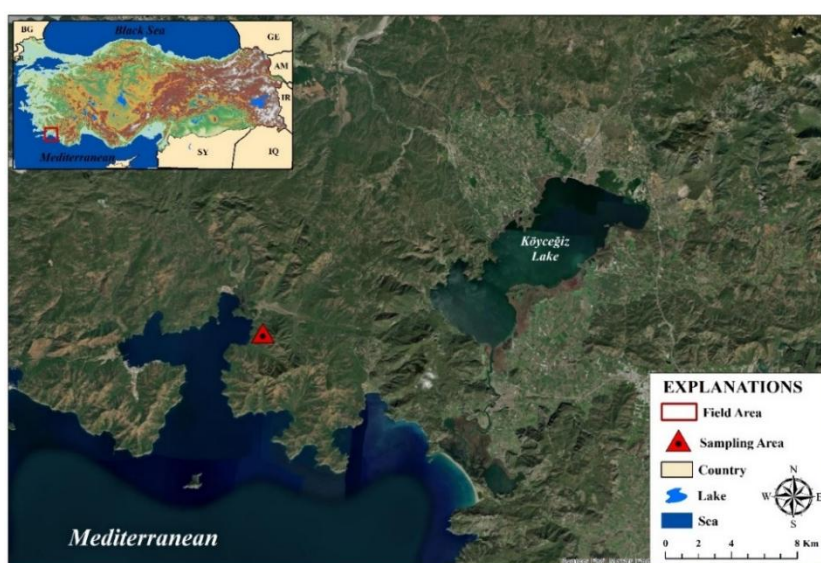


Figure 1. Study area (Karaağaç locality, Köyceğiz, Muğla)



Figure 2. General appearance of *L. Stoechas*

2.2. Methods

2.2.1. Determination of total phenolic content (TPC)

Determination of total phenolic and flavonoid contents
The total phenolics of the samples, extracted with different solvents, were determined using the modified Folin-Ciocalteu method. The extract solution (0.1 mL) was mixed with 2.5 mL of deionized water and 0.1 mL of Folin-Ciocalteu reagent (Merck Company, Darmstadt, Germany), and the reaction was terminated using 0.5 mL of 20% sodium carbonate. The reaction mixture was incubated at RT for 30 min in the dark and the absorbance was measured at 760 nm with a UV-vis spectrophotometer (Shimadzu UV-1280, Kyoto, Japan). The standard curve was prepared using different concentrations of gallic acid (GA). Total flavonoids were measured by the aluminum chloride reaction (Sakanaka et al. 2005). The extract solution (0.25 mL) was mixed with 1.25 mL of deionized water, and 75 μ L of 5% sodium nitrate. After 6 min, 0.15 mL of 10% aluminum chloride was added; after 5 min, 0.5 mL of 1 M sodium hydroxide was added. The absorbance of all the sample solutions against a blank was measured at 510 nm and ($\pm$)-catechin concentrations were used to construct the standard curve.

2.2.2. Antioxidant analyses of *L. stoechas*

Antioxidant activity of *L. stoechas* was evaluated using two distinct methods: the 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl (DPPH) radical scavenging assay and the Cupric Reducing Antioxidant Capacity (CUPRAC) assay.

2.2.3. DPPH radical scavenging method

The antiradical activity was determined using the DPPH (1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl) method as described by Shimata et al. (1992). A 0.25 mL aliquot of the sample (at a concentration of 250 ppm) was mixed thoroughly with 1 mL of 0.2 mM DPPH solution and vortexed. The mixture

was incubated in the dark at room temperature for 30 minutes, after which the absorbance was measured at 517 nm. The radical scavenging activity (SRS) was calculated using the following equation (Equation 1):

$$SRS \text{ (mmol TR g}^{-1} \text{ ekstrakt)} = \frac{\Delta A}{\varepsilon_{TR}} \times \frac{V_m}{V_s} \times Sf \times \frac{V_E}{m} \quad (1)$$

Where ε_{TR} : CUPRAC molar absorptivity of Trolox ($1.67 \times 10^4 \text{ L mol}^{-1} \text{ cm}^{-1}$); V_s : volume of the sample; V_m : total reaction volume (4 mL); Sf : dilution factor (if applicable); V_E : extract volume ve m : mass of the extract.

2.2.5. CUPRAC (Cupric Reducing Antioxidant Capacity) method

The CUPRAC assay was conducted based on the method developed by Apak et al. (2004). A 100 ppm extract solution was mixed with 0.01 M CuCl_2 , 7.5 mM neocuproine, 1 M ammonium acetate buffer (pH 7.0), and 1 mL of distilled water. Ethanol was used as a blank control. The mixture was incubated in the dark for 1 hour. Absorbance was measured at 450 nm. Antioxidant capacity was expressed in terms of Trolox equivalents (TE) per gram of dry weight (Equation 2):

$$CUPRAC \text{ (}\mu\text{mol TE g}^{-1}\text{)} = \frac{A}{\varepsilon_{TR}} \times \frac{V_m}{V_s} \times D_f \times \frac{V_E}{m} \times 1000 \quad (2)$$

Where A : absorbance at 450 nm; ε_{TR} : CUPRAC molar absorptivity of Trolox ($1.67 \times 10^4 \text{ L mol}^{-1} \text{ cm}^{-1}$); V_m : CUPRAC total reaction volume; V_s : sample volume (mL); D_f : dilution factor; V_E : extract volume (mL); ve m : mass of dry herb (g).

3. Results and discussion

Plant chemical constituents are generally classified into primary and secondary metabolites based on their biosynthetic pathways and biological functions (Topcu and Çölgeçen 2019; Ülger and Ayhan 2020). Among these, secondary metabolites are not directly involved in vital physiological processes but play significant ecological and functional roles. One of the most important classes of secondary metabolites is phenolic compounds, characterized by one or more hydroxyl groups (-OH) attached to aromatic benzene rings (Vermerris and Nicholson 2007; Carocho and Ferreira 2013; Stewart and Stewart 2008).

Numerous studies have demonstrated that essential oils (EOs) derived from various plant species exhibit a range of beneficial properties including antimicrobial, antioxidant, anti-inflammatory, and even anticancer activities. These bioactivities are largely attributed to the chemical constituents of the essential oils, which vary depending on plant species, drying methods, durations, and extraction techniques. Djeridane et al. (2006) reported a positive correlation between antioxidant capacity and total phenolic content. Similarly, Ennajar et al. (2009) observed that an increase in phenolic content is associated with enhanced antioxidant activity, suggesting that phenolic compounds are key contributors to the antioxidant potential of essential oils.

Phenolic compounds are well known for their ability to neutralize free radicals, which underpins their health-promoting effects in various plant extracts and essential oils. Multiple studies have confirmed the radical-scavenging capabilities of phenolics and flavonoids, highlighting their potential as natural antioxidants. The total phenolic content (TPC) and antioxidant activity of plant extracts are critical indicators of their ability to mitigate oxidative stress by neutralizing free radicals.

In the present study, the total phenolic content of *L. stoechas* essential oil was determined to be 1.349 mg g⁻¹, while its antioxidant activities were measured as 0.054 mg g⁻¹ for DPPH radical scavenging and 2.408 mg g⁻¹ for CUPRAC, as shown in Table 1.

Studies conducted with *Lavandula* species from various geographic regions have demonstrated that total phenolic content (TPC) and antioxidant capacity show considerable variability. Karabagias et al. (2019) reported that the aqueous extract obtained from the flowers of *L. stoechas* had a significantly higher TPC (approximately 4289 mg L⁻¹) compared to its methanolic extract. This result suggests that the higher polarity of the aqueous extract allows for more efficient release and isolation of

phytochemicals, particularly phenolic acids, flavonoids, and reducing agents such as ascorbic acid.

In a study by Messaoud et al. (2013), essential oils obtained from three different *Lavandula* species had TPC values of 31.3 mg GAE g⁻¹ for *L. coronopifolia*, 30.8 mg GAE g⁻¹ for *L. multifida*, and 25.2 mg GAE g⁻¹ for *L. stoechas*. Similarly, Deligiannidou et al. (2018) noted that beverages prepared by infusion or decoction from *L. angustifolia* flowers exhibited higher phenolic content when water, a polar solvent, was used for extraction. In another study by Spiridon et al. (2011), the total phenolic content of alcoholic and aqueous extracts (1:1, v/v) of *L. angustifolia* from Romania was found to be 50.6 ± 3.2 mg GAE g⁻¹, a significantly lower value compared to the findings of the present study. These results highlight the importance of the solvent used in extraction, indicating that polar solvents such as water are more effective in extracting phenolic compounds.

Antioxidant compounds play a key role in preventing oxidative damage in biological systems by limiting radical formation, terminating radical reactions, and neutralizing existing radicals (Atak et al. 2002; Uysal 2015). These compounds act at different stages of the oxidative chain reaction by reducing oxygen concentration, chelating metal ions that catalyze reactive oxygen species production, and functioning as chain-breaking agents. Analytical methods and testing conditions significantly influence antioxidant capacity measurements, even within the same food type (Ghiselli et al. 2000; Büyüktuncel 2013). In recent years, various methods based on free radical scavenging activity have been developed to assess antioxidant potential, among which the CUPRAC method stands out as a simple and adaptable technique for evaluating both natural and synthetic antioxidants.

In this context, the antioxidant activities of *L. stoechas* samples in our study were determined using the DPPH and CUPRAC methods (Table 1). The findings indicate that *L. stoechas* possesses high antioxidant activity, although the values vary depending on the method used.

Numerous studies in the literature have reported that essential oils derived from various *Lavandula* species exhibit a wide range of therapeutic properties, including antimicrobial, antioxidant, anti-inflammatory, and even anticancer effects. Sebai et al. (2015) demonstrated that essential oils extracted from the aerial parts of *L. stoechas* significantly increased DPPH radical scavenging activity (RSA) in a dose-dependent manner when compared to ascorbic acid. However, while these essential oils showed considerable RSA (EC₅₀ = 221.43 µg/mL), the activity was lower than that of ascorbic acid (EC₅₀ = 87.57 µg/mL).

Table 1. Total phenolic content and antioxidant activity of *L. stoechas*

	Total Fenolik Mean (mg g ⁻¹)	Dpph Mean (mg g ⁻¹)	Cuprac Mean (mg g ⁻¹)
<i>L. stoechas</i> extracts	1.349	0.054	2.408

Ceylan et al. (2015) evaluated the antioxidant activity of *L. stoechas* extract using the DPPH method and found that it inhibited the DPPH radical by $69.31 \pm 1.24\%$ at a concentration of 0.5 mg/mL. In comparison, the synthetic antioxidants BHT and BHA exhibited inhibition percentages of $89.16 \pm 1.83\%$ and $80.01 \pm 1.78\%$, respectively. The IC₅₀ value of the methanolic extract from *L. stoechas* leaves was measured at 0.300 ± 0.010 mg/mL, whereas BHT and BHA had IC₅₀ values of 0.020 ± 0.001 mg/mL and 0.035 ± 0.007 mg/mL, respectively. These results indicate that although the extract of *L. stoechas* is a potent natural antioxidant, its efficacy is lower than that of synthetic antioxidants. Nevertheless, plant extracts are considered valuable sources of antioxidants.

Sariri et al. (2009) investigated the antioxidant potential of water extracts from fresh leaves and flower buds of four *Lavandula* species from northern Iran. The total antioxidant activity values were reported as 9.2 µg/mL for *L. angustifolia*, 12.5 µg/mL for *L. stoechas*, 38.7 µg/mL for *L. dentata*, and 65.1 µg/mL for *L. latifolia*. Similarly, Sebai et al. (2013) found that the essential oils from dried aerial parts of *L. stoechas* showed high antioxidant capacity with an IC₅₀ value of 221.43 µg/mL, although this was still lower than the IC₅₀ value of ascorbic acid (87.57 µg/mL).

Messaoud et al. (2013) reported IC₅₀ values of 15.8 mg/mL for *L. coronopifolia* and 34.2 mg/mL for *L. stoechas* essential oils. Furthermore, the methanolic extracts of *L. coronopifolia* (IC₅₀ = 15.8 mg/mL) and *L. multifida* (IC₅₀ = 19.3 mg/mL) exhibited stronger antioxidant activities than the synthetic antioxidant BHT (IC₅₀ = 26.5 mg/mL), though they were less effective than Trolox (IC₅₀ = 12.8 mg/mL). Essential oils also demonstrated radical scavenging capacity, albeit lower than that of methanolic extracts and synthetic antioxidants, with IC₅₀ values of 162.2 mg/mL for *L. coronopifolia*, 201.6 mg/mL for *L. multifida*, and 2321.7 mg/mL for *L. stoechas*.

Finally, Barkat and Laib (2012) reported an IC₅₀ value of 584 ± 0.58 µg/mL for essential oils extracted from dried *L. stoechas* flowers collected in Algeria.

In conclusion, numerous studies on plant extracts have shown that phenolic compounds and flavonoids are potent antioxidants due to their free radical scavenging capacity. The findings indicate that *L. stoechas* possesses notable antioxidant properties, and phenolic compounds are the primary contributors to this activity. These results underscore the potential of *L. stoechas* as a valuable natural source of antioxidants with possible therapeutic applications.

4. Conclusion

Many researchers have reported that essential oils (EO) derived from various plant sources possess a wide range of beneficial properties, particularly antimicrobial, antioxidant, anti-inflammatory, and even anticancerous effects. These pharmacological activities are largely attributed to the chemical compounds found in the

essential oils, which can vary depending on the plant species, extraction methods, drying techniques, drying durations, and the environmental conditions under which the plant material is cultivated.

Lavandula species have long been used in traditional medicine to treat a variety of ailments in different forms. Despite numerous studies on the chemical composition of *L. stoechas*, the majority of these investigations have focused on the essential oil components of the plant. In this study, the total phenolic content of *L. stoechas* flowers, roots, and leaves was determined, with a focus on exploring its antioxidant potential. While the biosynthesis of secondary metabolites in medicinal and aromatic plants is genetically controlled, it is also strongly influenced by environmental factors. Consequently, this study highlights the high total phenolic content and significant antioxidant potential of the essential oils derived from *L. stoechas* samples grown in the Muğla region.

References

- Abdel-Baki A-AS, Aboelhadid SM, Al-Quraishy S, Hassan AO, Daferera D, Sokmen A, Kamel AA (2023). Cytotoxic, scolicidal, and insecticidal activities of *Lavandula stoechas* essential oil. *Separations*, 10:100.
- Ayaz F, Eruygur N, Bosdancı G, Kırıcı D, Doğru T, Bağcı Y, Doğu S (2020). *Lavandula stoechas* ssp. *stoechas*: in vitro antioxidant, and enzyme inhibitory activities. *Res Med Aromat Plants*, 3:25-42.
- Bella SL, Tuttolomondo T, Dugo G, Ruberto G, Leto C, Napoli EM, Licata M (2015). Composition and variability of the essential oil of the flowers of *Lavandula stoechas* from various geographical sources. *Natural Product Communications*, 10 (11):2001-2004.
- Benabdelkader T, Zitouni A, Guitton Y, Jullien F, Maitre D, Casabianca H, Legendre L, Kameli A (2011). Essential oils from wild populations of Algerian *Lavandula stoechas* L.: composition, chemical variability, and in vitro biological properties. *Chem Biodivers*, 8(5):937-53.
- Bouyahya A, Et-Touys A, Abrini J, Talbaoui A, Fellah H, Bakri Y, Dakka N. (2017). *Lavandula*, anti-leishmanial, antibakteriyel ve antioksidan aktivitelerin yeni kaynağı olarak Fas'tan gelen esansiyel yağı *stoechas*. *Biocatal Tarımsal Biyoteknoloji*. 12:179-184.
- Carrasco A, Ortiz-Ruiz V, Martinez-Gutierrez R, Tomas V, Tudela J (2015). *Lavandula stoechas* essential oil from Spain: Aromatic profile determined by gas chromatography-mass spectrometry, antioxidant and lipoxygenase inhibitory bioactivities. *Industrial Crops and Products*, 73:16-27.
- Celep E, Akyüz S, İnönü Y, Yesilada E (2018). Assessment of potential bioavailability of major phenolic compounds in *Lavandula stoechas* L. ssp. *stoechas*. *Industrial Crops and Products*, 118:111-117.
- Ceylan Y, Usta K, Usta A, Maltas E, Yildiz S (2015). Evaluation of antioxidant activity, phytochemicals and ESR analysis of *Lavandula stoechas*. *Acta Physica Polonica A*, 128(2B).
- Çelik T, Aslantürk Ö (2007). Cytotoxic and genotoxic effects of *Lavandula stoechas* aqueous extracts. *Biologia*, 62(3):292-296.
- Dadaloğlu I, Evrendilek GA (2004). Türk kekiği (*Origanum minutiflorum*), defne (*Laurus nobilis*), İspanyol lavanta (*Lavandula stoechas* L.) ve rezene (*Foeniculum vulgare*) uçucu yağlarının yaygın gıda kaynaklı patojenler üzerindeki kimyasal bileşimleri ve antibakteriyel etkileri. *Tarım ve Gıda Kimyası Dergisi*, 52 (26):8255-8260.
- Ez zoubi Y, Bousta D, Lachkar M, Farah A (2014). Antioxidant and anti-inflammatory properties of ethanolic extract of *Lavandula stoechas* L. from Taounate region in Morocco. *International Journal of Phytopharmacology*, 5(1):21-26.

- Ez zoubi Y, El Ouali Lalami A, Bousta D, Polissiou M, Daferera D, Lachkar M, El Khanchoufi A, Farah A. (2017). Chemical composition, antioxidant and antimicrobial activities of the essential oil and its fractions of *Lavandula stoechas* L. from Morocco. *Int J Curr Pharm Rev Res.* 8(1): 60-67.
- Ez zoubi Y, Bousta D, Farah A (2020). A Phytopharmacological review of a Mediterranean plant: *Lavandula stoechas* L. *Clinical Phytoscience*, 6:1-9.
- Gülmen M (2018). Tip 1 diyabet oluşturulmuş sıçanlarda *Lavandula stoechas* Linne subsp. *stoechas* (karabaş otu) esansiyel yağının oksidan ve antioksidan sistemler üzerine etkisi. Yüksek Lisans Tezi, Uludağ Üniversitesi.
- Güner Ö, Selvi S (2016). Balıkesir aktarlarında satılan yabancı tıbbi bitkiler ve Kullanım özellikleri. *Biological Diversity and Conservation*, 9(2):96-101.
- Kalhan Ö (2019). İn vitro pankreatik ductal adenokarsinomda lavandula stoechas esansiyel yağının sitotoksik etkilerinin araştırılması. Yüksek Lisans Tezi, Hatay Mustafa Kemal Üniversitesi.
- Karaca N, Demirci B, Demirci F (2018). Evaluation of *Lavandula stoechas* L. subsp. *stoechas* L., *Mentha spicata* L. subsp. *spicata* L. essential oils and their main components against sinusitis pathogens. *Zeitschrift für Naturforschung C*, 73(9-10):353-360.
- Kaya DA, İnan M, Giray ES, Kirici S (2012). Diurnal, ontogenetic and morphogenetic variability of *Lavandula stoechas* L. ssp. *stoechas* in East Mediterranean region. *Rev. Chim*, 63(8):749-753.
- Kırmızıbekmez H, Demirci B, Yeşilada E, Başer KHC, Demirci F (2009). Chemical composition and antimicrobial activity of the essential oils of *Lavandula stoechas* L. ssp. *stoechas* growing wild in Turkey. *Natural Product Communications*, 4(7):1001-6.
- Kiyma Z, Küçükyılmaz K, Çetinkaya M, Ateş A, Atalay H, Akdağ A, Gürsel FE (2017). Effect of lavender (*Lavandula Stoechas*) essential oil on growth performance, carcass characteristics, meat quality and antioxidant status of broilers. *South African Journal of Animal Science*, 47(2):178-186.
- Küçük S, Altıntaş A, Demirci B, Koca F, Başer KHC (2019). Morphological, anatomical and phytochemical characterizations of *Lavandula stoechas* L. subsp. *stoechas* growing in Turkey. *Natural Volatiles and Essential Oils*, 6(2): 9-19.
- Küçük S, Çetintaş E, Kürkçüoğlu M (2018). Türkiye'de kültüre alınan *Lavandula angustifolia* Mill.(*Lamiaceae*) türlerinin uçucu bileşikleri. *Türk Kimya Derneği Dergisi Bölüm A: Kimya*, 5 (3):1303-1308.
- Messaoud C, Chograni H, Boussaid M (2011). Chemical composition and antioxidant activities of essential oils and methanol extracts of three wild *Lavandula* L. species. *Natural Product Research*, 26(21):1976-1984.
- Mokhtarzadeh S, Demirci B, Ağalar H, Khawar K, Kırimer N. (2019). In vitro propagation and volatile compound characterization of *Lavandula stoechas* L. subsp. *stoechas*-An economically important source of essential oil. *Records of Natural Products*, 13 (2):121-128.
- Ökmen G (2017). The biological activities of *Lavandula stoechas* L. against food pathogens. *International Journal of Secondary Metabolite*, 4(3, Special Issue 1):270-279.
- Öztürk B, Konyalıoğlu S, Kantarcı G, Çetinkol D (2005). İzmir yöresindeki yabancı *Lavandula Stoechas* L. Subsp. *Stoechas* taksonundan elde edilen uçucu yağın bileşimi, antibakteriyel, antifungal ve antioksidan kapasitesi. *Anadolu Ege Tarımsal Araştırma Enstitüsü Dergisi*, 15(1):61-72.
- Sıcak Y, Eliuz EAE, Başaran E, Ulusoy H (2019, December). Inhibition and antimicrobial activity of *Lavandula stoechas* essential oil on *Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus* and *Candida albicans*. In SETSCI-Conference Proceedings, 9:485-489. SETSCI-Conference Proceedings.
- Şahinler ŞŞ, Yılmaz BS, Sankürkcü C, Tepe B (2022). The importance of *Lavandula stoechas* L. in pharmacognosy and phytotherapy. *International Journal of Secondary Metabolite*, 9(3):360-376.
- Uygun M, Kilimci N, Kaya SK, Yavaş İ (2017). Investigation of some chemical and biochemical properties of locally grown *Lavandula stoechas cariensis*. *Celal Bayar University Journal of Science*, 13(1):63-69.

Toros sediri, Anadolu karaçamı ve Boylu ardıç ağaçlandırmalarında büyüme performansı

Yunus Eser^{a,*} 

Özet: Bu çalışmada, 2009 yılında tesis edilen 15 yaşlı karışık Toros sediri (*Cedrus libani* A. Rich.), Anadolu karaçamı [*Pinus nigra* Arnold. subsp. *pallasiana* (Lamb.) Holmboe] ve Boylu ardıç (*Juniperus excelsa* Bieb.) ağaçlandırma sahasında türler, ağaç boyu ve dip çap bakımından karşılaştırılmıştır. Her biri 500 m² (50 x 10 m) büyüklüğündeki iki örnek alanda gerçekleştirilen çalışma sonuçlarıyla türün ağaçlandırma ve diğer ormancılık uygulamalarına katkı sağlanması amaçlanmıştır. Çalışma sonucunda ortalama ağaç boyu ve dip çap değerleri Anadolu karaçamı (3.7 m, 15.6 cm), Toros sediri (3.6 m, 9.5 cm) ve Boylu ardıç (1.7 m, 8.7 cm) şeklinde sıralanırken, tür içi bireyler arası geniş farklılıklar bulunmuştur. Uygulanan varyans analizi sonucunda boy ve dip çap bakımından türler arası anlamlı ($p < 0.05$) farklılıklar ortaya çıkmıştır. Örnek alanlar dip çap bakımından benzerlik ($p > 0.05$) gösterirken, ağaç boyu bakımından farklılık ($p < 0.05$) göstermiştir. Korelasyon analizi sonuçlarına göre, türlerin tamamında ağaç boyu ile dip çap arasında istatistiksel bakımdan anlamlı ($p < 0.05$) pozitif ilişkiler ortaya çıkmıştır.

Anahtar kelimeler: Boy, Büyüme, Çap, Plantasyon

Growth performance in afforestations of Taurus cedar, Anatolian black pine and Crimean juniper

Abstract: This study was carried out in 15-years mix afforestations of Taurus cedar (*Cedrus libani* A. Rich.), Anatolian black pine [*Pinus nigra* Arnold. subsp. *pallasiana* (Lamb.) Holmboe] and Crimean juniper (*Juniperus excelsa* Bieb.) to compare the species for tree height and diameter at base. Two areas were sampled each 500 m² (50 x 10 m) to contribute afforestation and other forestry practices. Averages of tree height and diameter at base were ordered as Anatolian black pine (3.7 m and 15.6 cm), Taurus cedar (3.6 m and 9.5 cm) and Crimean juniper (1.7 m and 8.7 cm), while large variations among trees within species. Results of analysis of variance showed significant ($p < 0.05$) differences among species. Sampled areas were similar ($p > 0.05$) for diameter at base opposite to tree height ($p < 0.05$) according to results of analysis of variance. There were positive and significant ($p < 0.05$) relations between tree height and diameter at base based on results of correlation analysis in all species.

Keywords: Height, Growth, Diameter, Plantation

1. Giriş

Toros sediri (*Cedrus libani* A. Rich.), Anadolu karaçamı [*Pinus nigra* Arnold. subsp. *pallasiana* (Lamb.) Holmboe] ve Boylu ardıç (*Juniperus excelsa* Bieb.) gerek doğal yayılış alanı ve gerekse ağaçlandırma uygulamalarında, Isparta Orman Bölge Müdürlüğü ve Türkiye ormancılığının önemli asli orman ağacı türlerindendir (Çetin 2017; OGM 2024). Güncel ormancılık verilerine göre 23.3 milyon hektar büyüklüğündeki ülkemiz ormanlarının 9.6 milyon hektarı (%41) verimsiz orman, yani ağaçlandırmaya konu sahalardandır (OGM 2024). Bu orman varlığı içerisinde Anadolu Karaçamı %32'si verimsiz olmak üzere 4.1 milyon hektar; Toros Sediri %20'si verimsiz olmak üzere 0.5 milyon ha; geniş bir taksona sahip Ardıç türleri ise %75'i verimsiz olmak üzere 1.6 milyon hektar alanda doğal yayılış göstermektedir (Tablo 1, OGM 2024). Görüldüğü üzere bu taksonlar ülkemiz orman varlığının yaklaşık olarak %27'sini kaplamaktadır ve ülkemiz ormanlarının genelinde olduğu gibi bu taksonların da %41'i verimsiz orman vasfında olup ağaçlandırılmaya konu alanlardandır (Tablo 1).

Karaçam'ın beş alt türünden biri olan Anadolu Karaçamı (Yaltırık 1988; Anşin ve Özkan 2006), 30-35 m boylanabilen bir orman ağacıdır. Bu takson ülkemizde; Trakya, Ege, Marmara, İç ve Doğu Anadolu'da, Karadeniz de ise yeşil ırmağın batısında doğal yayılış göstermektedir (Yaltırık 1988; Anşin ve Özkan 2006). Toros Sediri, 40 metre boy ve 2 metre çap yapabilen, Lübnan ve Suriye'deki kalıntı meşcereler dışında esas yayılışını ülkemizin Toros dağlarında yapmakta olup, bu doğal yayılışına ek olarak yaklaşık 50 km uzakta Afyon-Sultandağı ve 250 km uzakta Erbaa-Niksar yöresinde de lokal yayılış alanları bulunmaktadır (Evcimen 1963; Boydak ve Çalıkoğlu 2008). Gerek Anadolu karaçamı ve gerekse Toros sediri "Türkiye Milli Ağaç Islahı Programı"nın öncelikli ağaç türlerindendir (Koski ve Antola 1993). Ülkemizdeki geniş ardıç taksonları içerisinde %82'lik doğal yayılışı ile Boylu ardıç en yüksek paya sahiptir (OGM 2014). Boylu ardıç, Trakya Bölgesi hariç ülkemizin neredeyse tamamında görülür ve genelde Karadeniz ardı ormanlarda, Marmara Bölgesi, Ege dağları, Toroslar ve İç Anadolu'da yayılış gösterir (Atalay 2002; Gültekin ve Gültekin 2006). Türkiye'de çoğunlukla

^a Atabey Meslek Yüksekokulu, Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, 32670, Isparta

* Corresponding: yunuseser@isparta.edu.tr

Received: 19.06.2025, Accepted: 23.07.2025

1000-2000 m yükselti aralarında bulunurken, en önemli ormanlarını Akdeniz iklim kuşağında 1000-1300 metreler arasında ve buralarda geniş alanlar kaplayan saf meşcereler şeklinde oluşturur (Gültekin 2007). Boylu ardıç, 15-20 m, yöre ve yetiştirme ortamına göre ise 35 metre boy ve bir metre gövde çapına ulaşabilen önemli orman ağacı türlerimizden biridir (OGM 2014).

Gerek Anadolu karaçamı, Toros sediri ve Boylu ardıçın ülkemizde geniş alanlarda yayılış göstermesi ve gerekse de bu taksonların, sosyo-kültürel, ekonomik ve ekolojik önemi bağlamında, önümüzdeki dönemlerde ağaçlandırma uygulamalarındaki kullanımının daha da artacağı düşünülmektedir. Bu çalışmada, yukarıda bahsi geçen taksonların 15 yaşlı karışık ağaçlandırma sahasında, türlerin ağaç boyu ve dip çap bakımından karşılaştırılarak verimsiz ormanların ıslahı bağlamında, ağaçlandırma ve diğer ormancılık uygulamalarına katkı sağlanması amaçlanmıştır.

2. Materyal ve yöntem

Çalışmada; Toros sediri (**S**), Anadolu karaçamı (**Çk**) ve Boylu ardıç (**Ar**) türleri ile karışık olarak 2009 yılında 3x2 metre aralık-mesafe ile Isparta yöresi Aliköy mevkiinde tesis edilen ağaçlandırma sahasından, 500 m² (50 x 10 m) büyüklüğünde ve Güneybatı bakırlı, %5 eğimli iki alan (**A1**: 37°50'24" kuzey enlemi, 30°38'36" doğu boyları ve 1142 m yükselti; **A2**: 37°50'31" kuzey enlemi, 30°38'40" doğu boyları ve 1144 m yükselti) örneklenmiştir (Şekil

1). Örnek alanlar içerisindeki bireylerde 2024 yılı büyüme dönemi sonunda, ağaç boyu (**B**) ve dip çap (**D₀**) ölçümleri gerçekleştirilmiştir.

Elde edilen boy ve dip çap değerleri SPSS paket programında (SPSS 2011) değerlendirilerek, türler ve örnek alanlar aşağıdaki doğrusal varyans analiz modeli yardımıyla karşılaştırılmıştır.

$$Y_{ij} = \mu + C_i + e_{ij} \quad (1)$$

Burada, Y_{ij} , i . örnek alandaki j . bireye ait değeri; μ , genel ortalama değeri, e_{ij} ise hatayı göstermektedir.

Özellikler arası fenotipik ilişkiler aşağıdaki korelasyon analizi yardımıyla tahmin edilmiştir (Sokal ve Rohlf 1995).

$$r_p = \frac{\sum xy}{\sqrt{\sum x^2 \sum y^2}} \quad (2)$$

Formülde; r_p : fenotipik korelasyon katsayısını,

$\sum xy$: x ve y karakterlerinin çarpınlar toplamını,

$\sum x^2$, $\sum y^2$: karakterlerin fenotipik varyansını göstermektedir.

Tablo 1. Çalışmaya konu türler ve Türkiye'nin orman varlığı (milyon ha)

Türler	Verimli (ha)	Verimsiz (ha)	Toplam (ha)
<i>Pinus nigra</i>	2.8 (68.3)	1.3 (%31.7)	4.1
<i>Cedrus libani</i>	0.4 (%80.0)	0.1 (%20.0)	0.5
<i>Juniperus</i> sp.	0.4 (%25.0)	1.2 (%75.0)	1.6
Türkiye	13.7 (%58.8)	9.6 (%41.2)	23.3



Şekil 1. Örnek alanlardan görünüm

3. Bulgular ve tartışma

Çalışmada Anadolu karaçamından 55 birey (A1:32 + A2:23), Toros sedirinden 61 birey (26+ 35) ve Boylu ardıçtan 53 (27+26) birey olmak üzere, A1 örnek alanından toplamda 85, A2 örnek alanından ise toplamda 84 bireyde ölçümler gerçekleştirilmiştir. Ortalama ağaç boyu ve dip çap değerleri, Anadolu karaçamında diğer türlere oranla daha yüksek bulunmuştur. Türler bu özellikler bakımından, Anadolu karaçamı (3.7 m, 15.6 cm), Toros sediri (3.6 m, 9.5 cm) ve Boylu ardıç (1.7 m, 8.7 cm) şeklinde sıralanmıştır (Tablo 2, Şekil 2). Varyasyon katsayısı bağlamında özelliklere göre varyasyon, tür ve örnek alana göre değişim göstermiştir (Tablo 2). Türler A1 alanında boy değeri için yüksek bir varyasyon gösterirken, A2 alanında bunun tersi bir durum ortaya çıkmıştır (Tablo 2). Tür içi bireyler arası geniş farklılıklar bulunmuştur. Örneğin, A1 örnek alanında ölçülen Anadolu karaçamı bireylerinde dip çap 8.0 cm-20.0 cm, A2 örnek alanında 9.4 cm-19.3 cm arasında

değişim gösterirken, aynı türde bu değerler ağaç boyu için, 1.7 m-4.0 m ve 2.0 m-4.5 m arasında değişim göstermiştir. Bu farklılıklar, diğer türler için de ortaya çıkmıştır. Bu varyasyonlar türlerde seleksiyonun önemini vurgulamaktadır.

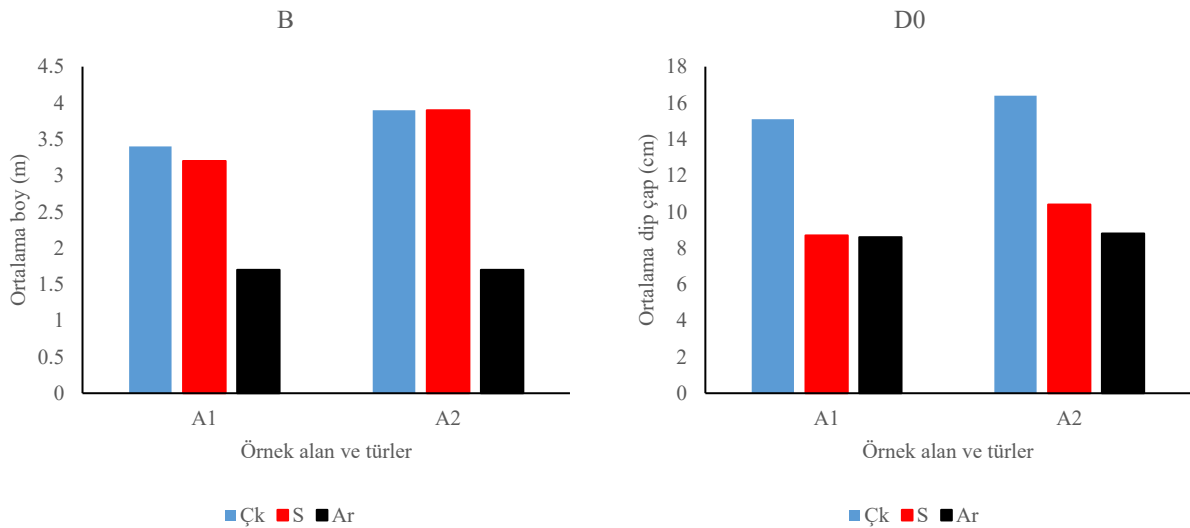
Varyans analizi sonuçlarına göre, boy ve dip çap bakımından türler arası anlamlı ($p<0.05$) farklılıklar ortaya çıkmıştır (Tablo 3). Bu farklılık sonrası uygulanan Duncan testi sonucunda, dip çap bakımından türler farklı gruplar oluştururken, ağaç boyu bakımından Anadolu karaçamı diğer türlere göre belirgin bir şekilde farklılık göstermiştir (Tablo 2).

Uygulanan varyans analizi sonucunda, örnek alanlar dip çap bakımından benzerlik ($p>0.05$) gösterirken, ağaç boyu bakımından farklılık ($p<0.05$) göstermiştir (Tablo 4). Bu farklılıklar, tür ve özelliklere göre ise değişim göstermiştir. Örnek alanlar, Toros sedirinde her iki özellik ve Anadolu karaçamında boy bakımından anlamlı ($p<0.05$) farklılık gösterirken, diğer tür ve özellikte benzerlik ($p>0.05$) göstermiştir.

Tablo 2. Tür ve örnek alanlara göre ortalama ($\bar{x}$) ve varyasyon katsayısı (%CV) değerleri

Türler	A1*				A2				Genel			
	B (m)		D ₀ (cm)		B (m)		D ₀ (cm)		B (m)		D ₀ (cm)	
	$\bar{x}$	CV	$\bar{x}$	CV	$\bar{x}$	CV	$\bar{x}$	CV	$\bar{x}$	CV	$\bar{x}$	CV
Çk	3.4 ^a	15.0	15.1	14.0	3.9 ^b	12.9	16.4	18.4	3.7 ^b	16.0	15.6 ^c	16.7
S	3.2 ^a	21.5	8.7 ^a	11.7	3.9 ^b	16.7	10.4 ^b	17.3	3.6 ^b	21.0	9.5 ^b	17.0
Ar	1.7	20.3	8.6	19.8	1.7	11.3	8.8	16.7	1.7 ^a	15.9	8.7 ^a	18.4
Genel	2.8 ^a	33.6	11.0 ^a	34.5	3.4 ^b	34.1	11.4 ^a	33.0	3.01	34.9	11.3	32.3

*; Aynı harfler türler arası ve örnek alanlar arası benzerliği göstermektedir.



Şekil 2. Tür ve örnek alanlara göre ortalama ağaç boyu ve dip çap değerleri

Tablo 3. Türlerin ağaç boyu ve dip çap bakımından karşılaştırılması

Özellik	Varyans kaynağı	Serbestlik derecesi	Kareler ortalaması	F Oranı	Önem düzeyi (p)
Ağaç boyu	Gruplar arası	2	668479.449	207.917	.000
	Grup içi	166	3215.126		
	Toplam	168			
Dip çap	Gruplar arası	2	81526.554	216.647	.000
	Grup içi	166	376.311		
	Toplam	168			

Tablo 4. Örnek alanların ağaç boyu ve dip çap bakımından karşılaştırılması

Özellik	Varyans kaynağı	Serbestlik derecesi	Kareler ortalaması	F Oranı	Önem düzeyi (p)
Ağaç boyu	Gruplar arası	1	665.114	.494	.483
	Grup içi	167	1346.441		
	Toplam	168			
Dip çap	Gruplar arası	1	99298.744	9.362	.003
	Grup içi	167	10607.012		
	Toplam	168			

Benzer farklılıklara diğer çalışmalarda da ulaşılmıştır (Bilir 2004; Akçakaya 2011; Özel 2018; Yazıcı 2018). Ancak tür ve alanlar arası ve tür içi farklılığa birçok çevresel ve biyotik faktörler etkili olabilmektedir (Gülsoy vd. 2014; Yazıcı ve Turan 2016; Özel 2018; Yazıcı 2018; Bilir 2021; Yazıcı vd. 2022; Özbey 2023). Örneğin, ağaçlandırmalarda mekanizasyon, alanların ekim ve dikime hazırlanması, ekim ve dikim yoluyla orman yetiştirme, ağaçlandırma alanlarında bakım ve koruma ile özel nitelikli ağaçlandırmalara vurgu yapılmıştır. Dolayısıyla ağaçlandırma yöntemi, arazi hazırlığı gibi birçok faktör ağaçlandırma sahası ve türlerin başarısında rol oynayabilmektedir (Gezer ve Yücedağ 2006).

Ağaç boyu ve dip çap arasındaki ilişkileri belirlemek amacıyla uygulanan korelasyon analizi sonucunda, Anadolu karaçamı ($r=0.678$, $R^2=0.46$), Toros sediri ($r=0.713$, $R^2=0.51$) ve Boylu ardıçta ($r=0.627$, $R^2=0.40$) bu özellikler arasında pozitif ve anlamlı ($p<0.05$) ilişkiler belirlenmiştir. Anadolu karaçamı ve Toros sedirinde görülen anlamlı ($p<0.05$) ilişkiler daha önceki çalışmalar (Bilir 2004; Akçakaya 2011; Özel 2018; Yazıcı 2018; Bilir 2021; Yazıcı vd. 2022; Özbey 2023) ile birlikte Boylu ardıç fidanlarında yapılan çalışmada da (Eser 2021) ortaya çıkmıştır. Bu çalışmada elde edilen yüksek R^2 değerleri bu sonuçların ileriki çalışmalarda da kullanılabileceğini göstermektedir.

4. Öneriler

Çalışma sonuçları ağaçlandırma faaliyetlerinde tür seçiminin önemini vurgulamıştır. Ancak, türlerin farklı ekolojik koşullardaki geniş yayılım alanlarına rağmen sınırlı bir alanda gerçekleştirilen bu araştırma sonuçları, ön sonuçlar olarak kabul edilebilir. Bu nedenle, çalışma sonuçları sınırlı ve benzer nitelikteki alanlarda kullanılabilir. Türler sadece ağaç boyu ve dip çap özellikleri ile değerlendirilmiştir. Yaşama yüzdesi gibi yeni özellikler ilave edilerek, farklı yörelerde yeni çalışmalar gerçekleştirilmelidir.

Kaynaklar

- Akçakaya M (2011). On Populasyonlu Anadolu Karaçamı (*Pinus nigra* Arnold. subsp. *pallasiana* (Lamb) Holmboe) Ağaçlandırma Denemesinde Genetik Çeşitlilik (9 Yıllık Sonuçlar). Yüksek Lisans Tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Anşın R, Özkan ZC (2006). Tohumlu Bitkiler (Spermatophyta) - Odunsu Taksonlar. Karadeniz Teknik Üniversitesi Orman Fakültesi Yayınları.
- Atalay İ (2002). Türkiye'nin Ekolojik Bölgeleri. Orman Bakanlığı Yayınları, Ankara.
- Bilir N (2004). Toros Sediri'nde (*Cedrus libani* A. Rich.) boy, çap ve hacim için yaşlar arası fenotipik ilişkiler. Süleyman Demirel Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi, A(1):12-18.
- Bilir N (2021). Growth performances in the planting and seeding areas of Taurus cedar (*Cedrus libani* A. Rich.). Agriculture and Forestry, 67(4):81-88.
- Boydak M, Çalıkoğlu M (2008). Toros Sedirinin (*Cedrus libani* A. Rich.) Biyolojisi ve Silvikültürü. Orman Genel Müdürlüğü Yayınları.
- Çetin R (2017). Isparta'da Son On Yılda Yapılan Ağaçlandırma Çalışmalarının Değerlendirilmesi. Yüksek Lisans Tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Eser Y (2021). Morphological characteristics of containerized and bare-root seedlings in *Juniperus excelsa* and *J. foetidissima*. Fresenius Environmental Bulletin, 30:8351-8355.
- Evcimen BS (1963). Türkiye Sedir Ormanlarının Ekonomik Önemi, Hasılat ve Amenajman Esasları. Orman Genel Müdürlüğü Yayınları.
- Gezer A, Yücedağ C (2006). Ormancılıkta Ekim ve Dikim Yoluyla Ağaçlandırma Tekniği. Süleyman Demirel Üniversitesi Orman Fakültesi Yayınları.
- Gülsoy S, Süel H, Çelik H, Özdemir S, Özkan K (2014). Modelling site productivity of Anatolian black pine stands in response to site factors in Buldan District, Turkey. Pakistan Journal of Botany, 46(1):213-220.
- Gültekin HC (2007). Türkiye Ardıç (*Juniperus* L.) Türlerinin Ekolojisi ve Silvikültür Teknikleri. Orman Mühendisleri Odası Yayınları, Ankara.
- Gültekin HC, Gültekin UG (2006). Bazı Türkiye ardıç türlerinin doğal yayılışları, biyolojisi ve ekolojisi. Batı Akdeniz Ormancılık Araştırma Enstitüsü Dergisi, 7(1):39-66.
- Koski V, Antola J (1993). National Tree Breeding and Seed Production Programme for Turkey 1994-2003. The Research Directorate of Forest Tree Seeds and Tree Breeding.
- OGM (2014). Ardıç Ormanlarının Rehabilitasyonu Eylem Planı. Orman ve Su İşleri Bakanlığı, Orman Genel Müdürlüğü Yayınları, Ankara.
- OGM (2024). Ormancılık İstatistikleri-2023, Orman Genel Müdürlüğü web sitesi (www.ogm.gov.tr).
- Özbey Y (2023). Bazı Orman Ağacı Türlerinin Ağaçlandırma Sahalarında Büyüme Performansı. Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü
- Özel S (2018). Isparta-Yalvaç Yöresi Ağaçlandırma Çalışmalarının Silvikültürel Değerlendirilmesi. Yüksek Lisans Tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Sokal RR, Rohlf FJ (1995). Biometry (3rd Edition). WH Freeman and Company.
- SPSS (2011). IBM SPSS Statistics for Windows, Version 20.0., NY: IBM Corp.
- Yaltırık F (1988). Dendroloji I (Gymnospermae) Açık Tohumlular. İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Yayınları.
- Yazıcı N (2018). Effect of species and environmental factors on growth performances in afforestation of *Cedrus libani* and *Pinus brutia*. Fresenius Environmental Bulletin, 27(10): 6913-6917.
- Yazıcı N, Turan A (2016). Effect of forestry afforestation on some soil properties: A case study from Turkey. Fresenius Environmental Bulletin, 25(7):2509-2513.
- Yazıcı N, Babalık AA, Bilir N (2022). Toros sediri (*Cedrus libani* A. Rich.) ağaçlandırmalarında büyümeye eğimin etkisi: Dinar örneği. Anadolu Orman Araştırmaları Dergisi, 8:1-5.

Growth and fruit characteristics in *Rosa canina* L.

Ebru Hatice Tıǧlı Kaytanhoǧlu^{a,*} , Ashı Kiraz^a 

Abstract: This study was conducted to determine the morphological and pomological variation within natural populations of *Rosa canina* L. in the Sarıveliler district of Karaman Province, Turkey. A total of 150 randomly selected individuals were evaluated for plant height (PH), crown diameter (CD), fruit length (FL), fruit width (FWi), and fruit weight (FWe). The collected data were analyzed using analysis of variance and phenotypic correlation analysis. The results revealed significant differences both among plants and within individuals in terms of fruit characteristics. Plant height (207.41 cm) and crown diameter (130.62 cm) exhibited high coefficients of variation (39.6% and 42.6%, respectively), while fruit weight showed 26.7% variation. Strong positive correlations were observed between flower length and fruit width ($r = 0.750$) as well as fruit weight ($r = 0.878$). In addition, significant correlations were identified between plant height and flower length ($r = 0.375$), and between plant height and fruit weight ($r = 0.256$). These findings demonstrate strong relationships between morphological and pomological traits in *R. canina*, and indicate substantial phenotypic diversity within natural populations. The results provide important insights for the conservation of the species as a genetic resource and its potential use in agricultural applications.

Keywords: *Rosa canina*, Morphological variation, Phenotypic correlation, Fruit quality, Sarıveliler (Karaman)

Rosa canina L.'de büyüme ve meyve özellikleri

Özet: Bu çalışma, *Rosa canina* L. türünün doğal popülasyonlarında görülen morfolojik ve pomolojik varyasyonları belirlemek amacıyla, Karaman ili Sarıveliler ilçesinde yürütülmüştür. Araştırmada, rastgele seçilen 150 bireyde bitki boyu (BB), taç çapı (TÇ), meyve uzunluğu (MU), meyve genişliği (MG) ve meyve ağırlığı (MA) gibi karakterler ölçülmüştür. Elde edilen veriler varyans analizi ve fenotipik korelasyon analizleriyle değerlendirilmiştir. Sonuçlar, hem bitkiler arası hem de birey içi meyve özelliklerinde anlamlı düzeyde farklılıklar olduğunu göstermiştir. Bitki boyu (207.41 cm) ve taç çapı (130.62 cm) yüksek varyasyon katsayıları (%39.6 ve %42.6) ile dikkat çekerken; meyve ağırlığında %26.7 oranında varyasyon belirlenmiştir. Çiçek uzunluğu ile meyve genişliği ($r = 0.750$) ve meyve ağırlığı ($r = 0.878$) arasında yüksek düzeyde pozitif korelasyonlar tespit edilmiştir. Ayrıca, bitki boyu ile çiçek uzunluğu ($r = 0.375$) ve meyve ağırlığı ($r = 0.256$) arasında da anlamlı ilişkiler bulunmuştur. Bulgular, *R. canina* türünün morfolojik ve pomolojik özellikleri arasında güçlü ilişkiler bulunduğunu ve doğal popülasyonlarda önemli düzeyde fenotipik çeşitlilik sergilediğini ortaya koymaktadır. Bu sonuçlar, türün genetik kaynak olarak korunması ve tarımsal potansiyelinin değerlendirilmesi açısından önem arz etmektedir.

Anahtar kelimeler: *Rosa canina*, Morfolojik varyasyon, Fenotipik korelasyon, Meyve kalitesi, Sarıveliler (Karaman)

1. Introduction

Rosa canina L., commonly known as dog rose, is a perennial shrub species belonging to the Rosaceae family. It is widely distributed across diverse habitats with broad ecological tolerance, particularly in Europe, Western Asia, and North Africa (Rehder 1940; Wissemann 2003). In Türkiye, *R. canina* holds a significant place in the native flora and is commonly found in many regions, especially in rural areas (Davis 1972). Among the species of the genus *Rosa*, *R. canina* is notable for its bioactive compounds, which are valuable to the pharmaceutical and food industries, attracting attention both economically and ecologically (Ercişli 2007).

The fruits of the plant, commonly known as “kuşburnu” (rose hips), are regarded as functional foods due to their high content of ascorbic acid (vitamin C), phenolic compounds, and antioxidant capacity (Chrubasik et al. 2008). Recent studies have highlighted both the nutritional and pharmacological importance of *R. canina* fruits. Its scientifically validated anti-inflammatory, antioxidant,

and antimicrobial properties (Nazaruk and Borzym-Kluczyk 2015) have stimulated increased research interest in fruit yield and quality. In terms of fruit morphology and composition, rose hips are distinguished by their high levels of ascorbic acid, phenolic compounds, and carotenoids. These constituents confer significant functional benefits for human health and underscore the need for phytochemical studies of the species (Ercişli 2007; Demir and Özcan 2001).

In Turkey, where *R. canina* is commonly known as “kuşburnu,” the plant has long been utilised in traditional medicine owing to its antioxidant, anti-inflammatory, and immune-supportive properties (Orhan et al. 2007; Chrubasik et al. 2008). The fruits, in particular, are rich in vitamin C and are traditionally consumed as tea or marmalade for the treatment of colds, gastrointestinal ailments, and urinary tract infections (Yeşilada et al. 1995).

Ethnobotanical studies conducted in various regions of Turkey indicate that *R. canina* is not only valued for medicinal purposes but also used in nutrition, dye

^a Orman Mühendisliği Bölümü, Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Isparta

* Corresponding: ebrukaytanlioglu@isparta.edu.tr
Received: 20.6.2025, Accepted: 29.07.2025

production, and cultural practices. This diversity highlights the multifunctional importance of the plant among local communities and demonstrates the need to document it as part of biocultural heritage. Naturally growing in almost every region of Turkey, this shrubby species has become a focal point of scientific research due to its ecological flexibility and high biological value (Orhan et al. 2007; Güner et al. 2012).

R. canina is recognized as a resilient species with high drought tolerance and the ability to adapt to varying altitudes and climatic conditions. The growth dynamics of this species particularly in terms of shrub development, shoot elongation, and fruit formation can show significant variations, which are attributed to genetic diversity and environmental interactions (Demir and Özcan 2001).

Morphological characteristics such as fruit size, color development, seed ratio, and flesh thickness vary depending on ecological conditions, the characteristics of the habitat, and genetic differences among populations. Moreover, fruit morphology and biochemical composition are significantly influenced by both environmental and genetic factors (Baytop 1999). In this context, detailed morphological and phenological observations on *R. canina* are crucial for determining its agricultural production potential and planning for its sustainable utilization.

The objectives of this study are to evaluate the morphological growth characteristics and fruit quality parameters of *R. canina* in Türkiye. By analyzing the relationship between growth performance and fruit traits in individuals collected from natural populations, this research aims to provide a foundation for both the conservation of the species as a genetic resource and its potential economic exploitation.

2. Materials and methods

2.1. Study area and data collection

The plant samples used in this study were collected from the Sarıveliler district, located in the southern part of Karaman Province within the Central Anatolia Region of Türkiye (Figure 1). Sarıveliler lies on the southern slopes of the Central Taurus Mountains, specifically on the Taşeli Plateau. It is bordered by the Taşkent district to the north, Başyayla to the northeast, Ermenek to the east, Gazipaşa to the south, and Alanya to the southwest (Bağcı et al. 2016).

Plant height (PH) and canopy diameter (CD) were measured on 150 randomly selected individuals within the species' natural distribution area. From each individual, 100 harvested fruits were used to collect data on fruit length (FL), fruit width (FW), and fruit weight (FWt).

2.2. Data analysis

The plants were compared for fruit characteristics by following linear model of analysis of variance to at SPSS (SPSS 2011).

$$Y_{ij} = \mu + P_j + e_{ij} \quad (1)$$

Where Y_{ij} is the observation from the j^{th} fruit of the i^{th} plant, μ is overall mean, P_j is the random effect of the i^{th} plant, and e_{ij} is random error.

Phenotypic correlations (r_p) among the characteristics were estimated as (Falconer 1989):

$$r_p = \frac{COV_{f(x,y)}}{\sqrt{\sigma^2_{f(x)}} \sqrt{\sigma^2_{f(y)}}} \quad (2)$$

Where $COV_{f(x,y)}$ is the phenotypic covariance between characteristics x and y, $\sigma^2_{f(x)}$ and $\sigma^2_{f(y)}$ are the phenotypic variances for characteristics x and y, respectively.

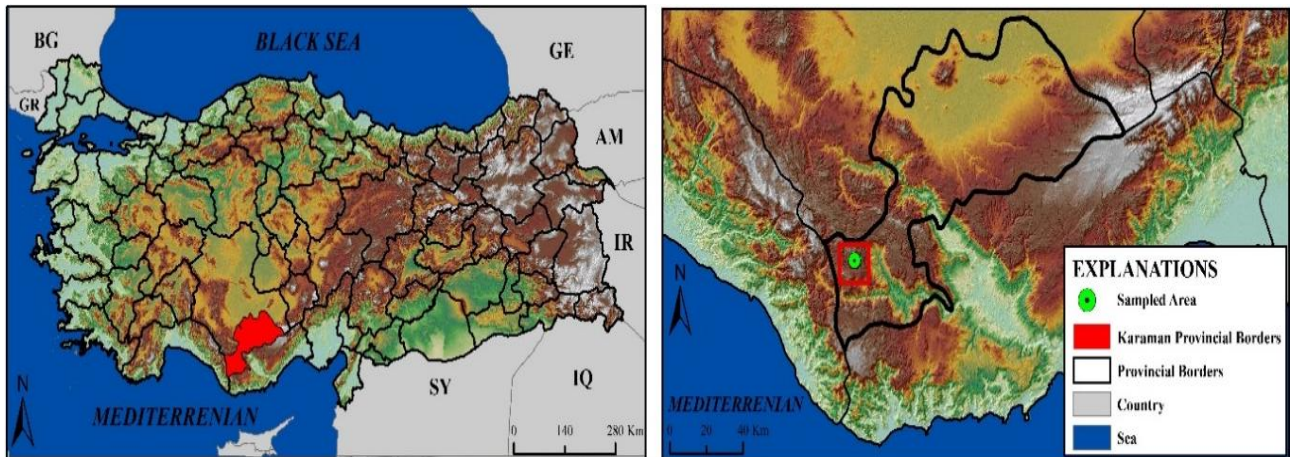


Figure 1. Location of the study area

3. Results

3.1. Characteristics

Averages, range and coefficient of variation (CV%) were given in Table 1. Large differences were found among the plants for growth characteristics, and also among plants and among fruits within plant. Growth characteristics showed higher variation than fruit characteristics based on coefficient of variation (Table 1). Significant differences ($p < 0.05$) were found for the fruit characteristics according to results analysis of variance.

3.2. Relations among the characteristics

Phenotypic correlations among the characteristics were presented in Table 2. There were positive and significant ($p < 0.05$) relations among fruit characteristics, while, results of correlation analysis showed that plant height was better indicator than crown diameter for estimation of fruit characteristics (Table 2).

Table 1. Averages ($\bar{X}$), range and coefficient of variation (CV%) of the characteristics

	PH (cm)	CD (cm)	FL (mm)	FWi (mm)	FWe (g)
$\bar{X}$	207.41	130.62	10.80	15.65	1.16
Range	50.0-427.0	37.0-320.0	8.66-13.23	10.72-20.52	0.53-2.23
CV%	39.6	42.6	9.70	11.6	26.7

Table 2. Phenotypic correlations among the characteristics

(r)*	PH	CD	FL	FWi	FWe
CD	.484**	-			
FL	.375**	.215*	-		
FWi	.222*	.062 ^{NS}	.750**	-	
FWe	.256*	.156 ^{NS}	.878**	.865**	-

*; correlation was significant at $p < 0.05$ level, **; correlation was significant at $p < 0.01$, ^{NS}; correlation was not significant ($p > 0.05$).

4. Discussions

In this study, variations in certain morphological traits (plant height, stem diameter, flower length) and pomological characteristics (fruit width, fruit weight) of *R. canina* were assessed, revealing significant differences within the population. The wide range of variation and high coefficients of variation observed in vegetative traits such as plant height (207.41 cm) and stem diameter (130.62 cm), with coefficients of 39.6% and 42.6% respectively, indicate that both environmental conditions and genetic factors play a decisive role in this species. The mean flower length (FL) of 10.80 mm observed here aligns with values reported for various *Rosa* species by Ercişli (2007). However, the relatively low coefficient of variation (9.70%) suggests that this trait is predominantly genetically controlled and less affected by environmental influences. Regarding pomological traits, notable variation was recorded in fruit width (15.65 mm) and fruit weight (1.16 g). In particular, the coefficient of variation for fruit weight (26.7%) implies that this characteristic is influenced by both genetic and environmental factors, making it a valuable criterion for selection programmes. The results of this study demonstrate considerable morphological and pomological diversity among individuals in natural populations of *R. canina*. This diversity may arise not only from natural selection processes but also from the microclimatic conditions prevailing in different ecological regions. Wissemann (2003) observed that *Rosa* species exhibit high phenotypic plasticity, which contributes to their intraspecific variation.

Correlations among selected morphological and pomological traits of *R. canina* were examined using

Pearson's correlation analysis, and the findings were compared with similar studies in the literature. A positive and significant correlation was identified between plant height (PH) and stem diameter (SD) ($r = 0.484$, $p < 0.01$). This suggests that flower size changes proportionally with overall plant size, indicating a coordinated growth pattern in the morphological structure of *R. canina*. Ercişli (2007) similarly reported that flower size in *Rosa* species varies according to plant age and growth capacity, which aligns closely with the present findings.

A strong positive correlation was observed between fruit width (FWi) and flower length ($r = 0.750$, $p < 0.01$), as well as between fruit weight (FWe) and both flower length ($r = 0.878$, $p < 0.01$) and fruit width ($r = 0.865$, $p < 0.01$). These findings indicate that flower morphology can directly influence fruit yield characteristics. Similar significant relationships between flower size and fruit size or content in *R. canina* were also reported by Chrubasik et al. (2008).

Correlations between plant height and fruit traits (FWi and FWe) were weaker but nonetheless statistically significant ($r = 0.222$ and $r = 0.256$, respectively; $p < 0.05$), suggesting an indirect yet meaningful association between vegetative growth and reproductive traits. However, the absence of statistically significant correlations between stem diameter and fruit traits implies that stem diameter may have limited influence on the development of reproductive structures.

Overall, the correlations identified in this study suggest that morphological traits particularly flower length are important predictors of fruit quality and yield in *R. canina*. Consequently, readily observable morphological features such as flower length could be utilized as indirect selection criteria in breeding and selection programmes.

5. Conclusions

Several recommendations have been proposed regarding strategies to be adopted in the breeding and domestication of *Rosa canina* L. In particular, prioritising the selection of individuals that demonstrate strong correlations between morphological traits, such as flower length, and fruit yield and quality is of great importance for breeding programmes. The clonal propagation of individuals exhibiting large fruit size and weight could help strengthen the genetic base of new *R. canina* cultivars intended for domestication.

Furthermore, supporting the phenotypic relationships identified in this study with molecular genetic markers would facilitate the development of faster and more efficient selection strategies. Similar studies conducted across different altitudinal gradients, soil types, and climatic conditions would aid in clarifying the effects of environmental factors on morphological and pomological traits.

Finally, analysing functional compounds such as ascorbic acid, phenolic compounds, and antioxidant capacity which are directly associated with fruit size would provide valuable insights into the potential applications of *R. canina* in the food industry.

References

- Bağcı Y, Erdoğan R, Doğu S (2016). Ethnobotanical properties of plants growing in and around Sarıveliler (Karaman). Selçuk University Journal of Science Faculty, 42(1):84–107.
- Baytop T (1999). Türkiye’de Bitkiler ile Tedavi: Geçmişte ve Bugün. İstanbul: Nobel Tıp Kitabevi.
- Chrubasik C, Roufogalis BD, Müller-Ladner U, Chrubasik S (2008). A systematic review on the *Rosa canina* effect and efficacy profiles. Phytotherapy Research, 22(6):725–733.
- Davis PH (1972). Flora of Turkey and the East Aegean Islands (Vol. 4). Edinburgh: Edinburgh University Press.
- Demir F, Özcan M (2001). Chemical and technological properties of rose (*Rosa canina* L.) fruits grown wild in Turkey. Journal of Food Engineering, 47(4):333–336.
- Ercişli, S. (2007). Chemical composition of fruits in some rose (*Rosa* spp.) species. Food Chemistry, 104(4):1379–1384.
- Ercişli S, Eşitken A (2004). Fruit characteristics of native rose hip (*Rosa* spp.) selections from the Erzurum province of Turkey. New Zealand Journal of Crop and Horticultural Science, 32(1):51–53.
- Falconer DS (1989). Introduction to Quantitative Genetics. 3rd Edition, Longman Scientific and Technical, New York.
- Güner A, Aslan S, Ekim T, Vural M, Babaç MT (2012). Türkiye Bitkileri Listesi: Damarlı Bitkiler. Nezahat Gökyiğit Botanik Bahçesi ve Flora Araştırmaları Derneği Yayınları.
- Nazaruk J, Borzym-Kluczyk M (2015). The role of triterpenes in the management of diabetes mellitus and its complications. Phytochemistry Reviews, 14(4):675–690.
- Orhan IE, Özçelik B, Kartal M, Kan Y (2007). Antimicrobial and antiviral effects of essential oils from selected Umbelliferae and Labiatae plants and individual essential oil components. Turkish Journal of Biology, 32(1):25–30.
- Rehder A (1940). Manual of Cultivated Trees and Shrubs Hardy in North America (2nd ed.). New York: Macmillan.
- SPSS. (2011). IBM SPSS Statistics for Windows, Version 20.0., NY: IBM Corp.
- Wissemann V (2003). Conventional taxonomy (wild roses). In L. C. D. S. Roberts, T. Debener, & S. Gudín (Eds.), Encyclopedia of Rose Science, Elsevier.

Effects of IBA concentrations on the rooting and growth of Cherry laurel (*Prunus laurocerasus* L.) cuttings

Ercan Oktan^{a,*} , Öznur Özkan^b , Neslihan Atar^b 

Abstract: This study was conducted to investigate the effects of different indole-3-butyric acid (IBA) concentrations on the rooting and subsequent sapling growth performance of cherry laurel (*Prunus laurocerasus* L.) cuttings under greenhouse and outdoor conditions. The cuttings were treated with four different hormone concentrations (0, 1000, 5000, and 8000 ppm IBA), and parameters including rooting success, root length, root collar diameter, and sapling height were evaluated. ANOVA and Duncan's multiple range test were applied at a 5 % significance level for statistical analysis of the data. The results indicated that hormone concentration had a statistically significant effect on root length ($p=0.007$), with the highest mean value obtained from the 1000 ppm treatment (29.81 cm), which was approximately 27 % higher than the control group. No significant difference was observed among groups in terms of root number ($p>0.05$). The highest root collar diameter was achieved with the 1000 ppm IBA treatment (6.77 mm), representing a 38 % increase compared to other treatments. Measurements taken on June 19, 2023, showed that hormone concentration had significant effects on root collar diameter and sapling height, while this effect was found to diminish by December 8, 2023. These findings demonstrate that IBA applications enhance the early rooting and adaptation success of cherry laurel cuttings, making them an important tool for sustainable and high-quality sapling production.

Keywords: Auxin, IBA, *Prunus laurocerasus*, Rooting, Root collar diameter, Sapling height, Vegetative propagation

1. Introduction

Global climate change has become one of the most significant environmental challenges today due to increasing greenhouse gas emissions and ecosystem degradation. Sustainable forestry practices play a crucial role in mitigating these impacts by enhancing carbon sequestration and preserving biodiversity (IPCC 2013). Cherry laurel (*Prunus laurocerasus* L.), a species that stands out with its evergreen foliage and high ecological adaptability, provides significant ecosystem services such as carbon storage capacity and erosion control (Kolaylı et al. 2003).

Cherry laurel is a valuable species that occurs naturally in Türkiye, particularly in the Black Sea region, and is also cultivated as an ornamental plant. Its dense foliage makes it a preferred species in landscape design. Moreover, the fruits and leaves, which possess strong antioxidant properties, present considerable economic potential as non-wood forest products. The fruits are rich in phenolic compounds, flavonoids, vitamins, and minerals that have immunomodulatory, anti-inflammatory, and cardioprotective effects (Halilova and Ercişli 2010). Traditionally, cherry laurel fruits have been used in folk medicine to treat digestive disorders, diabetes, and various inflammatory diseases. These properties reveal that cherry laurel is valuable not only ecologically but also in pharmaceutical and food industries.

Developing sustainable propagation techniques is essential for the conservation of natural populations and the expansion of this species. Cutting propagation stands

out as a preferred method due to its advantages in ensuring genetic homogeneity and rapid sapling production. Auxin-based hormones, in particular, improve propagation efficiency by enhancing rooting success (Kumlay and Eryiğit 2011). The aim of this study is to reveal the growth and development differences of cherry laurel saplings and to evaluate the potential of hormone-assisted cutting propagation. The findings are expected to contribute to the sustainability of the species and shed light on its ecological and economic benefits in the context of climate change.

2. Materials and methods

This study aimed to determine how the growth and development performance of cherry laurel saplings changes after different hormone treatments. The experiment was conducted at the Research and Application Greenhouse of Karadeniz Technical University in Trabzon, Türkiye.

2.1. Plant material and cutting preparation

Cherry laurel was used as plant material in the study. Hardwood cuttings were collected from healthy individuals located at the Kanuni Campus of Karadeniz Technical University in February 2022. The cuttings were prepared to be approximately 15 cm in length, with their basal ends cut obliquely 2–3 cm above the base, and their surfaces refreshed to facilitate rooting. To reduce water loss, leaves on the lower part of the cuttings were

^a Department of Forestry, Karadeniz Technical University, Trabzon, Türkiye

^b Department of Forestry, Artvin Çoruh University, Artvin, Türkiye

* Corresponding: oktan@ktu.edu.tr

Received: 07.09.2025, Accepted: 11.09.2025



Citation: Oktan, E., Özkan, Ö., Atar, N. (2025). Effects of IBA concentrations on the rooting and growth of Cherry laurel (*Prunus laurocerasus* L.) cuttings. Theoretical and Applied Forestry 5: 15-21.

doi: [10.53463/tafor.2025vol5iss1pp15-21](https://doi.org/10.53463/tafor.2025vol5iss1pp15-21)

removed, and those on the upper part were shortened (Figure 1a).

2.2. Hormone treatments

To promote rooting, the basal ends of the cuttings were treated with indole-3-butyric acid (IBA) in powder form. The experiment consisted of four different hormone treatments:

Control (0 ppm)
1000 ppm IBA
5000 ppm IBA
8000 ppm IBA

Each treatment group included 45 cuttings, for a total of 180 cuttings. During the application, the basal ends of the cuttings were dipped into the hormone powder and then lightly shaken to remove any excess (Figure 1b).

2.3. Growing medium and conditions

The cuttings were initially planted in 100 % perlite and rooted under greenhouse conditions (Figures 1c and 1d). The temperature in the greenhouse was maintained at 25 °C, and humidity at approximately 70 %. Moisture levels were maintained through regular irrigation, and the rooting period lasted about four months. Rooted cuttings were then transplanted into polyethylene bags to be

acclimatized under outdoor conditions (Figure 1e). The growing medium used in the bags consisted of a mixture of 20 % river sand, 40 % forest soil, and 40 % red soil.

2.4. Experimental design and statistical analysis

The experiment was conducted using a completely randomized design (CRD). Statistical analyses of the data obtained from the measurements were performed using IBM SPSS Statistics 23.0 software package. The effects of different hormone concentrations on growth and development parameters were tested using analysis of variance (ANOVA). Duncan's multiple range test was applied to determine significant differences among treatment groups.

2.5. Measured parameters

Various parameters were measured at different stages to evaluate the growth and development performance of cherry laurel saplings:

At the time of removal from the greenhouse: root length (cm), root collar diameter (mm), and root number.

After transplanting to outdoor conditions and during the follow-up period: root collar diameter (mm) and shoot height (cm).

After being transferred outdoors, the saplings were monitored for one year, and the measurements were taken at six-month intervals (Figures 1f and 1g).

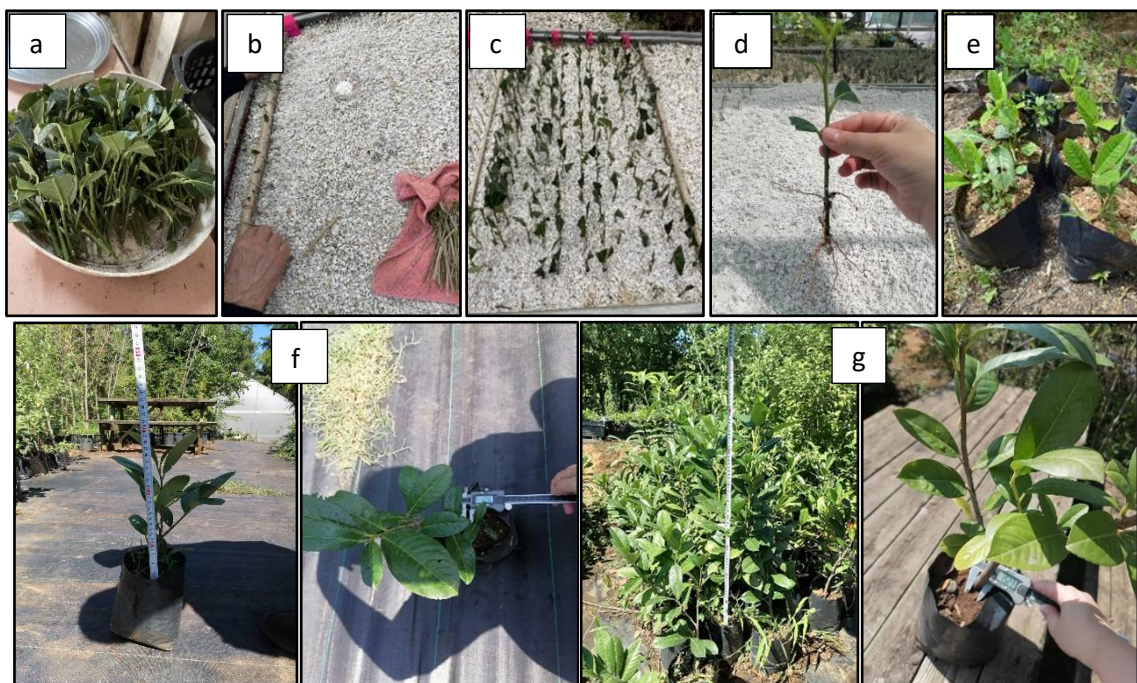


Figure 1. Hardwood cuttings of cherry laurel: (a) preparation of cuttings, (b) dipping in IBA powder, (c) planting in perlite medium, (d) observation of rooting data, (e) transplanting rooted cuttings into polyethylene bags for outdoor conditions, (f) first measurements taken on June 19, 2023, (g) second measurements taken on December 8, 2023.

3. Results and discussion

In this study, the effects of different hormone treatments on the rooting and sapling quality of cherry laurel were comprehensively examined during both the initial rooting period and at different time intervals throughout sapling development. The findings revealed that hormone concentration produced variable effects on different parameters of sapling growth. In the first stage, the normal distribution of the root length and root number data obtained from the cuttings was evaluated. Subsequently, analysis of variance (ANOVA) and Duncan's multiple range tests were applied to these variables, and statistical differences among groups were interpreted. In the sapling stage, root collar diameter and shoot height measurements taken on June 19, 2023, and December 8, 2023, were analyzed in terms of both periodic differences and overall trends ($\alpha = 0.05$).

3.1. Rooting and early growth findings

Measurements taken after the initial rooting stage indicated that the data for root length and root number followed a normal distribution, which was confirmed by the Kolmogorov–Smirnov test. This step is critical for assessing data suitability before proceeding with statistical analyses.

According to the Kolmogorov–Smirnov test results presented in Table 1, the root length data showed a normal distribution with $p > 0.05$ ($p = 0.200$). This result allows for the use of parametric tests for root length data. Examination of the box plot in Figure 2 shows that the median value is centered, the lower and upper quartiles are symmetrically distributed, and only a few outliers are present. These outliers were not considered influential enough to affect the overall distribution, indicating a homogeneous data structure.

Similarly, according to the Kolmogorov–Smirnov test results presented in Table 2, the root number data also exhibited a normal distribution with $p > 0.05$. The box plot in Figure 3 shows that the root number data are symmetrically distributed around the median, with no significant outliers. The balanced interquartile range further supports the homogeneity of root number data and confirms its suitability for parametric tests.

The results of the analysis of variance (ANOVA) regarding the effect of the hormone factor on root length are presented in Table 3. The analysis revealed a statistically significant difference among the groups ($p < 0.05$). This finding indicates that the applied hormone concentrations had a significant effect on root length.

Table 1. Normality test for root length data.

	Kolmogorov-Smirnov ^a		
	Statistic	df	Sig.
Root length	0.074	66	0.200*

^a; $p > 0.05$ indicates that data are normally distributed (Lilliefors correction applied).

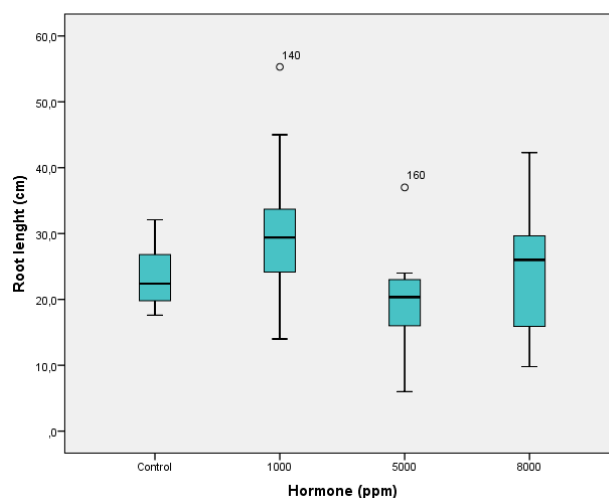


Figure 2. Box plot distribution of root length.

Table 2. Normality test for root number data.

	Kolmogorov-Smirnov ^a		
	Statistic	df	Sig.
Root number	0.077	66	0.200*

^a; $p > 0.05$ indicates that data are normally distributed (Lilliefors correction applied).

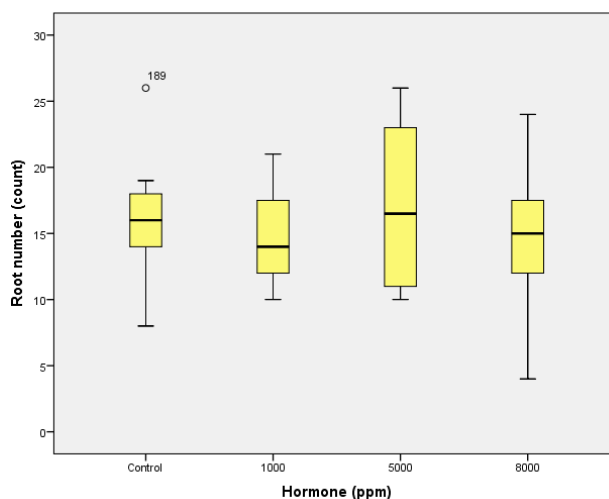


Figure 3. Box plot distribution of root number.

Table 3. Analysis of variance (ANOVA) results for the effect of hormone factor on root length.

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.*
Between Groups	835.047	3	278.349	4.454	0.007
Within Groups	3874.483	62	62.492		
Total	4709.530	65			

*; $p < 0.05$ indicates a statistically significant difference among groups.

To determine which groups accounted for these differences, Duncan's multiple range test was performed, and the results are presented in Table 4. According to Duncan's test, the highest mean value was obtained from the 1000 ppm IBA treatment, which formed a separate homogeneous group on its own. The control, 5000 ppm IBA, and 8000 ppm IBA treatments were included in the same homogeneous group and yielded similar values. Figure 4 graphically illustrates the changes in mean root length according to hormone concentrations, clearly showing that the 1000 ppm IBA treatment achieved the highest mean value. These findings are consistent with those reported in the literature. Aydın and Er (2023) found that the highest rooting rate and root length in softwood cuttings of sweet cherry rootstocks were obtained from the 1000 ppm IBA treatment. Similarly, Sekhukhune et al. (2024) reported that 1000 ppm IBA was the most effective concentration for promoting root development.

Table 4. Duncan's multiple range test results for hormone concentrations based on root length.

Hormone*	N	Subset for alpha = 0.05	
		1	2
5000	14	20.100	
Control	13	23.500	
8000	20	23.625	
1000	19		29.816
Sig.		0.241	1.000

*; Means for groups in homogeneous subsets are displayed. The harmonic mean sample size = 15.937. Group sizes are unequal, and the harmonic mean was used. Type I error levels are not guaranteed.

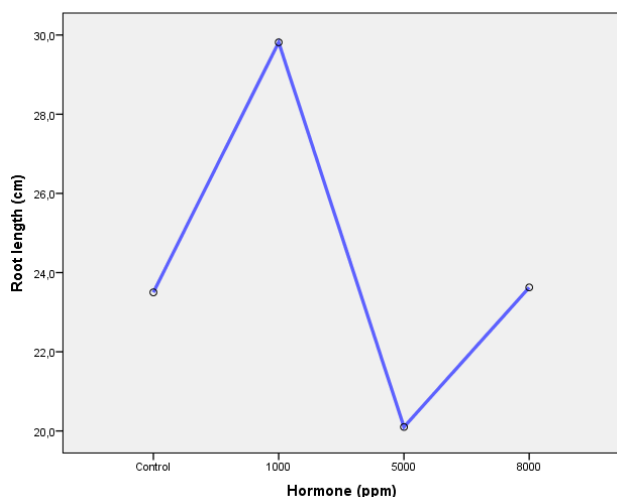


Figure 4. Changes in mean root length according to hormone concentrations.

Table 5. Analysis of variance (ANOVA) results for the effect of hormone factor on root collar diameter.

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.*
Between Groups	88.626	3	29.542	8.814	0.000
Within Groups	599.923	179	3.352		
Total	688.549	182			

*; $p < 0.05$ indicates a statistically significant difference among groups.

According to the analysis of variance (ANOVA) results for root number, no statistically significant difference was found among the hormone concentration groups ($p > 0.05$).

3.2. Sapling growth findings and time-series analysis

The effects of different hormone concentration on sapling growth were examined using measurements taken on two different dates as well as analyses based on all measurements combined.

3.3. Evaluation of all measurements

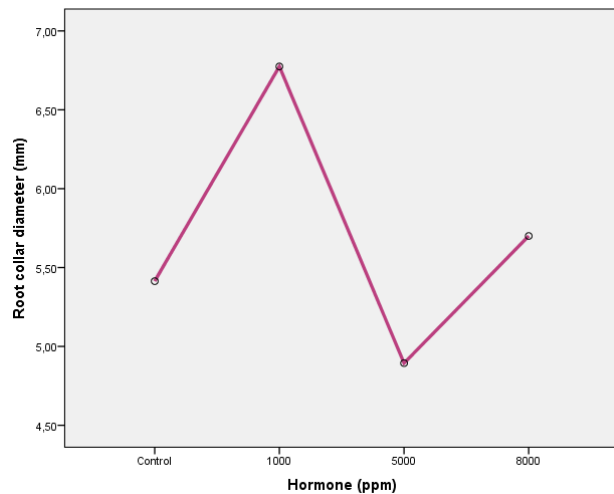
According to the overall analysis results, hormone concentration had a statistically significant effect on root collar diameter ($p < 0.001$) (Table 5). Based on Duncan's multiple range test results, the 1000 ppm IBA treatment had the highest mean value at 6.77 mm and formed a separate homogeneous group. The control, 5000 ppm IBA, and 8000 ppm IBA treatments produced statistically similar results (Table 6). The ranking of mean values was 5000 ppm IBA < Control < 8000 ppm IBA < 1000 ppm IBA, and Figure 5 graphically presents the changes in mean root collar diameter according to hormone concentrations. The figure clearly shows that the 1000 ppm IBA treatment achieved the highest mean value, whereas the 5000 ppm IBA treatment resulted in the lowest value.

In contrast, no statistically significant difference was found among hormone treatments for the sapling height parameter ($p > 0.05$). The mean height values ranged between 16.47–18.77 cm, with no apparent difference between the control group and hormone treatments. This finding suggests that sapling height is influenced not only by hormone application but also by genetic structure and environmental growing conditions.

Table 6. Duncan's multiple range test results for hormone concentrations based on root collar diameter.

Hormone*	N	Subset for alpha = 0.05	
		1	2
5000	40	4.8940	
Control	33	5.4139	
8000	57	5.7000	
1000	53		6.7747
Sig.		0.052	1.000

*, Means for groups in homogeneous subsets are displayed. The harmonic mean sample size = 43.613. Group sizes are unequal, and the harmonic mean was used. Type I error levels are not guaranteed.

**Figure 5.** Changes in mean root collar diameter according to hormone concentrations.

3.4. Results of measurements of June 19, 2023

According to the first measurements taken on this date, hormone concentration had a significant effect on both sapling height ($p < 0.05$) and root collar diameter ($p < 0.05$) (Tables 7 and 9). In particular, the 1000 ppm IBA treatment exhibited the best growth performance for both parameters, as confirmed by the results of Duncan's

multiple range test (Tables 8 and 10). This finding indicates that hormone application plays a critical role during the initial adaptation and growth period of saplings after being transplanted into pots.

In the measurements taken on June 19, 2023, it was determined that hormone concentration had a statistically significant effect on Sapling height (Table 7). According to Duncan's multiple range test results, the highest mean value was observed in the 1000 ppm IBA treatment, which formed a separate homogeneous group. The control and 8000 ppm IBA treatments were included in the same homogeneous group, while the 5000 ppm IBA treatment partially diverged from these groups. The 1000 ppm IBA treatment formed a distinct homogeneous group on its own (Table 8). This result demonstrates that the 1000 ppm IBA treatment was the most effective hormone concentration for increasing sapling height.

The changes in mean sapling height according to hormone concentrations are presented in Figure 6. The figure clearly shows that the 1000 ppm IBA treatment achieved the highest mean value, while the control group had the lowest mean value. This finding indicates that hormone concentration particularly promote growth during the early development stage and play an important role in increasing sapling height.

In the measurements taken on June 19, 2023, it was determined that hormone concentration had a statistically significant effect on root collar diameter ($p < 0.001$) (Table 9). The results of Duncan's multiple range test (Table 10) showed that the 1000 ppm IBA treatment had the highest mean value (6.14 mm) and formed a separate homogeneous group. The control, 5000 ppm IBA, and 8000 ppm IBA treatments produced statistically similar results. The ranking of mean values was 5000 ppm IBA < Control < 8000 ppm IBA < 1000 ppm IBA. Figure 7 graphically presents the changes in mean root collar diameter according to hormone concentrations, clearly showing that the 1000 ppm IBA treatment had a considerably higher mean value than the other treatments.

Table 7. Analysis of variance (ANOVA) results for the effect of hormone factor on sapling height measured on June 19, 2023.

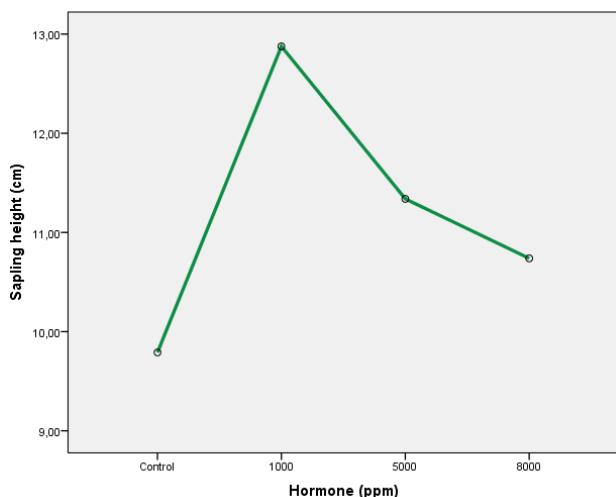
	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.*
Between Groups	70.661	3	23.554	4.658	0.006
Within Groups	273.073	54	5.057		
Total	343.734	57			

*, $p < 0.05$ indicates a statistically significant difference among groups.

Table 8. Duncan's multiple range test results for hormone concentrations based on sapling height measured on June 19, 2023.

Hormone*	N	Subset for alpha = 0.05	
		1	2
Control	10	9.7900	
8000	18	10.7389	
5000	13	11.3385	11.3385
1000	17		12.8765
Sig.		0.093	.079

*; Means for groups in homogeneous subsets are displayed. The harmonic mean sample size = 13.731. Group sizes are unequal, and the harmonic mean was used. Type I error levels are not guaranteed

**Figure 6.** Changes in mean sapling height according to hormone concentrations measured on June 19, 2023.

3.5. Results of measurements of December 8, 2023

In the measurements taken on December 8, 2023, hormone concentration was found to have no statistically significant effect on root collar diameter ($p>0.05$) or sapling height ($p>0.05$). This result indicates that the effect of the hormone diminished as sapling development progressed, and growth performance became similar to that of the control group. The findings suggest that hormone concentration is particularly effective during the early growth and adaptation stages, whereas sapling growth at later stages is determined primarily by environmental conditions and genetic factors.

In this study, the effects of different hormone concentration on the rooting and sapling development of cherry laurel cuttings were comprehensively evaluated. Normality tests performed at the initial stage (Tables 1 and

2) revealed that root length and root number data were normally distributed. The results of the analysis of variance (ANOVA) for hormone concentrations indicated statistically significant differences in root length ($p<0.05$), with the 1000 ppm IBA treatment yielding the highest mean value of 29.81 cm (Tables 3 and 4, Figure 4). This value was approximately 27 % higher than the mean root length of the control group (23.50 cm). This result is consistent with studies reporting the critical role of IBA in enhancing root elongation (Chandramouli 2001; Bayraktar et al. 2018; Khan et al. 2020).

In terms of root number, no significant difference was detected among the groups ($p>0.05$), with mean values ranging between 14.00–17.07. This suggests that the hormone primarily stimulated root cell elongation and thickening rather than increasing root number. Henrique et al. (2006) and Husen et al. (2017) reported that appropriate IBA concentrations promote root elongation but result in limited increases in root number.

When sapling growth data were evaluated collectively (Tables 5 and 6, and Figure 5), it was observed that hormone concentration had a significant effect on root collar diameter ($p<0.001$), with the 1000 ppm IBA treatment providing the highest mean value (6.77 mm). This value was 38 % higher than the mean value of the 5000 ppm IBA group (4.89 mm). According to Duncan's multiple range test, the 1000 ppm IBA treatment formed a separate homogeneous group, whereas the control, 5000 ppm IBA, and 8000 ppm IBA treatments were grouped together. No significant differences were observed among the groups for sapling height ($p>0.05$), with mean values ranging between 16.47–18.77 cm. This result suggests that sapling height is influenced not only by hormone application but also by genetic structure and growing conditions.

Time-based analyses showed that, in the measurements taken on June 19, 2023, hormone concentration caused significant differences in root collar diameter ($p<0.05$), with the 1000 ppm IBA group achieving the highest values (height = 12.87 cm; diameter = 6.14 mm) (Tables 7 and 10, Figures 6 and 7). In contrast, in the measurements taken on December 8, 2023, the effect of hormone concentration was not statistically significant ($p>0.05$), and all groups reached similar levels. This result indicates that the effect of the hormone is particularly pronounced during the early adaptation and growth period, while in later stages, environmental factors and genetic potential become more decisive (De Klerk et al. 1999; Han et al. 2009).

Table 9. Analysis of variance (ANOVA) results for the effect of hormone factor on root collar diameter measured on June 19, 2023.

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.*
Between Groups	36.656	3	12.219	7.688	0.000
Within Groups	85.822	54	1.589		
Total	122.478	57			

*; $p < 0.05$ indicates a statistically significant difference among groups.

Table 10. Duncan's multiple range test results for hormone concentrations based on root collar diameter measured on June 19, 2023.

Hormone*	N	Subset for alpha = 0.05	
		1	2
5000	13	4.0115	
Control	10	4.6220	
8000	18	4.8533	
1000	17		6.1412
Sig.		0.104	1.000

*; Means for groups in homogeneous subsets are displayed. The harmonic mean sample size = 13.731. Group sizes are unequal, and the harmonic mean was used. Type I error levels are not guaranteed.

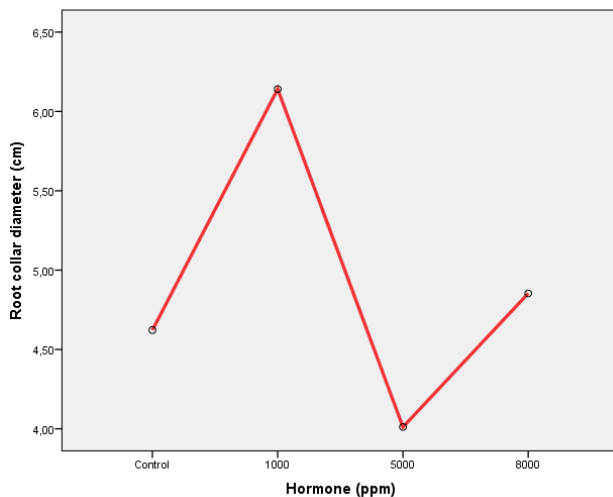


Figure 7. Changes in mean root collar diameter according to hormone concentrations measured on June 19, 2023.

4. Conclusion

This study revealed that IBA applications significantly affected the rooting and sapling development of cherry laurel cuttings. The best results were obtained with the 1000 ppm IBA treatment, which provided marked increases in root length and root collar diameter. The findings showed that the effect of the hormone was particularly pronounced during the early growth and adaptation period but diminished over time. This emphasizes that selecting the appropriate hormone concentration and applying it at the correct time is critical for producing high-quality and vigorous saplings (South et al. 1985; Carlson 1986).

These results are consistent with previous studies on cherry laurel propagation. Ribeiro et al. (2008) and Sülüsoğlu and Çavuşoğlu (2010) reported that IBA treatments improved rooting percentage, root number, and root length in semi-hardwood cuttings, supporting the present findings. Similar results were also reported by Schulze et al. (2017), who demonstrated that IBA-treated cherry laurel cuttings exhibited higher rooting rates and more uniform root systems compared to untreated controls.

From a practical perspective, these findings provide guidance for nursery management and restoration practices: using moderate IBA concentrations at the

proper developmental stage improves rooting success, seedling uniformity, and production efficiency.

Future studies should investigate combinations of auxins (e.g., IBA + NAA), evaluate the effects of seasonal variation and genotype differences, and consider environmental factors such as substrate and humidity. Such research will contribute to the development of optimized propagation protocols, enabling sustainable and large-scale production of cherry laurel for forestry and ornamental applications.

References

- Aydın E, Er E (2023). The effect of different IBA doses on rooting in soft-wood cuttings of rootstock candidate sweet cherry, sour cherry and mahaleb genotypes. *Turkish Journal of Food and Agriculture Sciences*, 5(1):48–54.
- Bayraktar M, Yilmaz F, Kaya A (2018). Effects of IBA and NAA doses on rooting of hardwood cuttings of *Elaeagnus umbellata*. *Journal of Agricultural Sciences*, 24(3):456–463.
- Carlson WC (1986). Root system considerations in the quality of loblolly pine saplings. *Southern Journal of Applied Forestry*, 10(2):87–92.
- Chandramouli H (2001). Influence of growth regulators on sprouting and rooting of *Bursera penicillata* cuttings. *Plant Science Journal*, 118:23–27.
- De Klerk GJ, Guan H, Huisman P, Marinova S (1999). The formation of adventitious roots: New concepts, new possibilities. *In Vitro Cellular & Developmental Biology – Plant*, 35(3):189–199.
- Halilova H, Ercişli S (2010). Several physico-chemical characteristics of cherry laurel (*Laurocerasus officinalis* Roem.) fruits. *Biotechnology & Biotechnological Equipment*, 24(3):1970–1973.
- Han H, Zhang S, Sun X (2009). Inhibitory effects of high auxin concentrations on adventitious root formation. *Plant Growth Regulation*, 58(3):249–257.
- Henrique A, Campinhos EN, Ono EO, de Pinho SZ (2006). Effect of IBA on rooting and growth of semi-hardwood cuttings of forest species. *Scientia Agricola*, 63(5):505–510.
- Husen A, Iqbal M, Siddiqui MJ (2017). Hormonal regulation of root development in cuttings: A review. *Journal of Forestry Research*, 28:759–772.
- IPCC (2013). *Climate change 2013: The Physical Science Basis*. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change (T. F. Stocker et al., Eds.). Cambridge University Press.
- Khan MR, Ahmad I, Khan FU (2020). Effect of IBA concentrations on rooting and survival of *Actinidia deliciosa* cuttings. *International Journal of Horticultural Science*, 12(4):122–128.
- Kolaylı S, Küçük M, Duran C, Candan F, Dincer B (2003). Chemical and antioxidant properties of *Laurocerasus officinalis* Roem. (cherry laurel) fruit grown in the Black Sea region. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 51(25):7489–7494.
- Kumlay AM, Eryiğit T (2011). Plant growth and development regulators: Plant hormones. *Journal of the Institute of Science and Technology*, 1(2):47–56.
- Ribeiro MM, Gomes F, Abreu MC (2008). The influence of indole-3-butyric acid in *Prunus laurocerasus* vegetative propagation. *Acta Horticulturae*, 885:277–283.
- Schulze JA, Meyer T, Harkins A (2017). Comparing vegetative propagation of two 'Schipkaensis' common cherry laurel cuttings. *HortTechnology*, 27(1):70–76.
- Sekhukhune MS, Shoko MD, Murovhi NR, Ramovha LI, Mudau FN (2024). Effects of IBA on rooting of *Actinidia deliciosa* and *A. arguta* stem cuttings. *Frontiers in Sustainable Food Systems*, 8:1461871.
- South DB, Mitchell RJ, Vander Schaaf CL (1985). Importance of root growth potential on field performance of loblolly pine saplings. *Canadian Journal of Forest Research*, 15(1):35–39.
- Sülüsoğlu M, Çavuşoğlu A (2010). Vegetative propagation of cherry laurel (*Prunus laurocerasus* L.) using semi-hardwood cuttings. *African Journal of Agricultural Research*, 5(23):3196–3202.

Impact of aspect on growth performances in afforestation of Taurus cedar (*Cedrus libani* A. Rich.)

Yunus Eser^{a,*} 

Abstract: In this study, aspectual impact of on growth performances in afforestation of Taurus cedar (*Cedrus libani* A. Rich.) was investigated based on tree height, diameter at base and diameter at breast height in 25-years afforestation established in Isparta region of the species to contribute and to discuss for afforestation and other forestry practices. 300 m² area was sampled from each north, south, east and west aspects. Averages of tree height, diameter at base (D_0) and diameter at breast height ($d_{1.30}$) were 6.4 m, 17.4 cm and 13.2 cm, respectively, while east aspect had the highest performances for tree height (7.6 m) and diameter at breast height (14.7 cm), and north aspect for diameter at base (19.6 cm). They were the lowest for tree height in south for tree height (5.5 m) and in west aspect for diameters [14.3 cm (D_0) and 11.0 cm ($d_{1.30}$)]. Aspects showed significant ($p < 0.05$) differences for all the characteristics by analysis of variance results. Positive and significant ($p < 0.05$) relations among the characteristics according to results of correlation analysis in all aspects.

Keywords: Correlation, Height, Diameter, Plantation, Variation

1. Introduction

Taurus cedar (*Cedrus libani* A. Rich.) is an important forest tree species economically and ecologically in Turkish forestry together with as a target species of national tree breeding and seed production programme (Koski and Antola 2003) by 0.5 million ha natural distribution of which is 22% in 23.3 million ha total forest area of which 41% is unproductive of Türkiye (OGM 2024). Afforestation practice is main tool in conversion of unproductive forest to productivity by sowing or planting. However, there could be many biotic or abiotic factors could impact on successful afforestation practices (Bilir 2004; Yazıcı and Turan 2016; Bilir et al. 2018; Yazıcı 2018; Bilir 2021; Yazıcı et al. 2022; Yazıcı and Bilir 2023). Aspect is an easily determinable factor in these. In this study, the aspects are compared for tree height, diameter at base and diameter at breast in 25-years afforestation of Taurus cedar (*Cedrus libani* A. Rich.) to contribute and to discuss for afforestation and other forestry practices such as tending of the species.

2. Material and Methods

2.1. Studied populations and data collection

Aspectual afforestations at 25 years established by 2.5x3 m were sampled from each north (N), south (S), east (E) and west (W) aspects at southern Türkiye. Tree height

(TH), diameter at base (D_0) and diameter at breast height ($d_{1.30}$) were measured from 300 m² (30 x 10 m) sampled areas of each aspect (Table 1, Figure 1).

2.2. Data analysis

Aspects were compared based on the characteristics by following model of analysis of variance at SPSS (SPSS 2011).

$$Y_{ij} = \mu + P_j + e_{ij} \quad (1)$$

Where Y_{ij} is the observation from the j_{th} tree of the i_{th} aspect, μ is overall mean, P_i is the random effect of the i_{th} aspect, and e_{ij} is random error.

Phenotypic correlations (r_p) between the pairs of the tree height, diameter at base, diameter at breast height were estimated in each aspect as (Falconer 1989):

$$r_p = \frac{COV_{f(x,y)}}{\sqrt{\sigma^2_{f(x)}} \sqrt{\sigma^2_{f(y)}}} \quad (2)$$

Where $COV_{f(xy)}$ is the phenotypic covariance between characteristics x and y, $\sigma^2_{f(x)}$ and $\sigma^2_{f(y)}$ are the phenotypic variances for characteristics x and y, respectively.

^a Atabey Vocational School, Isparta University of Applied Sciences, 32670, Isparta

* Corresponding: yunuseser@isparta.edu.tr

Received: 24.06.2025, Accepted: 23.07.2025

Table 1. Some details of sampled areas

Aspects	N*	Latitude (N)	Longitude (E)	Altitude (m)
North (N)	27	37°49'42"	30°27'82"	1456
South (S)	23	37°49'86"	30°27'67"	1426
East (E)	27	37°49'58"	30°27'90"	1399
West (W)	28	37°49'70"	30°27'65"	1390

*, Number of individual trees in the areas.

**Figure 1.** Sampled areas from four aspects

3. Results and discussion

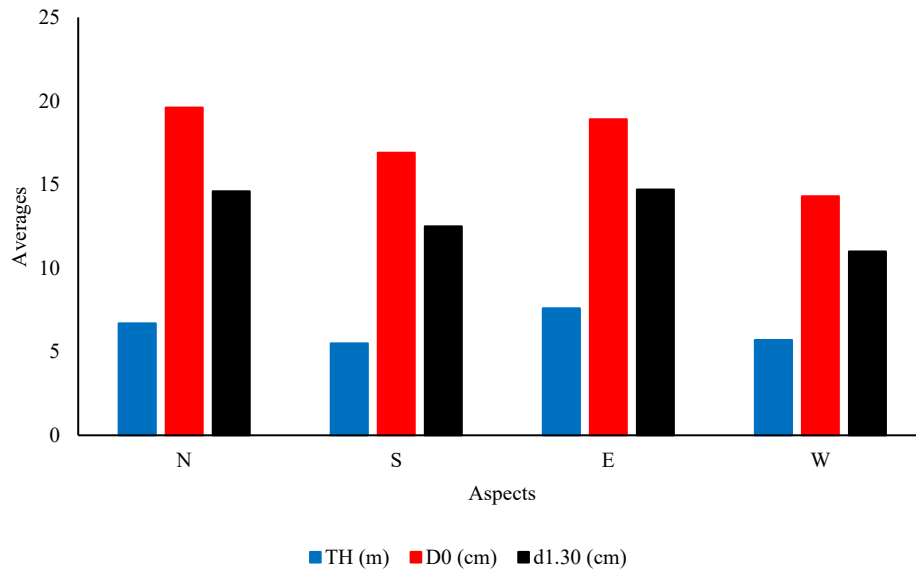
Averages of tree height, diameter at base and diameter at breast height were 6.4 m, 17.4 cm and 13.2 cm, respectively, while performances of the characteristics changed for the aspects together with among individuals within aspect. For instance, there were about two times differences for tree height among individuals within aspect, and also it was more than that for other characteristics in some aspects (Table 2, Figure 2). It was between 4.4 m and 6.9 m for tree height, and ranged from 7.6 cm to 19.6 cm for diameter at breast height in north

aspect (Table 2, Figure 3). Similar variations among individuals were also found for tree height and diameter at base in Taurus cedar (Bilir et al. 2018; Özel 2018; Yazıcı 2018; Özbey 2023). However, many biotic or abiotic factors could impact in these variation and success. For instance, slope (Yazıcı et al. 2022) and afforestation method (Bilir 2021) were effective on growth performances in Taurus cedar. The variations indicated importance selection of mother trees for higher growth performance and wood production in afforestation practices. Survival ranged from 56% (S) to 70% (W) based on spacing.

Table 2. Averages, ranges and coefficient of variations for the characteristics of the aspects

	N			S			E			W		
	TH (m)	D ₀ (cm)	d _{1.30} (cm)	TH (m)	D ₀ (cm)	d _{1.30} (cm)	TH (m)	D ₀ (cm)	d _{1.30} (cm)	TH (m)	D ₀ (cm)	d _{1.30} (cm)
Averages*	6.7 ^b	19.6 ^c	14.6 ^c	5.5 ^a	16.9 ^b	12.5 ^a	7.6 ^c	18.9 ^c	14.7 ^a	5.7 ^a	14.3 ^a	11.0 ^c
Ranges	4.8-9.2	14.7-28.3	8.9-23.2	4.4-6.9	12.5-25.2	7.6-19.6	5.7-9.6	12.8-27.2	9.3-22.7	3.8-8.2	9.7-19.5	6.9-16.3
CV%	16.1	18.6	20.7	13.5	19.1	23.8	15.1	20.3	21.0	21.4	19.6	22.9

*; Same letters are not significantly ($p > 0.05$) different among the species.

**Figure 2.** Averages of the characteristics for the aspects**Figure 3.** Tree height differences among trees in south aspect

Aspects showed significant ($p \leq 0.01$) differences for the characteristics according to results of analysis of variance (Table 3). Similar variations were also reported for biotic and abiotic factors in afforestation of the species (Bilir et al. 2018; Yazıcı et al. 2022). The variations emphasized importance of afforestation practices for these factors.

Positive and significant ($p \leq 0.05$) phenotypic relations among the characteristics were found according to results of correlation analysis (Table 4). Similar findings were reported in plantation areas of the species (Bilir 2004; Bilir et al. 2018; Özel 2018; Yazıcı 2018). The results could be used afforestation and other forestry practices such as forest tending, and future studies in the species.

Table 3. Results of analysis of variance for the characteristics of the aspects

Characteristics	Source of variation	df	Mean Square	F	P value
TH	Between Groups	3	25.064	21.679	.000
	Within Groups	101	1.156		
	Total	104			
D ₀	Between Groups	3	157.570	13.580	.000
	Within Groups	101	11.603		
	Total	104			
d _{1.30}	Between Groups	3	87.119	10.308	.000
	Within Groups	101	8.452		
	Total	104			

Table 4. Phenotypic correlations among the characteristics in the species

	r	TH	D ₀
N	D ₀	.701**	-
S		.709**	-
E		.743**	-
W		.777**	-
N	d _{1.30}	.771**	.935**
S		.789**	.929**
E		.781**	.927**
W		.854**	.899**

**, Correlation is significant at the 0.01 level.

4. Conclusions

Results of the study belong to limited area and characteristics of the species. New studies should be carried out in different areas and characteristics. Variations among aspects and within aspect could be used such as selection in afforestation and forestry practices of the species. Relations among the characteristics could be used for future studies in the species.

References

- Bilir N (2004). Phenotypic age-age correlations for height, diameter and volume in *Cedrus libani* A. Rich. Journal of Forestry Faculty of Süleyman Demirel University, 1:12-18.
- Bilir N (2021). Growth performances in the planting and seeding areas of Taurus cedar (*Cedrus libani* A. Rich.). Agriculture and Forestry, 67(4):81-88.
- Bilir N, Yazıcı N, Özel HB (2018). Examination of Taurus cedar (*Cedrus libani*) afforestation in Isparta province of Turkey. International Conference Reforestation Challenges, June 20-22, Belgrade, Serbia.
- Falconer DS (1989). Introduction to Quantitative Genetics, Longman Scientific Technical, Longman Group U.K. Limited.
- Koski V, Antola J (1993). National Tree Breeding and Seed Production Programme for Turkey 1994-2003. The Research Directorate of Forest Tree Seeds and Tree Breeding.
- OGM (2024). Forest Inventory-2023. General Directorate of Forestry, web site (www.ogm.gov.tr).
- Özbey Y (2023). Growth performances of some forest tree species in afforestation areas. The Institute of Graduate Education, Isparta University of Applied Sciences, M.Sc. Thesis, Isparta.
- Özel S (2018). Silvicultural evaluation of plantations in Isparta-Yalvaç district. Graduate School of Natural and Applied Science, Süleyman Demirel University, M.Sc. Thesis, Isparta.
- SPSS (2011). IBM SPSS Statistics for Windows, Version 20.0., NY: IBM Corp.
- Yazıcı N (2018). Effect of species and environmental factors on growth performances in afforestation of *Cedrus libani* and *Pinus brutia*. Fresenius Environmental Bulletin, 27(10): 6913-6917.
- Yazıcı N, Bilir N (2023). Growth variation in forest tree species in Afforestation of gradoni Terracing. 4th International Latin American Congress on Natural and Applied Sciences, March 13-15, Rio de Janeiro, Brazil, p.65-71.
- Yazıcı N, Turan A (2016). Effect of forestry afforestation on some soil properties: A case study from Turkey. Fresenius Environmental Bulletin, 25(7):2509-2513.
- Yazıcı N, Babalık AA, Bilir N (2022). Effect of slope on growth of a Taurus Cedar (*Cedrus libani* A. Rich.) afforestation: A case study from Dinar. Anatolian Journal of Forest Research, 8:1-5.

Anadolu Sığla ağacı (*Liquidambar orientalis* Mill.) ve balsamı üzerine bir değerlendirme

Filiz Kılıç^{a,*} , Ayşe Betül Avcı^b 

Özet: Anadolu sığla ağacı (*Liquidambar orientalis*) Altingiaceae familyasına ait, doğal olarak yalnızca Türkiye'nin güneybatısında yayılış göstermektedir. *L. orientalis* türünün var. *orientalis* ve var. *integriloba* Fiori olmak üzere iki varyetesi bulunmakta olup, endemik bir türdür. Relikt ve endemik bir tür olan, IUCN Kırmızı Listesi'nde "tehlike altındaki türler" kategorisinde yer alan Anadolu sığla ağacı (*L. orientalis* Mill.), halk arasında "günlük ağacı" olarak da bilinmektedir. Bu türün oluşturduğu sığla ormanlarının ekosistemine bütüncül bir bakışın sunulduğu bu derlemede; ağacın gövdesine açılan yaralardan doğal olarak sızan sığla balsamı incelenmiştir. Bu değerli reçinenin; antibakteriyel, antimikrobiyal, antitümör ve antioksidan özelliklerinin yanı sıra, fiksatif özelliği sayesinde parfümeri ve kozmetik sanayisinde önemli bir yere sahip olduğu bilinmektedir. Geleneksel halk hekimliğinde mide ve cilt hastalıklarının tedavisinde kullanılmaktadır. Bu çalışmada, sığla balsamının çeşitli kullanım alanlarına yönelik yürütülmüş bilimsel araştırmalar incelenerek Anadolu sığla ağacının ekolojik ve ekonomik önemini ortaya koymak, türün korunması ve sürdürülebilir kullanımına bilimsel katkı sağlamak amaçlanmıştır.

Anahtar kelimeler: Günlük ağacı, Günlük sakızı, Balsam, Endemik, Buhur, Antimikrobiyal

An evaluation of the Oriental sweetgum (*Liquidambar orientalis* Mill.) and its balsam

Abstract: The Oriental sweetgum (*Liquidambar orientalis*), a member of the Altingiaceae family, occurs naturally only in the southwestern region of Türkiye. The species *L. orientalis* has two varieties: var. *orientalis* and var. *integriloba* Fiori, and it is an endemic species. Being both a relict and endemic species, the Oriental sweetgum (*L. orientalis* Mill.) is listed as "Endangered" in the IUCN Red List. It is also known locally as the "Günlük Tree." In this review, which provides a holistic perspective on the ecosystem of sweetgum forests formed by this species, the sweetgum balsam that naturally exudes from wounds made on the tree trunk is examined. This valuable resin is known to possess antibacterial, antimicrobial, antitumor, and antioxidant properties, as well as significant importance in the perfumery and cosmetics industries due to its fixative qualities. In traditional folk medicine, it has been used in the treatment of gastric and skin diseases. This study evaluates scientific research conducted on various applications of sweetgum balsam. In this study, scientific research conducted on various uses of sweetgum balsam was examined in order to reveal the ecological and economic importance of the Oriental sweetgum and to provide a scientific contribution to the conservation and sustainable utilization of the species.

Keywords: Günlük tree, Balsam, Storax, Balsam, Endemic, Styrax, Incense, Antimicrobial

1. Giriş

Anadolu sığla ağacının (*Liquidambar orientalis* Mill.) yer aldığı *Liquidambar* cinsi, önceleri Hammamelidaceae familyasında tanımlanmaktayken, yapılan taksonomi çalışmaları sonucunda Altingiaceae familyası altında tanımlanmaktadır (Ürker 2014).

Anadolu Sığla ağacının da içinde yer aldığı *Liquidambar* cinsine bağlı 4 tür bulunduğu kaynaklarda belirtilmektedir. *Liquidambar formosana* Hance. ve *L. acalycina* Chang. Doğu Asya'da bulunmaktadır. *L. styraciflua* L. Kuzey Amerika'da ve Meksika ile Orta Amerika'dan Honduras'a kadar uzanan yüksek dağlık kesimlerde yer almaktadır (Taşkın vd. 2010). Güncel çalışmalarda ise bu cinse ait toplam 15 adet türden bahsedilmektedir (Şekil 1).

Sığla ağacı, Anadolu sığla ağacı, günlük ağacı, günlük, günnük, kara günlük, sığala gibi isimlerle bilinmektedir (Baytop 1999; Büyükkılıç 2013). Turkish sweetgum,

Anatolian sweetgum, oriental sweetgum yaygın İngilizce isimleridir (Kavak ve Wilson 2018; Demir vd. 2021). *Liquidambar*, latince sıvı akışkan anlamında olan liquidus, Arapça güzel kokulu anlamında olan amber sözcüklerinin birleşmesinden türetilmiştir (Aydınöz ve Bulut 2014). Bu adlandırmanın kaynağını, sığla ağacından elde edilen medikal balsam oluşturmaktadır.

Anadolu sığla ağacı, Türkiye'nin boreal-terciyer kökenli relict endemik türlerinden biridir. Buzul Çağı sırasında Anadolu'daki nemli ve sıcak mikroklimatik bölgeler, bu türün günümüze ulaşmasına olanak sağlamıştır (Taşkın vd. 2010). Bolu-Seben fosil ormanlarında bulunan Anadolu sığla ağacı fosillerinin yaşı yaklaşık 18-20 milyon olarak belirlenmiştir (Şekil 2, Ürker 2014).

^a Ege Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tohumluk Bilimi ve Teknolojisi Anabilim Dalı, İzmir

^b Ege Üniversitesi, Ödemiş Meslek Yüksekokulu, Ödemiş, İzmir

* Corresponding: filiz.kilic@ege.edu.tr

Received: 23.07.2025, Accepted: 12.09.2025



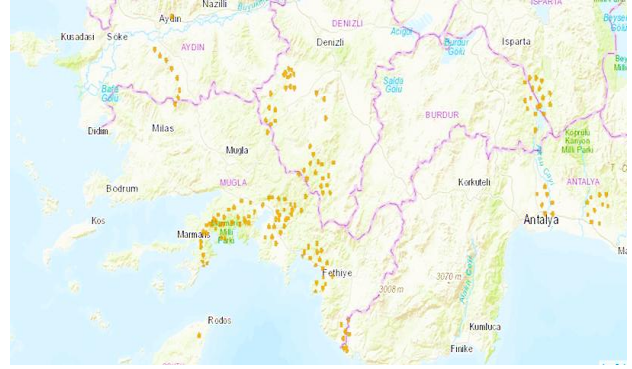
Şekil 1. Taksonomik Sınıflandırma (Smilyanets vd. 2024; Anonim (a), 2025)



Şekil 2. Bolu-Seben fosil ormanından görünüm (Ürker 2014)

Anadolu sığla ağacı, doğal olarak yalnızca Türkiye'nin güneybatısında yayılış göstermektedir (Şekil 3.). Bazı araştırmacılar bu türün Rodos ve Kıbrıs adalarında da görüldüğünü belirterek endemik sayılmaması gerektiğini ileri sürse de, literatürde bu bölgelerdeki varlığının sonradan insan eliyle gerçekleştirilen taşınma ve kültüre alma yoluyla oluştuğu ifade edilmektedir. Bu nedenle *L. orientalis*, Türkiye'ye özgü endemik bir tür olarak değerlendirilmekte ve (Taşkın vd. 2010; Ürker 2014) Anadolu'da yetişen iki varyetesi bulunmaktadır (Yüzer vd. 2022).

Anadolu sığla ağacının, en iyi gelişim gösterdiği alanlar rutubetli, alüvyal kil ve balçık topraklı nehir yataklarıdır. Türkiye'de özellikle Muğla çevresinde, denize yakın, alçak ve nemli çukur alanlarda yayılış göstermektedir. Deniz seviyesinden genellikle 15-20 metre yükseklikte bulunmaktadır. Bu alçak alanlardaki sığla meşcerelerine halk arasında "taban günlüğü", daha yüksek kesimlerde bulunanlara ise "dağ günlüğü" denilmektedir. Genellikle alçak bölgelerde yaygın olsa da, küçük gruplar halinde daha yüksek rakımlarda da (900-1000 metre) görülmektedir (Atay 1985).



Şekil 3. Anadolu Sığla ağacı yayılışı (Anonim (b) 2025)

Ortalama sıcaklığı 15-20°C olan bölgelerde yetişen sığla ağaçları 1000-1200 mm yağış alan yörede en soğuk ayların minimum sıcaklığı 4-7°C'dir (Öztürk vd. 2008; Ürker 2014).

Bu çalışma, Anadolu sığla ağacının ekolojik, ekonomik ve kültürel açıdan önemini bütüncül bir bakış açısıyla ortaya koymayı; doğal yayılış alanlarının mevcut durumunu ve karşı karşıya olduğu tehditleri değerlendirmeyi, biyoçeşitliliğe katkısını vurgulamayı ve türün korunması ile sürdürülebilir kullanımına yönelik literatüre bilimsel katkı sunmayı amaçlamaktadır.

2. Sığla ormanının genel özellikleri

İlk envanter çalışmalarında 6.312 hektar olarak belirlenen sığla orman varlığı, 1949 yılından itibaren turizm, orman yangınları ve bahçe açma gibi insan kaynaklı baskılar nedeniyle hızla azalmış; günümüzde ise parçalı bir yapı hâlinde, yetiştirme ve rezerv alanları dâhil olmak üzere toplam 1.654 hektara gerilemiştir. Ormanların en geniş yayılış gösterdiği yer olan Köyceğiz'de ise bu alan 770 hektara kadar düştüğü tespit edilmiştir (Ürker ve Günlü 2023). Endemik bir tür olan Anadolu sığla ağacı, IUCN Red List'e göre EN (Endangered) nesli tükenmekte olan kategorisinde bulunmaktadır (Kavak ve Wilson 2018).

Anadolu sığla ağacının yetiştiği subasar ormanlarının hassas ekosistemi, biyolojik çeşitlilik açısından son derece zengindir. Bu ormanlarda yaşayan 49 adet karayosunu türü tespit edilmiştir (Çatak ve Kırmacı 2020). Sığla ağaçlarının gövdelerinde, orman tabanında ve çürüyen sığla kalıntıları üzerinde bulunan çeşitli mantar türleri de Türkiye'den ilk kayıtlar arasında yer almaktadır (Kaygusuz vd. 2016; Çolak ve Kaygusuz 2018; Kaygusuz vd. 2022; Kaygusuz 2024). Sığla ormanlarından toplanan 613 bitki örneğinin değerlendirilmesi sonucunda 60 adet familyaya ait 150 adet cins, 212 adet tür, 8 adet alt tür ve 6 adet varyete belirlenmiştir (Akbaş ve Varol 2015). Ayrıca bu ormanlarda 33 familyaya ait 108 böcek türü kaydedilmiş; bu türlerden 15'i Türkiye için ilk kayıt niteliğindedir (Harman ve Avcı, 2023). Başka bir çalışmada ise yine Türkiye'de ilk kez kaydedilen sığla ağacı üzerinde yaşayan bir böcek türü rapor edilmiştir (Cebeci ve Korotyaev 2019).

Türkiye'de bulunan 39 adet yarası türünden 12 adedi sığla ormanlarında gözlemlenmiştir ve bunlardan 7 adedi koruma altındadır (Ürker ve Yorulmaz, 2020). Bu ormanlarda ayrıca 76 kuş türü (Ürker ve Benzeyen 2020)

ile dört anuran, dört kaplumbağa, dokuz kertenkele ve dokuz yılan türü olmak üzere toplam 26 amfibi ve sürüngen türü belirlenmiştir (Bozkurt vd. 2022). Memeli faunası açısından da zengin olan bu ormanlar; Avrasya su samuru, karakulak, yaban kedisi, Avrasya porsuğu, ağaç sansarı, kızıl tilki, yaban domuzu ve altın çakal gibi türlere ev sahipliği yapmaktadır (Ürker ve İlemin 2019).

04.04.2014 tarih ve 28962 sayılı Sulak Alanların Korunması Yönetmeliği ile 23.04.2020 tarihinde yayınlanan Muğla İli, Ortaca ve Dalman ilçesi sınırları içerisinde Bulunan Ortaca-Dalaman Sığla Ormanları Doğal Sit Alanının değerlendirilmesi hakkındaki Cumhurbaşkanlığı Kararındaki haritada yer alan koruma alanının genişletilerek Ortaca-Dalaman Sığla Ormanları Kesin Korunacak Hassas Alan statüsü verilmesine ilişkin alınan 02.04.2021 tarihli Cumhurbaşkanlığı kararları, Anadolu sığla orman varlığı için olumlu olan devletin aldığı yasal tedbirlerdendir (Anonim c 2025; Anonim d 2025).

Hassas bir ekosistemde yaşayan sığla ağacı sahalarını genişletme stratejisi üzerine Ürker ve Günlü (2023) Analitik Hiyerarşi Süreci ve Coğrafi Bilgi Sistemleri gibi modern yöntemlerden faydalanarak toprak, sıcaklık, iklim, habitat, arazi eğimi gibi kriterleri inceledikleri çalışmalarında, araştırma alanının %50.7'sinin (600,384 ha) düşük, %41.2'sinin (488,448 ha) orta ve %8.1'inin (95,400 ha) yüksek uygunluğa sahip olduklarını bulmuşlardır. Sığla ağacı popülasyonlarına ilişkin bir diğer çalışmada (Selim ve Sönmez 2015) yine coğrafi bilgi sistemleri ve peyzaj metrikleri kullanılarak sığla ormanların bütünlüğünü korumak ve çevresel baskıyı azaltmak için ormanları çevreleyen tampon bölgelerin oluşturulması gerektiği önerilmiştir. Türkiye genelinde sığla potansiyel büyüme alanlarını kriging yöntemi ile araştıran çalışma (Çorbacı vd. 2019) sonuçlarına göre Karadeniz, Akdeniz ve İç Anadolu bölgelerini kapsayan alanlara sığla ekilebileceği, uygun sıcaklık ve nem koşullarında 0 ila 800 m rakımda yaşayabileceği tahmin edilmiştir.



Şekil 4. Ege Üniversitesi Botanik Bahçesi ve Herbarium Araştırma ve Uygulama Merkezinde yer alan Anadolu sığla ağacının gövde ve yapraklarından bir görünüm

3. Botanik özellikleri

Anadolu sığla ağacı, ortalama 30-35 metreye kadar boylanabilen, 100 cm'ye kadar çap yapabilen ve 200-300 yıl ömrü olan bir ağaç türüdür. Geniş ve yuvarlak bir tepeye sahip olup, kalın dallarla bezenmiştir. Gençken pürüzsüz ve grimsi kabuğa sahip olup, yaşlandıkça kahverengimsi gri renge dönüşüp düzensiz çatlaklar oluşturmaktadır. Genç sürgünler çıplak ve yeşil renkte olup, sarmal dizili tomurcuklar 6-8 adet sivri pulla örtülüdür. Gövdelerde dallanma genellikle 3-5 metre yükseklikten itibaren başlamaktadır. Yaprakları genellikle 5 loblu, kenarları ince dişli olup, ince uzun saplarla bağlantılıdır; bazen 3 veya 7 loblu olmaktadır (Şekil 5.). Tek evcikli (Atay 1985; Yaltırık ve Efe 2000). Kök sistemi genellikle sığdır ve yer yer yayılıdır. Sığ kökler özellikle su tablasının yüksek olduğu alanlarda görülmektedir. Ancak, daha kuru habitatlarda yetişen bireylerde daha derin bir kazık kök sistemi gelişmektedir. Bitkinin kahverengimsi ve topuz biçimli sarkık meyve başları 2-3 cm çapında olup, 3-5 cm uzunluğundaki saplar üzerinde yer alır ve her biri 30-40 kapsül içermektedir. Bu başlar, 5 mm ile 1,5 mm arasında değişen boyutlarda, yassı, dikdörtgen şekilli ve kanatlı 50-75 adet küçük tohum üretmektedir. Kasım ayından aralık ayına kadar yapraklarını dökmeye başlayan ağacın şubat ayında yeni yaprakları çıkmaya başlamakta olup, mart ayı başında çiçeklenmektedir. Meyveler nisan ortasında belirginleşir, eylülde olgunlaşır ve ekim ayından itibaren 1,5 ay süreyle düşmeye başlar. Meyvelerini döken kapsüller ertesi yıla kadar ağaçlarda kalırlar (Öztürk vd. 2008).



Şekil 5. Anadolu sığla ağacının büyüme organları (A - çiçekli dal; 1 ve 2 - stamenler; 3 - topuz biçimli meyvede toplanmış dişi çiçekler; 4 - dişi çiçeğin uzunlamasına kesiti; 5-kaynaşmış kapsüllerin topuz biçimli meyvesi; 6 - meyvenin uzunlamasına kesiti ; 7 ve 8 - kanatlı tohum; 9 ve 10 - tohumun uzunlamasına ve enine kesiti; 11 - embriyo. (Anonim c 2025)

4. Sığla çoğaltım teknikleri

Anadolu sığla ağacı tohumla, yumuşak odun çelikleri ile ya da *in vitro* yöntemlerle çoğaltılabilmektedir. Her yıl tohum veren Anadolu sığla ağacı, üç yılda bir bol tohum üretimi gerçekleştirmektedir. Gri renk alan kapsüller toplanarak kurutulmakta ve sarsılarak tohumlar kapsüllerinden ayrılmaktadır. Elde edilen tohumlar, %10–15 nem oranında, ağzı kapalı kaplarda 2.2–4.4 °C’de 4 yıl süreyle saklanabilmektedir. Tohumlar, +5 °C’de 30–90 gün boyunca kumda soğuk-ıslak işleme tabi tutulduktan sonra 10–30 gün içinde çimlendiği ve ortalama %70 çimlenme oranı elde edildiği tespit edilmiştir (Atay 1985). Bununla birlikte, ön işleme gerek kalmaksızın tohumların 20–25 °C sıcaklıkta %87 oranında çimlenebildiği de bildirilmiştir (Bakır 2019). Rodos orijinli tohumlarda yapılan bir çalışmada 20/10 °C değişken sıcaklıkta, beyaz ışıktaki 12/12 saat karanlık/aydınlık koşullarında optimum çimlenme oranına ulaşılmıştır (Daskalakou ve Thanos 2014).

Anadolu sığla ağacının proventif sürgünlerinden alınan çelikler %80–90 nem, 18–20 °C sıcaklık, pH 5.5–7 aralığında, tuzsuz ortamda %50 kum + %50 perlit karışımında %0,5’lik IBA uygulamasıyla %73 çimlenme oranı elde edilmiştir. Çakıl ve IBA kombinasyonunda ise çimlenme oranı %87’ye ulaşmıştır (Kızmaz 1994).

Anadolu sığla ağacının aksiller tomurcuklarından alınan örneklerin MS ve WPM kültür ortamlarında farklı bitki büyüme düzenleyiciler ile kültüre alınması sonucunda başarılı sonuçlar verdiği çalışmanın sonuçları (Bayraktar vd. 2015) ticari bir üretim şekline dönüştürülmüştür. Tohum örnekleri kullanılan bir çalışmada WPM kültür ortamında uygulanacak NAA+BAP kombinasyonlarının başarılı olduğu ifade edilmiştir (Acar vd. 2018). Huang vd. (2024) *L. formosana* üzerine Anadolu sığla ağacı aşılama, aşılama ağaçlarından alınan balsamın kimyasal ve biyolojik etkilerini benzer bulmuşlardır.

5. Sığla balsamı içeriği ve kullanım alanları

Anadolu sığla ağacı yapay ya da doğal yaralanması sonucunda yara etrafında diri odun kısımlarında patolojik vertikal balsam kanalları oluşmaktadır. Yaralanmayan ağacın odun ve kabuğunda balsam kanalları bulunmamaktadır (Arslan ve Şahin 2016). Sığla ağacının gövdesine açılan yaradan sızan sıvı, sığla yağı veya sığla balsamı olarak adlandırılmaktadır. Sweetgum, Styrax liquidus, Turkish sweetgum balsam, Storax, Styrax, Levant styrax gibi isimlerle de bilinir (Tekere ve Kolancılar 2020).

Şifalı özelliği olan bitkilerin kullanımına ilişkin bilgiler ve 12 çeşit ilaç ile 250 farklı bitki türünden bahsedilen Sümer tabletleri bitkilerin tedavide kullanımına ilişkin en eski yazılı kaynaklardır. Sığla balsamı kullanımının en eski kayıtları Asur tabletlerinde yer almış, Mısırlılar tarafından, balsam mumyalama işlemlerinde ve tütsü olarak kullanılmıştır (Taylan 2018; Baumann 1960). Fenikeliler tüccarlar balsamın ticaretini Akdeniz boyunca yaymışlardır. Herodot gibi antik yazarlar, Persler, Skyth’ler ve diğer toplumlar tarafından ritüel ve herbal

amaçlı storax, styrax denilen balsamın kullanıldığını aktarmışlardır. Dioscorides ve Theophrastus gibi dönem hekimleri, sığla balsamını tedavi edici özellikleriyle öne çıkarmışlar, Hipokrates’in de storax ya da styrax isminle anılan mür’e benzeyen bir sıvıdan bahsettiği kaynaklarda yer almaktadır (Taylan 2018; Baumann 1960). Ancak literatürdeki diğer görüş de tıbbi ve ekonomik önemi yüksek olan Boswellia türlerinden elde edilen balsamın Sığla Ağacı’na atfedildiği, özellikle yöresel kullanımlarda ve modern literatürde bu iki türün sıkça karıştırılabileceği ya da antik kaynaklardan yapılan çeviri hataları nedeniyle yanlış değerlendirildiği yönündedir (Ürker 2014; Aydınöz ve Bulut 2014). Baytop’un (1999) drog tanımlarında, *Boswellia* türlerinden elde edilen usareyi ak günlük olarak tanımlarken, *L.orientalis* türünün gövde kabuklarından sığla balsamı elde edildikten sonra geriye kalan kabukları kara günlük olarak tanımlaması, halk arasında günlük ağacı da denilen sığla ağacının tanımlanmasına ilişkin kavramlardaki karmaşaya ilişkin görüşü destekler niteliktedir.

Bizanslılar döneminde ticareti yapılan *Styrax officinalis*’ten elde edilen altın renkli katı reçine ve *L. orientalis*’ten elde edilen sıvı, kırmızımsı kahverengi storaks balsamının, iki farklı ağaç türünden elde edildiği bu iki türün genellikle karıştırılarak veya aynı adla anılarak kullanıldığı, bunun da tarihsel kayıtlarda karışıklığa neden olduğu, storaksın, özellikle Bizans ve İslam dünyasında geniş ticaret ağlarına sahip olduğu, 10. yüzyıldan itibaren Bizans’ın, Anadolu’nun geniş bölgelerinden storaks ticaretini kontrol ederek uluslararası pazarlarda önemli bir konuma sahip olduğu Durak (2022) tarafından aktarılmıştır.

Evliya Çelebi, ünlü Seyahatnamesinde, sığla ağacının Osmanlı dönemi coğrafyasındaki yayılımını ve sığla balsamının, ağaçların kabuklarının kesilip sıkılmasıyla çıkarıldığını, kokusunun hoş olduğunu ve cüzam gibi hastalıkların tedavisinde kullanıldığını belirtmiştir. Ayrıca, sığla balsamının Hindistan’a kadar gönderildiğini ve orada tedavi amacıyla kullanıldığını ifade etmiştir. Evliya Çelebi’nin, Hellenistik dönemde Büyük İskender ile III. Darius arasındaki savaşta sığla balsamının kullanıldığından bahsetmesi ve doğal yayılım alanına ilişkin verdiği bilgiler sığlanın yayılışı ve kullanım alanlarıyla örtüşmektedir (Taylan 2018).

Anadolu sığla ağacı, özellikle Akdeniz bölgesinde geleneksel tıpta yaygın olarak kullanılan endemik bir bitkidir. Sığla balsamı, solunum yolu hastalıkları (astım, bronşit), romatizma ağrıları, cilt hastalıkları (mantarlara ve uyuz), yara iyileştirme ve sindirim sistemi rahatsızlıklarının tedavisinde geleneksel olarak tercih edilmiştir. Günümüzde ise sığla balsamı, parfümeri ve kozmetik ürünlerde koku sabitleyici olarak, sabun, sakız ve tütün aromalandırmada, ayrıca eczacılıkta bazı ilaçların yapımında kullanılmaktadır. İçerdiği sinamik asit ve sinamik alkol gibi bileşiklerle önemli bir doğal kaynak olma özelliği taşımaktadır. Balsam çıkarıldıktan sonra kalan odunsu parça "buhur" olarak adlandırılmakta olup, tarih boyunca dini törenlerde tütsü, olarak kullanılmıştır (Büyükkılıç 2013; Aydınöz ve Bulut 2014).

Sığla balsamı, kahverengimsi sarı renkte, yarı akışkan bir yapıya sahiptir. Acımsı tadıyla birlikte sinamik aside benzer karakteristik bir kokuya sahiptir. Bileşiminde %35-40 oranında sinamik asit bulunmakta ve bu asit hem serbest formda hem de esterleşmiş halde yer almaktadır. Yaklaşık %1 oranında uçucu yağ (sığla uçucu yağı), içeren sığla balsamı ayrıca %60 oranında sitoressin adı verilen triterpenik asitleri de içerir. Suda çözünmeyen bu yağ; benzen, eter ve aseton gibi organik çözücülerde çözünmektedir. Fiziksel özellikleri arasında özgül ağırlığının 1,091–1,113 arasında olduğu, asit sayısının 50–85 ve sabunlaşma sayısının ise 160–180 olduğu belirlenmiştir (Teker ve Kolancılar 2020).

Geleneksel sığla balsamı elde etme süreci, taban günlüklerinde en az 15 cm çapında, ova günlüklerinde en az 10 cm çapında olan ağaçların seçilerek ağaçların mart ayında yara açılacak bölgelerindeki kabuklarının inceltmesiyle başlamaktadır. Mayıs ayında "kaşık" adı verilen aletle dış kabuk, diri kabuk ve biraz oduna kadar yaralar açılır. Bir hafta sonra yaralar tazelenip, iki hafta sonra biriken yağ sıyrılarak alınmaktadır. Temmuz ve Ekim ayları arasında, her 15 günde bir yaralar üzerindeki yağ, kabuk ve odunla birlikte toplanmaktadır. Bu yağlar bakır kaplarda kaynatılmakta, sonra preslenerek çıkarılmakta ve beton havuzlarda toplanmaktadır. Kalan küspe ise kurutulmaktadır. Kuru küspeye günlük veya buhur adı verilmektedir. (Arslan ve Şahin, 2016, Aydınöz ve Bulut, 2014) Sığla balsamı alınan ağaçların boyları 28.5 metreye, sığla balsamı üretimi yapılmayan ormanlardaki ağaçların boyları ise 35 metreye kadar uzayabilmektedir (Bakır 2019).

1940'lı yıllardan itibaren 200.000 kg olan Anadolu sığla balsamı üretimi, orman alanlarının daralması, ekonomik öneminin azalması ve kimyasal fiksatorlerin yaygınlaşması gibi nedenlerle büyük ölçüde düşüş göstermiştir. Günümüzde ise yalnızca sınırlı alanlarda

otantik amaçlarla ve çoğunlukla kayıt dışı olarak sürdürülmektedir (Ürker 2014).

Sığla ağacının kimyasal içeriğini belirlemek için birçok çalışma yapılmış, yapılan çalışmalarda sadece balsamı değil yaprakları da materyal olarak kullanılmış, ekstraksiyonda ve analizde farklı yöntemler denenmiştir. İncelenen çalışmalarda farklı ana bileşenler bulunmuştur (Tablo 1). Sekonder metabolitlerin bileşim ve miktarındaki farklılıklar, bitkinin genetik yapısı (genotip ve kemotip çeşitliliği), gelişim aşamaları (ontogenez), farklı organ yapıları (morfojenetik) ve çevresel koşullardaki değişimlerin metabolit üretimini etkilemesiyle açıklanabilir (Verma ve Shukla 2015). Bu farklılıklar materyal, yöntem ve analiz farklılıklarından kaynaklanabilir. Duru vd. (2002) üç farklı yöntemle elde ettikleri yağdaki bileşiklerin oranlarındaki değişimi yöntemlerin farklılığına bağlamıştır. Analiz yöntemi ve cihazların farklılığı da sonuçlarda farklılıklara neden olabilmektedir (Teker ve Kolancılar 2020).

Yapraklar ve sığla balsamı bazı araştırmacılar tarafından doğrudan ağaçlardan toplanırken (Duru vd. 2002; Sıcak ve Eliuz 2018; Saraç ve Şen 2014; Keskin ve Güvensen 2022; Aşkun vd. 2021; Büyükkılıç vd. 2022), diğer bazıları ise sığla balsamı piyasadan satın almıştır. Ayrıca, ilaç şirketleri Mu vd. (2023) veya Muğla Orman İşletme Müdürlüğü'nden Gürbüz vd. (2013) temin eden araştırmalar da bulunmaktadır.

Sığla yağının antibakteriyel etkilerinin incelendiği çalışmalarda (Tablo 2), özellikle gram pozitif bakterilerden *Staphylococcus aureus* üzerinde yüksek antibakteriyel aktivite gösterdiği birçok araştırmada bildirilmiştir (Bilgili vd. 2016; Köse vd. 2016; Dönmez ve Önem 2018; Kılınç vd. 2020; Keyvan ve Savaş 2021; Ayrılmış vd. 2021; Demir vd. 2021; Demir vd. 2022; Çakmak vd. 2023; Çağlar ve Şahbaz 2023; Yurttaş vd. 2023; Nakipoğlu vd. 2024).

Tablo 1. Anadolu sığla ağacından elde edilen sekonder metabolit analiz sonuçları

Çalışma	Kullanılan materyal	Ekstraksiyon yöntemi	Kimyasal analiz	Ana bileşenler ve oranları
Aşkun vd. (2021)	Balsam	Hidrodistilasyon	HPLC, GC-MS	E-Ethyl cinnamate (%27.5-30.6), Torreyol (%11.0-12.0), Cinnamyl alcohol (%7.2-7.9)
Büyükkılıç vd. (2022)	Balsam	Hidrodistilasyon	GC-MS	Styrene (%92.59), α -Pinene (%2.2)
Mu vd. (2023)	Rafine Balsam	-	GC-TOF-MS	Cinnamyl cinnamate (%29.46), Cinnamyl alcohol (%11.17), Benzyl cinnamate (%8.83), Cinnamyl benzoate (6.69%), Caryophyllene (2.47%), Cinnamaldehyde (2.02%) and Styrene (0.77%).
Mutlu vd. (2024)	Balsam	-	GC-MS	Ethyl cinnamate (%56.06), Cinnamyl cinnamate (%35.51), Methyl cinnamate (%2.73)
Gürbüz vd. (2013)	Balsam	Uçucu yağ fraksiyonu/Mikro analiz	GC-MS	Styrene (%81.9), Cinnamyl alcohol (%6.9), α -Pinene (%3.5)
Topal vd. (2008)	Balsam	Süperkritik sıvı ekstraksiyonu (SFE)	GC-MS	octyl alcohol acetate (12.42%), rimuene (5.82%), N-nordextromethorphan (7.19%), 6a,17b-dihydroxy-5b-androstan-3one (22.92%), menthol (31.59%)
Topal vd. (2008)	Balsam	Su Buharı Distilasyonu	GC-MS	octyl alcohol acetate (20.12%), neocembrene (4.66%), N-nordextromethorphan (14.38%), phenanthrene (8.75%), 6a,17b-dihydroxy-5b-androstan-3one (12.87%), menthol (23.14%)
Huang vd. (2024)	Balsam	-	GC-MS	Cinnamyl cinnamate (%51.40), 3-Phenylpropyl cinnamate (%31.79), Cinnamyl alcohol (%2.48), Benzyl cinnamate (%2.35) ve 3-Phenylpropyl-2-propenyl ester (%0.72)
Huang vd. (2024)	Rafine Balsam	-	GC-MS	Cinnamyl cinnamate (%49.52), 3-Phenylpropyl cinnamate (%29.68), Cinnamyl alcohol (%3.28), Benzyl cinnamate (%2.46) ve 3-Phenylpropyl-2-propenyl ester (%0.92)

Tablo 1. Devamı

Çalışma	Kullanılan materyal	Ekstraksiyon yöntemi	Kimyasal analiz	Ana bileşenler ve oranları
Huang vd. (2024)	Graft edilmiş Balsam	-	GC-MS	Cinnamyl cinnamate (%51.39), 3-Phenylpropyl cinnamate (%30.04), Cinnamyl alcohol (%2.52), Benzyl cinnamate (%2.31) ve 3-Phenylpropyl-2-propenyl ester (%1.01)
Demirtaş vd. (2023)	Balsam	Hidrodistilasyon	GC-MS	E-Cinnamyl cinnamate (%38.8), 3-Phenylpropyl cinnamate (%38.1), δ -Cadinol (%4.9)
Baloğlu vd. (2023)	Yapraklar, ağaç kabuğu	-	GC-MS	Styrene (%78.5), Benzene propanol (%10.4), Cinnamyl alcohol (%5.9)
Urgancı vd. (2022)	Uçucu yağ	-	GC-MS	Cinnamyl cinnamate (%64.71), p-Ethylphenol (%8.63), α -Pinene (%3.26)
Koutsavi vd. (2018)	Yaprak	Hidrodistilasyon	GC-MS	Sabinene (%38.6), α -Pinene (%15.1), Terpinen-4-ol (%12.2), Germacrene D (%5.5)
Altıp vd. (2018)	Yaprak	Hidrodistilasyon	GC-MS, Co-GC, RI	Terpinen-4-ol (%31.86), γ -Terpinene (%14.38), Sabinene (%8.61), Germacrene D (%5.8)
Saraç ve Şen (2014)	Yaprak	Soxhlet ekstraksiyonu	RP-HPLC	Protocatechuic acid (12.232 mg/g), (-)-Epicatechin (7.954 mg/g), Gallic acid (3.258 mg/g)
Duru vd. (2002)	Yaprak var. <i>orientalis</i>	Hidrodistilasyon, buhar distilasyonu, ekstraksiyon	GC, GC-MS	Terpinen-4-ol (%35 %22 %15), α -Terpineol (%1.9, %25, %29), Sabinene (%13, %11, %7.0), α -pinene (%6.3, %4.1, %2.6), viridifloren (%1.8, %1.7, %2.1) ve germacrene D (%0.4, %5.9, %4.5)
Duru vd. (2002)	Yaprak Var. <i>integriloba</i>	Hidrodistilasyon, buhar distilasyonu, ekstraksiyon	GC, GC-MS	terpinen-4-ol (%33 %20 %9.4), α -Terpineol (%5.1, %28, %23), Sabinene (%1.7, %9.4, %15), α -pinene (%3.5, %3.6, %8.6), viridifloren (%4.7, %2.4, %9.7) ve germacrene D (%5.4, %5.3, %11)
Sıcak ve Eliuz (2018)	Yaprak	Su buhar distilasyonu	GC-MS	Terpinen-4-ol (%39.53), α -Terpineol (%16.21), Sabinene (%11.12), α -Pinene (%8.05), Veridiflorol (%6.37)
Keskin ve Güvensen (2022)	Yaprak	Ekstraksiyon (çeşitli çözücüler)	GC-MS	Benezepropanol (%49.30), Cinnamic acid (%35.89)

Tablo 2. Anadolu sığla ağacından elde edilen balsam ve özütlerin etkinliğinin araştırıldığı bakteri, fungus ve patojenler

Bakteri, Fungus, Patojen	Referans
<i>Acinetobacter baumannii</i> ATCC 19606	(Aykol ve Doğanay 2022; Büyükkılıç vd. 2022)
<i>Enterococcus faecalis</i> ATCC8093	(Ökmen vd. 2014)
<i>Acinetobacter lwoffii</i> ATCC 19002	(Büyükkılıç vd. 2022)
<i>Aeromonas hydrophila</i>	(Sağdıç vd. 2005)
<i>Aeromonas hydrophila</i> ATCC19570	(Keskin ve Güvensen 2022)
<i>Bacillus amyloliquefaciens</i>	(Sağdıç vd. 2005)
<i>Bacillus brevis</i>	(Sağdıç vd. 2005)
<i>Bacillus cereus</i>	(Dönmez ve Önem 2018; Sağdıç vd. 2005; Demir vd. 2021; Demir vd. 2022)
<i>Bacillus cereus</i> CCM99	(Keskin ve Güvensen 2022)
<i>Bacillus licheniformis</i> MTCC73537	(Ayrılmış vd. 2021)
<i>Bacillus megaterium</i>	(Sağdıç vd. 2005)
<i>Bacillus subtilis</i> RSKK245	(Ökmen vd. 2014)
<i>Bacillus subtilis</i>	(Sağdıç vd. 2005; Sıcak ve Eliuz 2018; Köse vd. 2016)
<i>Bacillus subtilis</i> ATCC 6633	(Keskin ve Güvensen 2022)
<i>Clostridium perfringens</i> ATCC 10388	(Altıp vd. 2018)
<i>Corynebacterium xerosis</i>	(Sağdıç vd., 2005)
<i>Enterobacter aerogenes</i>	(Sağdıç vd. 2005)
<i>Enterobacter aerogenes</i> ATCC 13048	(Baloğlu vd. 2023)
<i>Enterococcus durans</i>	(Baloğlu vd. 2023)
<i>Enterococcus faecalis</i> ATCC 29212	(Aykol ve Doğanay 2022; Büyükkılıç vd. 2022; Çakmak vd. 2023; Kılınç vd. 2020; Altıp vd. 2018)
<i>Enterococcus faecalis</i>	(Sağdıç vd. 2005)
<i>Enterococcus faecium</i>	(Baloğlu vd. 2023)
<i>Enterococcus hirae</i> ATCC 10541	(Demir vd. 2021)
<i>Enterococcus hirae</i>	(Demir vd. 2022)
<i>Escherichia coli</i> ATCC 10536	(Demir vd. 2022)
<i>Escherichia coli</i> ATCC 25922	(Yurttaş vd. 2023; Büyükkılıç vd. 2022; Demir vd. 2022; Çakmak vd. 2023; Altıp vd. 2018)
<i>Escherichia coli</i> ATCC11229	(Ökmen vd. 2014)
<i>Escherichia coli</i> MTCC1652	(Ayrılmış vd. 2021)
<i>Escherichia coli</i>	(Keyvan ve Savaş 2021; Çağlar ve Şahbaz 2023; Dönmez ve Önem 2018; Sağdıç vd. 2005; Sıcak ve Eliuz 2018; Bilgili vd. 2016; Köse vd. 2016; Demir vd. 2021; Karademir ve Ayhan 2021; Baloğlu vd. 2023)
<i>Escherichia coli</i> ATCC35218	(Keskin ve Güvensen 2022)
<i>Escherichia coli</i> O157:H7	(Sağdıç vd. 2005; Bayraktar ve Özyıldız 2019)
<i>Klebsiella pneumonia</i> ATCC 700603	(Aykol ve Doğanay 2022; Büyükkılıç vd. 2022)
<i>Klebsiella pneumonia</i> CCM 2318	(Keskin ve Güvensen 2022)
<i>Klebsiella pneumoniae</i>	(Sağdıç vd. 2005; Bilgili vd. 2016; Karademir ve Ayhan 2021)
<i>Lactobacillus acidophilus</i> ATCC 11975	(Altıp vd. 2018)
<i>Legionella pneumophila</i> subsp. <i>Pneumophila</i> ATCC33152	(Demir vd. 2022)
<i>Legionella</i>	(Demir vd. 2021)
<i>Listeria monocytogenes</i> ATCC7644	(Ökmen vd. 2014; Baloğlu vd. 2023)
<i>Listeria monocytogenes</i>	(Sağdıç vd. 2005)
<i>Methicillin Resistant Staphylococcus aureus</i>	(Dönmez ve Önem 2018)
<i>Methicillin Resistant Staphylococcus aureus</i> ATCC43300	(Bayraktar ve Özyıldız 2019)
<i>Micrococcus luteus</i>	(Sağdıç vd. 2005)
<i>Mycobacterium smegmatis</i>	(Sağdıç vd. 2005)
<i>Mycobacterium tuberculosis</i> H37Ra	(Aşkun vd. 2021)

Tablo 2. Devamı

Bakteri, Fungus, Patojen	Referans
<i>Mycobacterium tuberculosis</i> H37Rv	(Aşkun vd. 2021)
<i>Proteus vulgaris</i>	(Sağdıç vd. 2005; Baloğlu vd. 2023)
<i>Pseudomonas aeruginosa</i> ATCC 27853	(Aykol ve Doğanay 2022; Keskin ve Güvensen 2022; Büyükkılıç vd. 2022; Çakmak vd. 2023)
<i>Pseudomonas aeruginosa</i> ATCC 9027	(Demir vd. 2022)
<i>Pseudomonas aeruginosa</i> MTCC2453	(Ayrılmış vd. 2021)
<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	(Dönmez ve Önem 2018; Sıcak ve Eliuz 2018; Sağdıç vd. 2005; Bilgili vd. 2016; Köse vd. 2016; Demir vd. 2021; Karademir ve Ayhan 2021; Baloğlu vd. 2023)
<i>Pseudomonas aeruginosa</i> PA01	(Dönmez ve Önem 2018)
<i>Pseudomonas fluorescens</i>	(Sağdıç vd. 2005)
<i>Salmonella</i> Enteritidis	(Keyvan vd. 2022)
<i>Salmonella</i> Enteritidis PT4	(Keyvan vd. 2022)
<i>Salmonella</i> Kentucky	(Baloğlu vd. 2023)
<i>Salmonella</i> Typhimurium RSKK19	(Ökmen vd. 2014)
<i>Salmonella</i> typhimurium CCM 583	(Keskin ve Güvensen 2022)
<i>Serratia marrescens</i>	(Baloğlu vd. 2023)
<i>Staphylococcus alpha haemolyticus</i>	(Baloğlu vd. 2023)
<i>Staphylococcus aureus</i> ATCC 25923	(Baloğlu vd. 2023)
<i>Staphylococcus aureus</i> ATCC 25923	(Kılınç vd. 2020; Altop vd. 2018)
<i>Staphylococcus aureus</i> ATCC 6538	(Yurttaş vd. 2023; Büyükkılıç vd. 2022; Demir vd. 2022)
<i>Staphylococcus aureus</i> ATCC29213	(Büyükkılıç vd. 2022; Çakmak vd. 2023)
<i>Staphylococcus aureus</i> MTCC96	(Ayrılmış vd. 2021)
<i>Staphylococcus aureus</i> RSKK2392	(Ökmen vd. 2014)
<i>Staphylococcus aureus</i>	(Keyvan ve Savaş 2021; Çağlar ve Şahbaz 2023; Dönmez ve Önem 2018; Sağdıç vd. 2005; Sıcak ve Eliuz 2018; Bilgili vd. 2016; Demir vd. 2021; Karademir ve Ayhan 2021; Nakipoğlu vd. 2024)
<i>Staphylococcus aureus</i> ATCC6538/P	(Keskin ve Güvensen 2022)
<i>Staphylococcus epidermidis</i> ATCC 49461	(Büyükkılıç vd. 2022)
<i>Staphylococcus epidermidis</i>	(Köse vd. 2016; Baloğlu vd. 2023)
<i>Staphylococcus epidermidis</i> NRRLB-4268	(Bayraktar ve Özyıldız 2019)
<i>Staphylococcus haemolyticus</i> ATCC 43252	(Aykol ve Doğanay 2022)
<i>Streptococcus faecalis</i> ATCC8043	(Keskin ve Güvensen 2022)
<i>Streptococcus mutans</i> ATCC 25575	(Kılınç vd. 2020)
<i>Streptococcus mutans</i> ATCC10449	(Bayraktar ve Özyıldız 2019)
<i>Streptococcus pneumoniae</i> ATCC49619	(Büyükkılıç vd. 2022)
<i>Vancomycin Resistant Enterococcus faecium</i> DSMZ 13590	(Bayraktar ve Özyıldız 2019)
<i>Yersinia enterocolitica</i> NCTC11174	(Ökmen vd. 2014)
<i>Yersinia enterocolitica</i>	(Sağdıç vd. 2005)
<i>Candida albicans</i>	(Sıcak ve Eliuz 2018; Köse vd. 2016; Demir vd. 2021; Karademir ve Ayhan 2021; Demir vd. 2022)
<i>Candida albicans</i> ATCC 10239	(Keskin ve Güvensen 2022)
<i>Candida albicans</i> ATCC 10231	(Yurttaş vd. 2023; Kılınç vd. 2020)
<i>Candida albicans</i> ATCC 66027	(Büyükkılıç vd. 2022)
<i>Candida albicans</i> RSKK02029	(Ökmen vd. 2014)
<i>Candida albicans</i> DSMZ 5817	(Bayraktar ve Özyıldız 2019)
<i>Candida glabrata</i> ATCC2001	(Büyükkılıç vd. 2022)
<i>Candida parapsilosis</i>	(Sıcak ve Eliuz 2018)
<i>Fusarium oxysporum</i>	(Onaran ve Bayan 2016)
<i>Botrytis cinerea</i>	(Onaran ve Bayan 2016)
<i>Rhizoctonia solani</i>	(Onaran ve Bayan 2016)
<i>Alternaria solani</i>	(Onaran ve Bayan 2016)
<i>Sclerotinia sclerotiorum</i>	(Onaran ve Bayan 2016)
<i>Phytophthora cactorum</i>	(Lee vd. 2009)
<i>Cryphonectria parasitica</i>	(Lee vd. 2009)
<i>Fusarium circinatum</i>	(Lee vd. 2009)
<i>Sitophilus oryzae</i> (Pirinç biti)	(Koutsaviti vd. 2018)
<i>Leptinotarsa decemlineata</i> (Patates böceği)	(Ertürk ve Sarıkaya 2017)
<i>Varroa</i>	(Utkan ve Eroğlu 2024)

Çalışmalarda, gram negatif bakterilerden *Pseudomonas aeruginosa* üzerinde sığla balsamının antibakteriyel özellikleri bulunmuştur. (Sağdıç vd. 2005; Köse vd. 2016; Bilgili vd. 2016; Sıcak ve Eliuz 2018; Ayrılmış vd. 2021; Demir vd. 2021; Karademir ve Ayhan 2022).

Sığla balsam ve ekstratlarının *Echerichia coli* üzerinde antibakteriyel özelliklerinin araştırıldığı çalışmalarda (Sağdıç vd. 2005; Köse vd. 2016; Bilgili vd. 2016; Ayrılmış vd. 2021; Yurttaş vd. 2023; Çağlar ve Şahbaz 2023) sığla balsamı etkili bulunurken Dönmez ve Önem (2018) ile Bayraktar ve Özyıldız (2019) çalışmalarında ürettikleri malzemenin *E. coli* üzerinde etki göstermediğini ifade etmişlerdir.

Sığla balsamının, gram pozitif bakterilerle yapılan çalışmalarda gram negatif bakterilerden daha başarılı olduğu, bunun gram-pozitif, gram- negatif bakteri gruplarının farklı kalınlıkta hücre duvarları olmasıyla

açıklanmaktadır (Ökmen vd. 2014; Demir vd. 2021; Demir vd. 2022).

Sığla balsamı, antibakteriyel özellikleri sayesinde farklı disiplinlerdeki araştırmacıların ilgisini çekmiş ve bu nedenle sığla içeren antibakteriyel materyaller bilimsel çalışmalara konu olmuştur. Örneğin, Keyvan ve Savaş (2021), sığla balsamının endüstriyel yüzeyler ve süt tanklarının temizliğinde kullanılabilirliğini araştırmışlardır. Karademir ve Ayhan (2022) ise, hemodiyaliz süreçlerinde kullanılan kan tüplerinin yüzeylerinde, sığla ekstratı ile zenginleştirilmiş PEG/gümüş nanopartiküllerinin etkinliğini incelemiş ve olumlu sonuçlar elde etmişlerdir.

Çağlar ve Şahbaz (2023), jelatin ve Arap zıncı kullanarak, ultrason destekli kompleks koaservasyon yöntemiyle sığla balsamı mikrokapsülleri sentezlemişlerdir. Yurttaş vd., (2023) ise, sığla yaprağından su distilasyonu yoluyla elde edilen ekstratı,

gümüş nanopartikülleri ve odun unu ile birlikte PLA biyopolimerine entegre ederek 3D yazıcıyla biyofilament üretmişlerdir. Aynı çalışmada, altı farklı formülasyonla PLA biyokompozit malzemeleri hazırlanmıştır.

Bilgili vd. (2016), pamuk ve pamuk/polyester karışımlarında kullanılmak üzere, sıgla yaprağı ekstratı yüklü gümüş nanopartiküllerin antibakteriyel tekstil uygulamalarındaki potansiyelini araştırmışlardır. Demir vd. (2021), sıgla balsamı eklenmiş kitosan ve polivinil alkol (PVA) kriyojellerinin doku mühendisliğinde kullanımına yönelik çalışmalar yapmıştır yine Demir vd. (2022), elektrosin yöntemiyle sıgla balsamı içeren polikaprolakton (PCL) nanolifli iskeleler üretmiş, Bayraktar ve Özyıldız (2019), ozonla köpük forma getirilen ipek fiberine sıgla yaprağı ekstraktı ekleyerek yeni bir malzeme geliştirmiştir.

Kılınç vd. (2020), sıgla balsamının etanol ekstraktı ile cerrahi ipek sütür kaplaması gerçekleştirmiştir. Nakipoğlu vd. (2024), sıgla yüklü hidroksietil kitosan/kappa-karagenan bazlı hidrojel ile yara örtüsü üretmişlerdir. Ayrıca, sıgla balsamı içerisinde yer alan doğal bileşiklerin, süt sıgırcılığında yaygın olan mastitis etkenlerine karşı etkili olduğu belirtilmiştir (Ökmen vd. 2017).

Chen vd. (2024), fare makrofaj modeli olan RAW264.7 hücrelerinde gerçekleştirdikleri çalışmada sıgla balsamının inflamasyona bağlı hastalıkların tedavisinde kullanılabileceğini öne sürmüştür. Köse vd. (2016) ise, sıgla balsamının yara iyileşme sürecinde DNA bölünmesini teşvik edici etkisine dikkat çekmiştir. Çakmak vd. (2023) ise PLA ve kitosan gibi biyopolimerlerle 5 farklı kombinasyonda hazırlanan malzemeleri 3D yazıcıda kullanarak yara örtüsü geliştirmiştir. Aynı çalışmada, %1 sıgla balsamı içeren malzemenin insan fibroblast hücrelerinde yüksek yara kapatma etkisi gösterdiği vurgulanmıştır. Gürbüz vd. (2013) balsamın geleneksel kullanımda yeri olan antiülserojenik etkisini kanıtlamışlardır ayrıca gastrit üzerinde olumlu etkileri değerlendirilmiştir (Kıyıcı vd. 2024).

Balsamın mitokondri fonksiyonlarını iyileştirmekte ve iskemik kalp hasarını azalttığına ilişkin çalışmalar mevcuttur (Mu vd. 2023). Balsamın etkilerini meme kanseri hücre hatlarında çalışan Baloğlu vd. (2023), kanser tedavisinde yan etkileri az olan yeni alternatifler arasında potansiyel taşıdığını belirtilmişlerdir. Çetinkaya vd. (2022) çalışmalarında sıgla yaprak metanol ekstratının HCT-116 ve HT-29 kolorektal kanser hücre hatlarında in vitro antikanser etkiler gösterdiğini ifade etmişlerdir. HEP-2 kanser hücrelerinde (Duran ve Tuncer 2023), prostat kanser hücrelerinde (Atmaca vd. 2022), yine meme (MDA-MB-231), akciğer (A549) ve prostat (PC3) kanser hücrelerinde antitümör özellikler gösterdiği bildirilmiştir (Baloğlu vd. 2023).

Yapılan farklı antioksidan testleri, sıgla balsamının serbest radikallerle mücadelede yüksek düzeyde etkili olduğunu ve güçlü bir antioksidan potansiyele sahip olduğunu göstermiştir (Ökmen vd. 2014; Nalbantsoy vd. 2016; Demir vd. 2021; Büyükkılıç 2022; Baloğlu vd. 2023).

Tarım alanında da bazı çalışmalar mevcuttur. Örneğin, Koutsaviti vd., (2018), pirinç biti (*Sitophilus oryzae*)

üzerinde sıgla balsamının fümigant etkisini araştırmış ancak etkinlik görülmemiştir. Buna karşılık, Ertürk ve Sarıkaya (2017), sıgla balsamının patates böceği (*Leptinotarsa decemlineata*) üzerinde yumurta bırakma davranışını etkileyerek kimyasal pestisitlere alternatif olabileceğini belirtmişlerdir.

Utkan ve Eroğlu (2024) tarafından yürütülen çalışmada, sıgla balsamının bal arılarında yaygın bir parazit olan *Varroa*'ya karşı etkili olduğu, ancak arılar üzerinde stres yaratmadığı tespit edilmiştir. Son olarak, Yavuz ve Öztürk (2023) sıgla yapraklarının geviş getiren hayvanlarda yem olarak kullanım potansiyelini olumlu değerlendirmiştir.

Lee vd. (2009), *Phytophthora cactorum*, *Cryphonectria parasitica* ve *Fusarium circinatum* gibi fungal patojenlere karşı 40 farklı esansiyel yağı test ettikleri çalışmada sıgla balsamını da değerlendirmişlerdir.

6. Sonuç ve öneriler

Anadolu sıgla ağacı yalnızca Türkiye'ye özgü endemik bir tür olmasının ötesinde, ekolojik, ekonomik ve kültürel açıdan büyük öneme sahip değerli bir doğal mirastır. Sıgla ormanları, içinde barındırdığı yosunlar, mantarlar, kuşlar ve memeliler gibi pek çok canlı türü için kritik yaşam alanları oluşturarak benzersiz ve hassas ekosistemlerin sürdürülebilirliği açısından vazgeçilmez bir rol üstlenmektedir. Bu nedenle, sıgla ormanlarının ve türün genetik çeşitliliğinin korunması, sadece türün devamlılığı açısından değil, aynı zamanda bölgesel biyolojik çeşitlilik ve ekosistem sağlığı açısından da hayati öneme sahiptir.

Doğal yaşam ortamındaki tür üzerindeki insan kaynaklı baskıların azaltılması ve biyolojik kaynakların sürdürülebilir kullanımı için zirai yöntemlerle yetiştiriciliğin yaygınlaştırılması büyük önem taşımaktadır. Sıgla ağacının çimlenme ve köklenme açısından herhangi bir engelinin bulunmaması, bu türün kontrollü koşullarda başarılı şekilde çoğaltılabileceğini göstermektedir. Ancak, sıgla hassas ekosistemlere bağlı bir tür olduğundan, yetiştiricilik ve plantasyon çalışmalarının ekosistem dostu ve bilimsel temellere dayalı bir şekilde planlanması gerekmektedir.

Öte yandan, doğada hali hazırda kıt olan sıgla balsamı ürününün yoğun tasarım ve üretim süreçlerine tabi tutulması, tür üzerindeki baskıyı artırabilir. Bu nedenle, üretim ve kullanımda sürdürülebilirlik ilkeleri doğrultusunda hareket edilmelidir. Alternatif olarak, benzer özelliklere sahip olan *Styrax officinalis* ve *Boswellia* gibi diğer bitki türlerinden elde edilen ürünlerin kullanımının teşvik edilmesi, sıgla türünün korunmasına katkı sağlayabilir ve mevcut kaynakların tükenme riskini azaltabilir.

Anadolu sıgla ağacının korunması ve sürdürülebilir kullanımına yönelik kapsamlı stratejiler geliştirilmesi, hem biyolojik çeşitliliğin korunması hem de ekonomik ve kültürel değerlerin yaşatılması açısından zorunludur. Bu bağlamda, multidisipliner çalışmalarla hem doğal habitatların korunması hem de tarımsal üretim tekniklerinin geliştirilmesi gerekmektedir.

Açıklama

Bu çalışmada konu edilen Anadolu sığla ağacı türünün korunmasına yönelik bugüne dek katkı sunmuş tüm araştırmacılara, akademisyenlere ve doğa koruma alanında çalışan uzmanlara, bu değerli türün yaşatılması için destek veren tüm kurumlara ve gönüllülere saygıyla teşekkür ederiz.

Kaynaklar

- Anonim (a) (2025). Plants of the world online. *Liquidambar orientalis* Mill. <https://powo.science.kew.org/taxon/urn:lsid:ipni.org:names:430714-1>, Erişim Tarihi: 26.06.2025
- Anonim (b) (2025). IUCNREDLIST. Oriental Sweetgum, *Liquidambar orientalis*. <https://www.iucnredlist.org/species/62556/42326468> Erişim Tarihi: 29.06.2025
- Anonim (c) (2025). T.C. Cumhurbaşkanlığı Mevzuat Sistemi. 23.04.2020 tarihli Cumhurbaşkanlığı Kararı. <https://www.mevzuat.gov.tr/MevzuatMetin/20.5.2476.pdf> Erişim Tarihi: 13.07.2025
- Anonim (d) (2025). T.C. Cumhurbaşkanlığı Mevzuat Sistemi. Sulak Alanların Korunması Yönetmeliği. <https://www.mevzuat.gov.tr/mevzuat?MevzuatNo=19546&MevzuatTur=7&MevzuatTertip=5> Erişim Tarihi: 13.07.2025
- Anonim (e) (2025). *Liquidambar orientalis* Mill. fotoğrafı: Düzenleyen: Thomas SCHOEPEKE. <https://web.archive.org/web/2007062222320/http://pharm1.pharmazie.uni-greifswald.de/allgemei/koehler/koeh-089.jpg> Erişim Tarihi: 16.07.2025
- Acar YS, Ayaz ÖB, Bürün B (2018). Adventitious shoot formation from hypocotyl and cotyledon explants of relict endemic *Liquidambar orientalis* Miller. *Mugla Journal of Science and Technology*, 4(2):137-142.
- Akbaş K, Varol Ö (2015). Floristic properties and life forms of *Liquidambar orientalis* forests naturally distributed in Muğla Turkey. *Biological Diversity and Conservation*, 8(3):159-167.
- Altop A, Erener G, Duru ME, Isik K (2018). Effects of essential oils from *Liquidambar orientalis* Mill. leaves on growth performance, carcass and some organ traits, some blood metabolites and intestinal microbiota in broilers, *British Poultry Science*, 59 (1):121-127.
- Arslan M, Şahin H (2016). Unutulan bir orman ürünü kaynağı: Anadolu sığla ağacı (*Liquidambar orientalis* Mill.). *Bartın Orman Fakültesi Dergisi*, 18(1):103-117.
- Aşkın Tülin, Kürkçüoğlu M, Güner Pınar (2021). Antimycobacterial activity and chemical composition of essential oils and phenolic extracts of the balsam of *Liquidambar orientalis* Mill. (*Altingiaceae*). *Turkish Journal of Botany* 45(8): 800-808.
- Atay İ (1985). Sığla Ağacı'nın (*Liquidambar orientalis* Miller) önemi ve silvikültürel özellikleri. *İ.Ü. Orman Fak. Dergisi*, 12:15-21.
- Atmaca H, Camli Pulat C, Citan M (2022). *Liquidambar orientalis* Mill. gum extract induces autophagy via PI3K/Akt/mTOR signaling pathway in prostate cancer cells. *International Journal of Environmental Health Research*, 32(5):1011-1019.
- Aydınöz M, Bulut S (2014). Egenin gizli kalmış şifa iksiri: Sığla. *Afyon Kocatepe University Journal of Science and Engineering*, 14:1-6.
- Aykol ŞMÖ, Doğanay D (2022). Antibacterial Effect of *Liquidambar Orientalis* Miller Resin on Nosocomial Infection Agents. *International Journal of Basic and Clinical Studies*, 11(2):58-66.
- Ayrılmış N, Yurttaş E, Durmuş A, Özdemir F, Nagarajan R, Kalimuthu M, Kuzman MK (2021). Properties of biocomposite films from PLA and thermally treated wood modified with silver nanoparticles using leaf extracts of oriental sweetgum. *Journal of Polymers and the Environment*, 29:2409-2420.
- Bakır GB (2019). Anadolu sığlasında (*Liquidambar orientalis* Mill.) bazı orijinlerin tohum ve çimlenme özellikleri üzerine incelemeler. *İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi*.
- Baumann BB (1960). The Botanical aspects of ancient Egyptian embalming and burial. *The New York Botanical Garden*, 14 (1):84-104.
- Baloğlu MC, Yıldız Özer L, Pirci B, Zengin G, İbrahim Uba A, Çelik Altunoğlu Y (2023). Evaluation of the potential therapeutic properties of *Liquidambar orientalis* oil. *Chemistry & Biodiversity*, 20(10):e202300291.
- Bayraktar M, Hayta S, Parlak S, Gurel A (2015). Micropropagation of centennial tertiary relict trees of *Liquidambar orientalis* Miller through meristematic nodules produced by cultures of primordial shoots. *Trees*, 29(4):999-1009.
- Bayraktar O, Özyıldız F (2019). Use of ozone for the preparation of functional silk fibroin-based biomaterial loaded with bioactive compounds for biomedical applications. *Ozone: Science & Engineering*, 41(1):80-91.
- Baytop T (1999). Türkiye'de Bitkilerle Tedavi Geçmişte ve Bugün. *Nobel Tıp Kitabevi*.
- Bilgili B, Karademir F, Bozacı E, Özdoğan E, Ayhan H, Ayhan F (2016). *Liquidambar orientalis* Mill. leaf aqueous extract for the synthesis of silver nanoparticles and immobilization on textile fabrics for biomedical applications. *Textile and Apparel*, 26(4):421-429.
- Bozkurt E, Ürker O, Elverici M (2022). An assessment of the herpetofauna of the Oriental Sweetgum forests in southwestern Anatolia, Turkey. *Phyllomedusa: Journal of Herpetology*, 21(2):125-139.
- Büyükkılıç Altınbaşak B, Issa G, Zengin Kurt B, Demirci B (2022). Biological activities and chemical composition of Turkish Sweetgum balsam (*Styrax Liquidus*) essential oil. *Bezmialem Science*, 10(6):709-715.
- Büyükkılıç B (2013). Sığla (*Liquidambar orientalis* Miller) uçucu bileşenlerinin kimyası ve biyolojik aktivitelerinin incelenmesi. *Yüksek Lisans tezi, Anadolu Üniversitesi*.
- Çakmak HY, Ege H, Yılmaz S, Ağtürk G, Dal Yöntem F, Enguven G, Ege ZR (2023). 3D printed *Styrax Liquidus* (*Liquidambar orientalis* Miller)-loaded poly (L-lactic acid)/chitosan based wound dressing material: Fabrication, characterization, and biocompatibility results. *International Journal of Biological Macromolecules*, 248: 125835.
- Çetinkaya S, Çınar Ayan İ, Süntar İ, Dursun HG (2022). The phytochemical profile and biological activity of *Liquidambar orientalis* Mill. var. *orientalis* via NF-κB and apoptotic pathways in human colorectal cancer. *Nutrition and Cancer*, 74(4):1457-1473.
- Cebeci HH, Korotyaev BA (2019). A new species for the fauna of Turkey: *Euryommatus berytensis* (Marseul, 1868) (*Coleoptera*, *Curculionidae*, *Conoderinae*). *Entomological News*, 128(2):120-122.
- Chen H, Li SH, Cheng YX (2025). Five anti-inflammatory compounds from the resins of *Liquidambar orientalis*. *Journal of Asian Natural Products Research*, 27(1):1-10.
- Çolak ÖF, Kaygusuz O (2018). First record of *Scutellinia legaliae* (*Ascomycota*, *Pyrenomataceae*) from relict endemic *Liquidambar orientalis* forest in Turkey. *Czech Mycology*, 70(1):57-65.
- Çorbacı ÖL, Bilgili BC, Öner N, Erşahin S, Kasko-Arici Y (2019). Potential use of natural Turkish sweetgum species in landscape design in Turkey. *Fresenius Environmental Bulletin*, 28(2A):1610-1615.
- Daskalaku E, Thanos AK (2014). Sexual reproduction in native trees of Greece. *Current Technologies of Forest Seed Treatment*, 31-49.

- Demir D, Özdemir S, Ceylan S, Yalçın MS, Sakım B, Bölgen N (2022). Electrospun composite nanofibers based on poly (ϵ -caprolactone) and styrax liquidus (*Liquidambar orientalis* Miller) as a wound dressing: preparation, characterization, biological and cytocompatibility results. *Journal of Polymers and the Environment*, 30(6): 2462-2473.
- Demir D, Özdemir S, Gonca S, Bölgen N (2021). Novel styrax liquidus loaded chitosan/polyvinyl alcohol cryogels with antioxidant and antimicrobial properties. *Journal of Applied Polymer Science*, 139(17):52033.
- Demirtas A, Pacifico C, Gruber T, Chizzola R, Zebeli Q, Khiaosa-Ard R (2023). Sigla storax (*Liquidambar orientalis*) mitigates in vitro methane production without disturbances in rumen microbiota and nutrient fermentation in comparison to monensin. *J Appl Microbiol* 1:134(8):lxad154.
- Dönmez İE, Önem E (2018). Anti-bacterial, anti-biofilm and anti-swarming effects of eucalypt and oriental sweet gum bark extractives. *Applied Ecology & Environmental Research*, 16(5):6267-6279.
- Durak Koray (2022). The story of Storax in the byzantine world: A fragrant resin of international fame from Southern Anatolia. *Adalya*, (25):179-207.
- Duru ME, Çakır A, Harmandar M (2002). Composition of the volatile oils isolated from the leaves of *Liquidambar orientalis* Mill. *Var. Orientalis* and *L. orientalis* var. *Integriloba* from Turkey. *Flavour and Fragrance Journal*, 17:95-98.
- Duran T, Tuncer Z (2023). Investigation of cytotoxic and apoptotic effects of styrax liquidus obtained from *Liquidambar orientalis* Miller (*Hamamelidaceae*) on HEP-2 cancer cell with caspase pathway. *The Eurasian Journal of Medicine*, 55(3):185.
- Ertürk Ö, Sarıkaya A (2017). Effects of various plant extracts on the development of the potato beetle under laboratory and field conditions: a combined study. *Journal of the Entomological Research Society*, 19(2):101-112.
- Gürbüz İ, Yeşilada E, Demirci Betül, Sezik E, Demirci F, Başer KHC (2013). Characterization of volatiles and anti-ulcerogenic effect of Turkish sweetgum balsam (*Styrax liquidus*), *Journal of Ethnopharmacology*, 148(1): 332-336.
- Harman İ, Avcı M (2023). Contributions to the knowledge of Turkish saproxylic beetle fauna of Anatolian sweetgum forests. *Turkish Journal of Entomology*, 47(4):415-431.
- Huang S, Cai J, Ma L, Zhang Q, Sun Y, Zhang Q, et al. (2024). Effects of grafting on chemical constituents, toxicological properties, antithrombotic activity, and myocardial infarction protection of styrax secreted from the trunk of *Liquidambar orientalis* Mill., *PLoS ONE*, 19(1):e0289894.
- Karademir F, Ayhan F (2021). Antimicrobial surface functionality of PEG coated and AgNPs immobilized extracorporeal biomaterials. *Biointerface Res. Appl. Chem*, 12(1):1039-1052.
- Kavak S, Wilson B (2018). *Liquidambar orientalis*. The IUCN Red List of Threatened Species.
- Kaygusuz O (2024). First record of *Hygrophoropsis flavidia* (*Hygrophoropsidaceae*, *Agaricomycetes*) from Türkiye. *Anatolian Journal of Botany*, 8(2):176-180.
- Kaygusuz O, Gezer K, Şeker M (2016). Four new records of *Pluteus* Fr. from interesting habitats in the Aegean region of Turkey. *Botany Letters*, 163(3):251-259.
- Kaygusuz O, Knudsen H, Bandini D, Türkeul I (2022). *Inocybe viscida* (*Inocybaceae*: *Agaricomycetes*), a new species from Mediterranean forests of Turkey. *Turkish Journal of Botany*, 46(5):517-527.
- Keskin D, Güvensen N (2022). Investigation of antimicrobial properties and chemical composition of different extracts of Sweet gum leaves (*Liquidambar orientalis*). *International Journal of Agriculture, Environment and Food Sciences*, 6(1):13-18.
- Keyvan E, Savaş MM (2021). Evaluation of antibacterial activities of *Stryx Liquidus* on *Staphylococcus aureus* on stainless steel surface. *Mehmet Akif Ersoy University Journal of Health Sciences Institute*, 9(1):7-11.
- Keyvan E, Tutun H, Kahraman HA, Şen E, et al. (2022). Determination of time-dependent antibacterial activities of curcumin, carvacrol and *Styrax liquidus* on *Salmonella Enteritidis*. *Ankara Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi*, 69(4):355-360.
- Kılınç Y, Baygar T, Saraç N, Uğur A, Karaca İ (2020). Anti-adhesion activity and physicochemical features of the surgical silk sutures coated with *Liquidambar orientalis* styrax. *Turkish Journal of Clinics and Laboratory*, 11(5):359-365.
- Kıyıcı R, Akkan HA, Karaayvaz BK, Karaca M, Özmen O, Kart A, Garlı S (2024). Effects of Sweetgum oil on experimental chronic gastritis in rat model. *Indian Journal of Animal Research*, 58(9):1493-1502.
- Kırmacı M, Çatak U (2020). Epiphytic bryophyte flora of *Liquidambar orientalis* forests. *Anatolian Bryology*, 6(2):70-77.
- Kızmaz M (1994). Bazı yapraklı ağaç türlerinin çelikle üretilmesi üzerine araştırmalar. *İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi*.
- Köse MD, Bayraktar O, Balta AB (2016). Antioxidant and antimicrobial activities of extracts from some selected Mediterranean plant species. *International Journal of New Technology and Research*, 2(5):113-118.
- Koutsaviti A, Antonopoulou V, Vlasi A, et al. (2018). Chemical composition and fumigant activity of essential oils from six plant families against *Sitophilus oryzae* (Col: Curculionidae). *J. Pest Sci.*, 91:873-886.
- Lee YS, Kim J, Lee SG, Oh E, Shin SC, Park IK (2009). Effects of plant essential oils and components from Oriental sweetgum (*Liquidambar orientalis*) on growth and morphogenesis of three phytopathogenic fungi. *Pesticide Biochemistry and Physiology*, 93(3):138-143.
- Mu F, Zhao J, Zhao M, Lin R, Liu K, Zhao S, Tao X, Li W, Dai Q, Xi M, Tang H, Wang J (2023). Styrax (*Liquidambar orientalis* Mill.) promotes mitochondrial function and reduces cardiac damage following myocardial ischemic injury: the role of the AMPK-PGC1 α signaling pathway. *J. Pharm. Pharmacol*, 75(12):1496-1508.
- Mutlu D, Günel B, Seçme M, Bozbeyoğlu KNN, Abban MG, Mercan DN, Arslan S (2024). Biological activities of *Liquidambar orientalis*: antibiofilm, cytotoxicity, apoptosis, and miRNA expressions. *Botanica Serbica*, 48(1):17-26.
- Nalbantsoy A, Karış M, Karakaya L, Akgül Y (2016). Antioxidant, cytotoxic and iNOS activity of *Liquidambar orientalis* Mill. resin extracts. *Turkish Journal of Biochemistry*, 41(3):198-205.
- Nakipoglu M, Özkabadayı Y, Karahan S, Tezcaner A (2024). Bilayer wound dressing composed of asymmetric polycaprolactone membrane and chitosan-carrageenan hydrogel incorporating storax balsam. *International Journal of Biological Macromolecules*, 254:128020.
- Ökmen G, Cantekin Z, Alam MI, Türkcan O, Ergün Y (2017). Antibacterial and antioxidant activities of *Liquidambar orientalis* Mill. various extracts against bacterial pathogens causing mastitis. *Turkish Journal of Agriculture-Food Science and Technology*, 5(8):883-887.
- Ökmen G, Türkcan O, Ceylan O, Gork G (2014). The Antimicrobial activity of *liquidambar orientalis* mill. against food pathogens and antioxidant capacity of leaf extracts. *African Journal of Traditional, Complementary and Alternative Medicines*, 11(5):28-32.
- Öztürk M, Çelik A, Güvensen A, Hamzaoglu E (2008). Ecology of tertiary relict endemic *Liquidambar orientalis* Mill. forests. *Forest Ecology and Management*, 256(4):510-518.
- Sağdıç O, Özkan G, Özcan M, Özçelik S (2005). A Study on inhibitory effects of sığla tree (*Liquidambar orientalis* Mill. var. *orientalis*) storax against several bacteria. *Phytotherapy Research*, 19(6):549-551.
- Saraç N, Şen B (2014). Antioxidant, mutagenic, antimutagenic activities, and phenolic compounds of *Liquidambar orientalis* Mill. var. *orientalis*. *Industrial Crops and Products*, 53:60-64.

- Selim S, Sönmez NK (2015). Sığla (*Liquidambar orientalis* Miller) popülasyonları dağılımının CBS ile belirlenmesi ve habitat kalitesinin peyzaj metrikleri kullanılarak değerlendirilmesi; Muğla Köyceğiz örneği. Journal of Tekirdag Agricultural Faculty, 12(1):30-38.
- Sıcak Y, Eliuz EAE (2018). Chemical composition and antimicrobial activity of Anatolian sweetgum (*Liquidambar orientalis* Mill.) leaf oil. Turkish Journal of Life Sciences, 3(2):277-281.
- Smilyanets N, Vakulenko T, Svitylko I (2024). Morphological structure of infructescence, fruits, and seeds of some species of the Genus *Liquidambar* L. in species identification. Agrobiodivers Improv Nutr Health Life Qual, 8(1):108-121.
- Şengün DN, Karaca İR, Öztürk HS (2023). Antioxidant effects of *Styrax liquidus* on DMBA-exposed rat tongue tissues. Meandros Medical And Dental Journal, 24(4):303-308.
- Taşkın BG, Taşkın V, Varol Ö, Arslan T, Küçükakyüz K (2010). Türkiye'deki relikt endemik Sığla ağacı (*Liquidambar Orientalis* Mill. var. *Orientalis* ve *L. Orientalis* Mill. var. *Integriloba Fiori*) popülasyonlarında genetik çeşitliliğin izoenzimler ve RAPD (Rasgele üretilen polimorfik DNA) belirteçleri yardımıyla saptanması. Türkiye Bilimsel ve Teknik Araştırma Kurumu, TOVAG-104 O 529.
- Taylan H (2018); Idyma sikkelerinde yaprak betimi: Anadolu Sığla ağacı (*Liquidambar orientalis* Mill.). Journal of ArchaeologyveArt., 159:55-68.
- Teker N, Kolancılar H (2020). Sığla yağının sinnamik asit ve alkollerinden elde edilen türevler. Eurasian Journal of Forest Science, 8(3):285-294.
- Topal U, Sasaki M, Goto M, Otlis S (2008). Chemical compositions and antioxidant properties of essential oils from nine species of Turkish plants obtained by supercritical carbon dioxide extraction and steam distillation. International Journal of Food Sciences and Nutrition, 59(7-8):619-634.
- Urgancı BE, Doğan C, Şimşek S, Açıkbaş İ (2022). The Antioxidant role of *Storax* in Boron compounds induced hacat cells. IJHSRP, 7(3):280-288.
- Ürker O, İlemin Y (2019) A pioneer study on the wildlife properties of anatolian sweetgum forests, a case assesment on mammalian diversity in terms of ecosystem integrity. Fresenius Environmental Bulletin, 28(7):5474-5480.
- Ürker O (2014). Çevre etiği bağlamında Anadolu Sığla ormanları. Doktora Tezi, Ankara Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü.
- Ürker O, Benzeyen ST (2020). The importance of Endangered Anatolian (Oriental) Sweetgum forests for the bird Species. International Journal of Nature and Life Sciences, 4(1):14-25.
- Ürker O, Günlü A (2023). Identification of plantation areas for the endangered oriental sweetgum tree (*Liquidambar orientalis* Miller, 1768) in Türkiye. International Journal of Environmental Science and Technology, 21(1):153-168.
- Ürker O, Yorulmaz T (2020). Köyceğiz-Dalyan Özel Çevre Koruma Bölgesi'ndeki Anadolu sığla ormanlarında yarasa (*Chiroptera*) aktivitesinin belirlenmesi. Ormancılık Araştırma Dergisi, 7(1):88-103.
- Utkan NG, Eroğlu GB (2024). Using some herbal essential oils to biological control *Varroa* and molecular investigation of the stress level of these products on Honey bees. Bee World, 101(1):9-14.
- Verma N, Shukla S (2015). Impact of various factors responsible for fluctuation in plant secondary metabolites. Journal of applied research on medicinal and aromatic plants, 2(4):105-113.
- Yaltırık F, Efe A (2000). Dendroloji Ders Kitabı, Gymnospermae Angiospermae, İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Yayınları, İstanbul.
- Yavuz S, Öztürk D (2023). Investigation of potential nutritive values of some tree leaves and its extracts by using in vitro gas production. Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Tarım ve Doğa Dergisi, 26(2):459-469.
- Yurttaş E, Tetik N, Ayrılmış N (2023). Antimicrobial properties of 3D printed biocomposites with heat-treated wood flour using silver nanoparticles with leaf extract. Wood Material Science & Engineering, 18(2):663-671.
- Yüzer Ö, Tonguç A, Doğan E (2022). Genetic characterization of endemic *Liquidambar orientalis* populations in Muğla province based on ISSR polymorphism. Preprint (Version 1), Research Square.

Arbutus andrachne L. (Sandal Ağacı) (L.)' nin rehabilitasyon ve restorasyon potansiyeli ile iklim değişikliğine direnci bakımından önemi

Gülnur Saba Ertuğrul^{a,*} 

Özet: Bu çalışmada, Akdeniz florasının karakteristik türlerinden biri olan *Arbutus andrachne* L. (sandal ağacı) türünün ekolojik, silvikültürel ve peyzaj işlevleri çok yönlü olarak ele alınmaktadır. İklim değişikliği bağlamında kuraklık ve yüksek sıcaklık toleransı, yangın sonrası rejenerasyon kapasitesi ve karbon tutma potansiyeli gibi özellikleriyle türün restorasyon ve rehabilitasyon projelerinde oynayabileceği rol değerlendirilmiştir. Ayrıca, *A. andrachne*'nin peyzaj tasarımlarındaki estetik değeri, erozyon kontrolü ve su koruma hizmetleri gibi ekosistem faydaları da vurgulanmaktadır. Bu yönleriyle *A. andrachne*, hem doğal ekosistemlerin iyileştirilmesinde hem de kent peyzajlarında rekreatif fonksiyonların güçlendirilmesinde stratejik bir bitki olarak ön plana çıkmaktadır. Çalışma, türün çok yönlü potansiyelini ortaya koyarken, aynı zamanda üretim tekniklerinin geliştirilmesi ve iklim adaptasyonu odaklı yeni araştırmaların gerekliliğine de dikkat çekmeyi amaçlamaktadır.

Anahtar kelimeler: *Arbutus andrachne*, Ekolojik restorasyon, İklim değişikliği, Peyzaj tasarımı, Karbon tutma, Kuraklık toleransı

The importance of *Arbutus andrachne* L. (Strawberry Tree) in terms of rehabilitation and restoration potential and climate change resilience

Abstract: This study provides a comprehensive analysis of the ecological, silvicultural, and landscape-related functions of *Arbutus andrachne* L., a characteristic species of the Mediterranean flora. In the context of climate change, particular emphasis is placed on its drought and heat tolerance, post-fire regeneration capacity, and carbon sequestration potential attributes that underscore its suitability for ecological restoration and rehabilitation efforts. Furthermore, the species' ecosystem services including its ornamental value in landscape architecture, its role in erosion control, and its contribution to water retention are highlighted. Owing to these features, *A. andrachne* is positioned as a strategic species not only for the recovery of degraded natural habitats but also for enhancing recreational and aesthetic functions in urban green spaces. This review also draws attention to the necessity of advancing propagation techniques and conducting further research focused on climate resilience and adaptive management of this species.

Keywords: *Arbutus andrachne*, Ecological restoration, Climate change, Landscape architecture, Carbon sequestration, Drought tolerance

1. Giriş

Arbutus andrachne L. (sandal ağacı), Akdeniz havzasının karakteristik ve dayanıklı yaprak dökmeyen ağaç türlerinden biri olup, ekolojik fonksiyonu, estetik değeri ve silvikültürel potansiyeli ile Doğu Akdeniz florasında özel bir öneme sahiptir (Davis 1970). Bu türün doğal yayılış alanı; Türkiye başta olmak üzere Yunanistan, Suriye, Lübnan, Filistin, Kuzey Irak ve Güney Arnavutluk'u kapsamaktadır (Phillips ve Rix 1989; Govaerts vd. 2021). Türkiye'de en yoğun olarak Akdeniz ve Ege Bölgeleri'nde, daha sınırlı olmak üzere Batı Karadeniz kıyı şeridinde görülmektedir. Özellikle Muğla, Antalya, Mersin, Aydın ve İzmir gibi iller, türün yoğun bulunduğu alanlar arasında yer almaktadır (Davis 1970). *A. andrachne*, tıbbi ve flori kültürel değeri nedeniyle önemli bir fitogenetik kaynak olarak kabul edilmekte olup, süs ve tıbbi sektörde umut verici bir kullanım potansiyeline sahip olmasına rağmen kaplarda fide üretimine yönelik araştırma eksikliği bulunmaktadır. Bunun temel nedeni fidanlıklarda kaliteli dikim üretiminin zor olmasıdır (Pipinis vd. 2023). Yeniden ağaçlandırma

projeleri bozulmuş topraklarda gerçekleştiğinden, fidanlık aşamasında bitkilerin besin rezervlerini artırması gerekmektedir (Buendía Velázquez 2017). *A. andrachne*, hem besin değeri hem de estetik özelliklerinin birleşimi sayesinde genetik ıslah ve yetiştirme çalışmalarında öne çıkan bir türdür. Ancak, başarılı bir yetiştiricilik için bu türün etkin çoğaltma yöntemlerinin geliştirilmesi gerekmektedir (Pipinis vd. 2023).

Son yıllarda iklim değişikliğine bağlı olarak artan sıcaklıklar, yağış rejimlerinde meydana gelen değişiklikler ve insan faaliyetlerinden kaynaklanan antropojenik baskılar habitat bozulmasına sebep etmektedir. Bu bağlamda, yerli ve adaptif türlerin, ekolojik restorasyon, yangın sonrası rehabilitasyon ve restorasyon kapsamında değerlendirilmesi büyük önem arz etmektedir (Benayas vd. 2009; Aronson vd. 2011). Ekolojik açıdan değerlendirildiğinde, *A. andrachne* türü, toprak erozyonunu önleme, yangın sonrası toprak stabilitesini artırma, karbonun depolanmasını sağlama ve polinatör fauna için habitat oluşturma gibi pek çok ekosistem hizmeti sunmaktadır (Aerts ve Honnay 2011). Ayrıca,

^a Isparta Orman Bölge Müdürlüğü, Isparta

* Corresponding: gsabae@gmail.com

Received: 03.08.2025, Accepted: 07.09.2025

türün kök yapısı sayesinde mikorizal ilişkiler kurarak toprağın mikrobiyal çeşitliliğine katkıda bulunduğu, humus oluşumunu desteklediği ve karbon döngüsünde önemli bir rol oynadığı literatürde vurgulanmaktadır (Smith ve Read 2010; Ayan vd. 2020). Doğal flora ya ait türlerin, özellikle bakım gereksinimlerinin azaltılması bağlamında peyzaj planlamasında dikkate değer bir potansiyel sunduğu görülmektedir (Kaytanlıoğlu vd. 2024).

Bu çalışma, *A. andrachne* türünün botanik özellikleri, ekolojik ve silvikültürel adaptasyon stratejileri, iklim değişikliğine ve yangına direnç mekanizmaları, toprak-karbon etkileşimleri ve sürdürülebilir peyzaj tasarımlarındaki işlevselliğini bütüncül bir perspektifle ele almayı amaçlamaktadır.

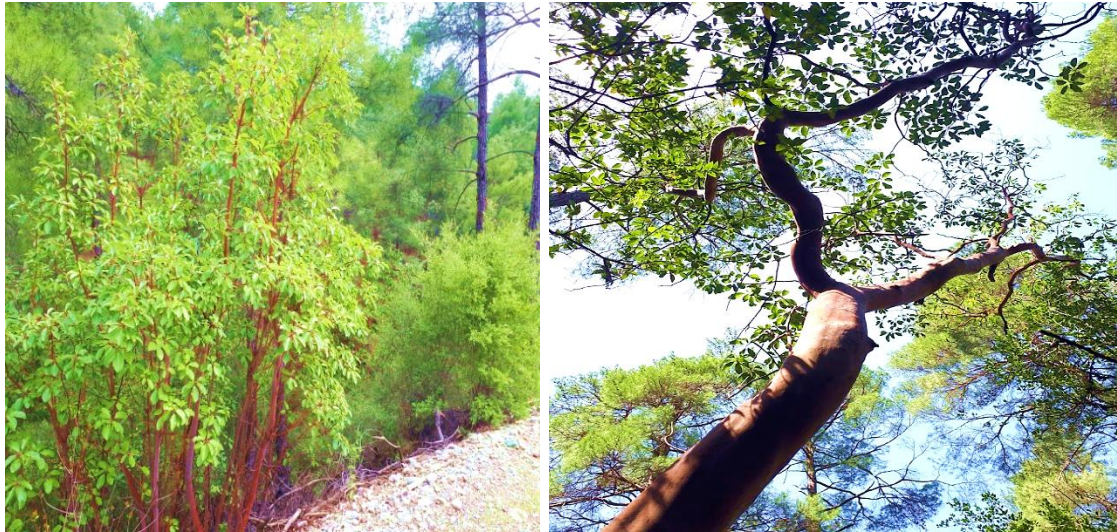
2. Botanik ve Morfolojik Özellikleri

A. andrachne, fundagiller (Ericaceae) familyasına ait, Doğu Akdeniz florasında karakteristik bir yer tutan yaprak dökmeyen ağaç türlerinden biri olmaktadır (Linnaeus 1739). Sandal ağacı, tipik bir Akdeniz iklim bitkisi olarak kurak yaz koşullarına dayanıklılık göstermekte; maki formasyonlarında ve kızılçam (*Pinus brutia*) altı orman ekosistemlerinde, çoğunlukla kalkerli ve kayalık yamaçlarda yetişmektedir (Phillips ve Rix 1989). Türkiye’de “sandal” veya “dağ çileği” olarak adlandırılan bu tür, hem morfolojik özellikleri hem de ekolojik dayanıklılığı nedeniyle dikkat çekici bir ağaç olmaktadır. 1000 metreye kadar olan rakımlarda yetişebilmektedir. Maki formasyonlarında baskın ya da eşlikçi tür olarak bulunmaktadır (Davis 1970).

A. andrachne genellikle 2–5 m arasında boylanan çok gövdeli bireyler şeklinde gelişmekte olup, uygun ekolojik

koşullarda tek gövdeli ve 6–8 m’ye kadar ulaşan ağaç formunu da alabilmektedir (Şekil 1). Ağacın kabuğu, yıl içerisinde belirli dönemlerde ince plakalar halinde soyularak altından çıkan düzgün dokulu ve tarçın-kızılı renkteki genç kabuk ile karakterize edilmektedir. Bu özellik, ağaca hem estetik bir görünüm kazandırmakta hem çevresel etkilere karşı koruma sağlamakta hem de türün ayırt edilmesini kolaylaştırmaktadır (Pipinis vd. 2023).

Yaprakları sert, kısa saplı ve oval formda olup, kenarları tam ya da hafif dişli özellik taşımaktadır. Çiçek taslaklarının, Şubat ayının sonlarında belirginleşmektedir. Çanak ve taç yaprak taslakları ise Mart ayı başında oluşmaktadır. Erkek organları ve dişi organ taslağının farklılaşması Nisan ayında tamamlanmaktadır. Dişi organ taslağı son halini alarak Nisan ayı başındaki gelişme aşamasından sonra farklılaşmaktadır. Çiçek organ taslaklarının tamamı yaklaşık dört haftalık bir zaman diliminde belirginleşmektedir. (Engin ve Gökbayrak 2022). Mart–Nisan aylarında açan çiçekler, beyazımsı-yeşilimsi renkte ve salkım biçiminde görülmektedir (Şekil 2). Meyvelerin olgunlaşma süreci 7 ay sürmekte olup, sonbahar aylarında olgunlaşmaktadır (Kayacık 1982; Onursal ve Gözlekci 2007; Santiso vd. 2016). Meyvelerin büyüklüğü yaklaşık 10-20 mm çapında, ağırlığı 5-15 gr, formu oval, rengi kırmızıdır. Meyveleri genellikle köylüler tarafından toplanarak, yerel pazarlarda tüketicilere sunulmakta ve taze olarak tüketilmektedir (Engin ve Gökbayrak 2022). *Arbutus* meyvelerinin kardiyovasküler hastalıklar, kanser ve oksidatif stres aracılı diğer hastalıkların riskini azalttığı belirlenmiştir (JuŸwiak vd. 2005).



Şekil 1. *A. andrachne* türünün çok gövdeli ve tek gövdeli bireyleri (Foto: G. Saba Ertuğrul)



Şekil 2. *A. andrachne* türünün olgun meyve, çiçek salkımı ve yaprağı (Foto: G. Saba Ertuğrul)

3. Restorasyon ve Rehabilitasyon Yaklaşımları

Çevresel baskılar ve iklim değişikliği nedeniyle doğal ekosistemlerde oluşan bozulmalar, bu alanların yeniden yapılandırılması çalışmalarını zorunlu kılmaktadır. Bu süreçte sıkça dile getirilen restorasyon ve rehabilitasyon terimleri, ekosistemlerin iyileştirilmesi için geliştirilen müdahaleler olup, uygulama hedefleri ve yöntemleri bakımından birbirlerinden ayrılmaktadır. Restorasyon ekolojisi, insan faaliyetleri sonucu bozulan bir ekosistemin yapısını, işleyişini, çeşitliliğini ve dinamiklerini geçmiş doğal hâline mümkün olduğunca yakınlaştırma süreci olarak tanımlanmaktadır. Buradaki temel ilke, bozulmadan önceki referans ekosistem koşullarının yeniden kurulmasıdır. Kullanılan yöntemler; alanın bozulma düzeyi, toprak özellikleri, mevcut türlerin varlığı ve iklim koşulları gibi çeşitli faktörlere bağlı olarak şekillenmektedir. Bu süreçte tür yapısı değişiklik gösterebilmekte; ancak su tutma kapasitesi, karbon birikimi ve erozyonun önlenmesi gibi temel işlevlerin geri kazandırılması hedeflenmektedir (Clewel ve Aronson 2012).

Restorasyon uygulamaları genel olarak pasif ve aktif yaklaşımlar şeklinde sınıflandırılmaktadır. Pasif restorasyon yönteminde, bozulmaya neden olan insan müdahalesi (örneğin tarım, otlatma, ağaç kesimi) ortadan kaldırılarak doğal süksesyonun yeniden başlamasına olanak tanınmaktadır. Bu yöntemin, toprak yapısı ve tohum bankası bozulmamış alanlarda başarı oranı oldukça yüksek olmaktadır. Özellikle Akdeniz maki ekosistemlerinde antropojenik baskının kaldırılmasıyla *A. andrachne* ve *Quercus coccifera* gibi doğal türlerin yeniden yayılmaktadır. Güney Avrupa ülkelerinde doğal peyzaj restorasyonu, karbon tutma ve su koruma odaklı uygulamalarda değerlendirilmektedir (Blondel ve Aronson 1999). Rehabilitasyon ise bozulmuş alanların sınırlı şekilde onarılması ve ekolojik veya ekonomik kullanıma uygun hâle getirilmesi süreci olarak tanımlanmaktadır (Mitsch ve Gosselink 2015).

Türlerin uygun tohum ekimi veya çelikle üretimi yöntemiyle doğal yayılış koşullarına alana kazandırılması her iki yaklaşımda da kullanılabilir. Ancak restorasyon kapsamında yalnızca bu türün fiziksel varlığı değil, onunla birlikte gelişen simbiyotik türler, toprak mikroorganizmaları ve doğal ardıllık süreçleri de dikkate alınmaktadır (Gann vd. 2019). Türlerin sürdürülebilirliğini sağlayan en etkili yöntemlerden biri doğal tohum kullanılan generatif üretim tekniğidir (Macdonald 1986). Generatif üretim tekniği genetik çeşitliliği sağlamaktadır. Fakat bu çeşitlilik fidanlık koşullarında tercih edilmemektedir (Mackay 2002). *A. andrachne* tohumlarının uykuda olmadığını ve 15°C veya daha düşük sabit bir sıcaklıkta yüksek oranda çimlendiğini belirtmektedir (Bertsouklis ve Papafotiou 2013). Bazı araştırmalarda, tohumların fizyolojik dormansi gösterdiğini ve bu çimlenme engelini kaldırmak için soğuk katlama veya gibberellik asid (GA_3) işlemi uygulanması gerektiğini savunmaktadır (Karam ve Al-Salem 2001). Yapılan en son araştırmalarda, *A. andrachne* tohumlarının çimlenme için belirli bir sıcaklık aralığına ihtiyacı olduğunu ve fakat soğuk tabakalama veya tohumların GA_3 ile işleminden sonra sıcaklığın çimlenme üzerindeki etkisinin kaybolduğu, tohumların geniş bir sıcaklık aralığında çimlenebildiği belirlenmiştir (Pipinis vd. 2023). Tohumların çimlenme davranışı, tek bir tür içinde bir popülasyondan diğerine, yıldan yıla ve bireyler arasında büyük ölçüde değişebildiği dikkate alınmalıdır (Baskin 2000). *A. andrachne* ağaçlarının doğal habitatlarında doğal rejenerasyon oldukça sınırlı gözlemlenmiştir. Bu tohumların doğal koşullarda zor çimlenmesi ve bitkinin yavaş büyümesinden kaynaklanmaktadır (Karam ve Al-Salem 2001).

A. andrachne, *Quercus coccifera* ve *Q. ilex* gibi maki formasyonuna ait meşe türleriyle sıkça karışık meşcereler oluşturmaktadır. *A. andrachne* daha çok güneşli ve taşlı yamaçlarda gelişirken, meşeler nispeten daha nemli mikrohabitatları tercih etmekte, bu sayede karışık meşcerelerde hem bireysel olarak sağlıklı büyüme

gösterip hem de yangın sonrası rejenerasyonda orman yapısının hızlı yeniden oluşumuna katkı sağlamaktadır; ayrıca karışık türlerin varlığı mikroklimayı iyileştirerek *A. andrachne*'nin kuraklık toleransını gölgeleme ve rüzgar kesici işlevleriyle artırmaktadır. *A. andrachne*'nin birlikte dikildiği türler, genç fidanları aşırı buharlaşmaya ve fotooksidatif strese karşı koruyabilmektedir (Padilla ve Pugnaire 2006). *A. andrachne*'nin çimlenme zorlukları nedeniyle, bu türün korunmasında, tehlike altındaki bitkilerin çoğaltılmasında kullanılan alternatif yöntemlerin uygulanması önemli zorluklar barındırmaktadır.

Vejetatif üretim tekniği, üstün genotip ve fentotiplerin kitlesel çoğaltma, sağlık durumu açısından ana bitkinin birebir özelliklerini taşıyan yavru bireyler elde etmek amacıyla vejetatif organlardan bitki üretilmesidir (Leakey vd. 1982; Leakey 1985). Vejetatif üretim, yalnızca üretim kolaylığı açısından değil; aynı zamanda genetik olarak üstün özellikli bireylerin çoğaltılması, fidan kalitesinin artırılması ve rehabilitasyon projelerinde başarı oranının yükseltilmesi açısından da kritik öneme sahiptir (Leakey 1987; Leakey vd. 1990; Ezekiel 2010). Vejetatif üretim iki yöntemle mümkündür (Parthiban vd. 2016). Makro üretim vejetatif yollarla çoğaltılabilen bitkilerin hızlı bir şekilde çoğaltılmasını sağlayan bir üretim tekniğidir (Agbo ve Omaliko 2006). Makro üretim yönteminde çelik alma, aşılama ve daldırma işlemi uygulanmaktadır. Başlıca çelik tipleri; gövde çelikleri, kök çelikleri, yaprak çelikleri ve yaprak-göz çelikleri olarak sınıflandırılmaktadır (Parthiban vd. 2016). Gövde çelikleri; odun çelikleri, yarı odunsu çelikler ve yumuşak odun çelikleri olmak üzere üç gruba ayrılmaktadır. Odun çelikleri, genellikle bir yıldan büyük, olgun ve dormansi dönemindeki sürgünlerden alınmaktadır. Yarı odunsu çelikler, cari yılın gelişimi sırasında kısmen odunlaşmış sürgünlerden elde edilmektedir. Yumuşak odun çelikleri, odunsu bitkilerin genç, sulu ve taze sürgünlerinden hazırlanmakta olup, daha hassas uygulamalar gerektirmektedir (Leakey vd. 1982) (Şekil 3).

Mikro üretim, laboratuvar ortamında doku kültürüyle (sürgün ucu, boğum, boğum arası, meristem, çiçek

durumu, yaprak ve yaprak parçaları) yüksek kaliteli ve iyi adapte olmuş genotiplerde faydalı varyantların ayrıştırılması, hastalık direnci ve stres toleransı olan yerli bitkilerin korunması ve çoğaltılması amacıyla in vitro koşullarda kültüre alınmasıyla tek bir bitkiden kitle üretimi sağlayan bir yöntemdir (Brown ve Thorpe 1995; Parthiban vd. 2016). *A. andrachne* gibi nadir ve tehlike altındaki bitki türlerinin çoğaltılması için olumlu mikro üretim tekniği iyi bir alternatif sunmaktadır. Ayrıca, tohum üretmeyen ya da vejetatif üretime olu yanıt vermeyen sınırlı sayıdaki anaç bitkiden talep edilen miktarda fide elde etmek amacıyla da kullanılmaktadır (Srivastava vd. 2005). *A. andrachne* türünün yok olma tehlikesinin önüne geçmek için rehabilitasyon ve restorasyon projelerinin hazırlanması, mikro üretim tekniği gibi modern üretim tekniklerinin yaygınlaşması önem arz etmektedir.

4. İklim Değişikliğine Direnci, Karbon Depolama Kapasitesi ve Su verimliliği

Son yıllarda yangınların sıklığı ve şiddetindeki artış, doğal ekosistemlerin kendi kendini yenileme kapasitesini zorlamaktadır. Çoğu odunsu bitki türü için yangından sonra rejenerasyon için iki temel strateji tohum çimlenmesi ve yeniden filizlenmedir (Bond ve Van Wilgen 2012). Düşük yanıcılık gösteren ve yanma sırasında daha az ısı yayan, yüksek nem içeriği, yüksek kül içeriği ve yüksek lignin içeriği ile karakterize edilen bitkiler yangına dayanıklı bitkiler olarak kabul edilmektedir (Li vd. 2016; Cui vd. 2023). *A. andrachne* türü, kuraklık, artan sıcaklıklar ve yangın gibi iklim değişikliği kaynaklı stres etmenlerine karşı yüksek direnç gösterebilen önemli bir tür konumundadır. Yangın sonrası yeniden filizlenme özelliğine sahip türlerin toprakta tutulan karbon miktarının korunmasına ve karbon döngüsünün sürekliliğine katkı sunduğunu göstermektedir (Pausas vd. 2004; Keeley vd. 2011). *A. andrachne* gibi yangına dayanıklı türlerin tercih edilmesi ve erozyon kontrolüne yönelik önlemlerin hızla uygulanması önem kazanmaktadır.



Şekil 3. *A. andrachne* L. türünün sürgünden gelen bireylerin gelişim aşamaları (Foto: G. Saba Ertuğrul)

Verimli topraklara uyum sağlamış türler, genellikle yüksek özgül yaprak alanı (SLA) ile birim biyokütle başına daha fazla ışık yakalayabilir; ayrıca yapraklarında yüksek fosfor (P) ve azot (N) konsantrasyonları bulunmaktadır (Reich vd. 1995; Fyllas 2009; Aguirre-Gutiérrez vd. 2019; Wright vd. 2004). Bu özellikler, metabolik faaliyetleri, fotosentez kapasitesini ve büyüme hızını arttırmaktadır. Buna karşılık, kaynak açısından fakir, verimsiz topraklara özgü türler; daha kalın, yoğun ve yapısal olarak dayanıklı yapraklar geliştirmektedir. Bu yapraklar, yüksek karbon konsantrasyonu ve Karbon:Azot oranları ile lignin, tanen ve fenolik bileşikler açısından zengindir (Vitousek vd. 1986). Böylece, yaprak ömrü ve besin korunum kapasitesi artmakta ve fotosentezle elde edilen karbon kazancının süresi uzamaktadır (Wright vd. 2004; Díaz vd. 2016; Ter Steege vd. 2025). Bu bağlamda, *A. andrachne* gibi besince fakir nemli ormanlarda yaprak dökmeyen türler, besin verimliliği açısından avantaj sağlamaktadır. Su kullanım verimliliği, bir bitkinin birim su kaybı başına gerçekleştirdiği karbon asimilasyonu miktarı ya da ürettiği biyokütle miktarı olarak tanımlanmaktadır (Hatfield ve Dold 2019). Kurak iklim koşullarına adapte olabilen bitkiler, sınırlı su kaynaklarıyla büyüme ve gelişimlerini sürdürebilme yetenekleri sayesinde, doğal ekosistemlerde ve ormancılık uygulamalarında önemli avantajlar sunmaktadır. Su kullanım verimliliği yüksek olan türler, sınırlı su koşullarında fotosentez etkinliğini koruyarak daha az suyla daha fazla biyokütle üretme kapasitesine sahiptir. Bu özellik, özellikle kuraklık baskısı altındaki bölgelerde hayatta kalma ve rekabet gücünü artırmaktadır (Chaves vd. 2003). Su rejiminin doğal döngüsüne kavuşturulması ve yerli bitki örtüsünün geri getirilmesiyle bu alanların ekosistem hizmetleri yeniden kazanılmaktadır (Mitsch ve Gosselink 2015).

A. andrachne gibi türlerin sert (sklerofil) yaprak yapısı, düşük özgül yaprak alanı (SLA), kalın kutikula ve yüksek su kullanım verimliliği gibi morfolojik ve fizyolojik adaptasyonları, bu türü yarı kurak ve kurak bölgelerde hayatta kalma açısından avantajlı kılmaktadır. Kurak çevre koşullarına uyum sağlayan bitkilerde, su kaybını en aza indirmek amacıyla çeşitli yapısal özellikler gelişmektedir. Kalın kutikula tabakası ve onu kaplayan mumlu yüzey, stoma dışı terlemeyi sınırlayıcı bir bariyer görevi görmektedir. Bununla birlikte, yaprak yüzeyine gömülü şekilde konumlanan stomalar ile yoğun trikoma (tüy) oluşumu, yaprak etrafında daha kalın bir mikroklimatik tabaka oluşturarak buharlaşma hızını düşürmektedir (Henry vd. 2011). Stoma kapanması, su stresi koşullarında CO₂ alımını sınırlandırarak fotosentez hızının düşmesine yol açmaktadır. Bu durum, bitki büyümesi ve biyokütle üretimini olumsuz yönde etkilerken, aynı zamanda yaprak düzeyinde iletkenliği azaltarak içsel su kullanım verimliliğinin artmasına neden olmaktadır (Peters vd. 2018). Bundan dolayı kuraklık stresine dayanıklı, hem suyu verimli kullanan hem de yüksek CO₂ alım kapasitesine sahip *A. andrachne* türünün

geliştirilmesi için, fizyolojik tepkiler, genetik varyasyonlar ve moleküler düzeydeki süreçlerin bir arada değerlendirildiği, disiplinler arası yaklaşımları temel alan ıslah stratejilerin benimsenmesi gerekmektedir.

Uzun ömürlü ve herdem yeşil yapraklar, fotosentez etkinliğini yıl boyunca sürdürmesini sağlamakta, dönemsel karbon salınımındaki dalgalanmaların azaltılmasına katkı sağlamakta ve biyokütle birikimini desteklemektedir (Mediavilla vd. 2001; Pausas ve Keeley 2014). Diğer yandan, *A. andrachne*'nin sahip olduğu odunsu yapı, kalın gövde dokusu ve uzun ömürlü kök sistemleri, toprak üstü ve altı karbon depolama açısından dikkate değer bir potansiyel sunmaktadır. *A. andrachne*, kurak yaz koşullarının baskın olduğu Akdeniz ikliminde hayatta kalabilme yeteneği ile dikkat çeken, herdem yeşil bir tür özelliği taşımaktadır. *A. andrachne*, Akdeniz ekosistemlerinde, hem odunsu biyokütle üretimi hem de toprak karbon depolanmasına katkısı bakımından dikkate değer bir türdür. *A. andrachne* gibi yapraklı türlerin yaprak döküntüsü toprağın organik madde içeriğini artırmakta ve karbonun uzun süre depolanmasını sağlamaktadır. Bununla birlikte, yüzeye yakın ama geniş yayılım gösteren kök sistemi, hem toprak agregatlarının stabilitesini arttırmakta hem de karbonun daha derin toprak katmanlarına taşınarak karbon depolanmasının kalıcı hale gelmesini sağlamaktadır (Pausas vd. 2017). Tüm bu özellikleriyle *A. andrachne*, iklim değişikliğine karşı dirençli orman ekosistemlerinin oluşturulmasında hem karbon sekestrasyonu hem de su kaynaklarının sürdürülebilir yönetimi açısından önemli bir tür olarak öne çıkmaktadır. Rehabilitasyon ve restorasyon projelerinde yangın sonrası alanların iyileştirilmesinde önemli rol oynamaktadır.

5. Peyzaj Tasarımlarında Ekolojik ve Estetik Fonksiyonları

Rekreatif amaçlarla tasarlanan peyzaj alanları, hem toplum sağlığının iyileştirilmesi hem de çevresel sürdürülebilirliğin desteklenmesi açısından önemli bir role sahiptir. Bu alanlarda yetiştirilen bitkiler, sağladıkları ekosistem hizmetleriyle biyolojik çeşitliliğin devamını desteklemektedir (Jim 2004). Peyzaj alanlarının planlanması ve yönetimi, ekolojik sürdürülebilirliği gözeterek toplum sağlığı üzerinde olumlu etkiler yaratmakta ve bireylerin yaşam kalitesini artırmaktadır. Peyzaj tasarımında bitki kompozisyonları, genellikle büyük ve çoğunlukla herdem yeşil olan ana yapı bitkileriyle başlamaktadır. Ağaçlar ve büyük çalılar; alanları ayırma, çerçeveleme ve mekân ölçeğini tanımlama işlevi görmektedir. Ağaçlar, peyzajın yalnızca görsel estetiğine ve yeşil alan oluşumuna katkı sağlamakta kalmaz; aynı zamanda işlevsel birçok rol üstlenmektedir. Özellikle ağaç gövdeleri ve gölgelikleri, ortamda serinlik ve gölge yaratarak mikro iklimin düzenlenmesine yardımcı olmaktadır. Bununla birlikte, rüzgar perdeleri ya da çit benzeri bitkisel sıralar, toz ve rüzgar etkisini

azaltmada etkili bir koruyucu bariyer görevi görmektedir (Kriken ve John Lund 2000).

Kentleşmenin artmasıyla kentsel ısı adası etkisi güçlenmekte ve yeşil alanlar hızla azalmakta, bu durum da şehirlerin doğal soğutma yeteneğini olumsuz yönde etkilemektedir (Nugroho vd. 2022; Li vd. 2023). *A. andrachne*, yalnızca ekolojik dayanıklılığı ile değil, aynı zamanda peyzaj tasarımında sunduğu estetik değerler nedeniyle de önemli bir bitkidir. Türün dekoratif kabuğa, yıl boyunca yeşil kalan yapraklara, meyve ile çiçekler arasındaki renk kontrastına, yoğun taç yapısına, orta boylu gelişim formuna ve tuz toleransına sahip olması sahil şeridinde, yol kenarı ve refüj ağaçlandırmalarında, düşük bakım gerektiren kentsel rekreasyon alanlarında, botanik bahçelerinde ve soliter olarak meydanlarda kullanımı ön plana çıkarılmalıdır (Şekil 4).

Kent peyzajında *A. andrachne*, sadece estetik bir unsur olmanın ötesinde, mikro iklimin düzenlenmesi ve ekolojik dengenin korunmasına katkı sağlayan önemli bir unsurdur. Herdem yeşil bitki türleri yıl boyunca yoğun gölge sağlayabilmesi ve düşük su tüketimi, iklim kontrolü sağlama, kentlerdeki ısı birikimini azaltma, biyolojik çeşitliliğin desteklenmesi, yağmur suyu yönetimi, karbon sekestrasyonu, hava ve su kalitesinin iyileştirilmesi ve gürültü azaltımı gibi birçok ekosistem hizmetine katkı sunmaktadır (Tzoulas vd. 2007; Benedict ve McMahon 2012). Yıl boyunca yeşil kalan taç yapısı sayesinde *A. andrachne*, güneş ışığını filtreleyerek yüzeylerin aşırı ısınmasını engellemekte ve sokak ile avlu gibi alanlarda serinletici bir mikroiklim oluşturmaktadır. Doğal altyapı yaklaşımlarında, *A. andrachne* gibi yerli ve adaptif türlerin kullanımı, ekosistem hizmetlerinin sürekliliği açısından kritik önem taşımaktadır.

Kentsel yayılmanın neden olduğu habitat parçalanması, birçok kuş, böcek ve küçük memelinin yaşam alanlarını tehdit etmektedir. Bu soruna karşı biyolojik koridor stratejileri geliştirilmekte olup, yoğun dallı ve her dem yeşil yapısıyla hem bağlantı elemanı hem de barınak alanı olarak hem de çiçeklenme döneminde sağladığı polen ve

nektarın yerli polinatör böcekler ve arı kolonileri için erken ilkbaharda kritik bir kaynak oluşturmaktadır (Tzoulas vd. 2007). *A. andrachne* türünün arıcılık faaliyetleri için önemli bir yer alan bal ormanlarında, kırsal kalkınma hedefli gelir getirici tür ağaçlandırmalarında kullanılması için projeler geliştirilmelidir. Ayrıca, *A. unedo* ile doğal melezleşme sonucu ortaya çıkan *Arbutus × andrachnoides*, her iki ebeveyn türün özelliklerini taşıyarak hem estetik açıdan hem de çevresel dayanıklılık açısından üstün performans sergilemektedir.

6. Değerlendirme ve öneriler

A. andrachne, Akdeniz ekosistemlerinin dinamik ve zorlu koşullarına yüksek derecede uyum sağlayabilen, ekolojik, peyzaj ve iklimsel açılardan stratejik öneme sahip bir tür olarak öne çıkmaktadır. Doğal habitatlarında yangın ve kuraklık gibi stres faktörlerine karşı geliştirdiği direnç mekanizmaları, onu restorasyon ve rehabilitasyon projelerinde başarılı kılmakta; ekosistemlerin yapısal ve işlevsel bütünlüğünün korunmasına katkı sunmaktadır. Özellikle yangın sonrası hızlı sürgün verme kapasitesi, toprak stabilizasyonu ve biyolojik çeşitliliğin yeniden tesisi gibi özellikleri, türü ekosistem restorasyonunda anahtar bir tür haline getirmektedir. Restorasyon ve rehabilitasyon projelerinde, özellikle yangınla tahrip olmuş ve kuraklık baskısı altındaki bölgelerde *A. andrachne* türünün kullanımı yaygınlaştırılmalıdır. Türün bu alanlarda ekolojik işlevselliği artırıcı rolü desteklenmelidir. Genetik çeşitliliğin korunması ve farklı popülasyonların yerel ekolojik koşullara uygun seçimi, uzun vadeli başarı için temel koşullardır. Bu bağlamda yerel tohum kaynaklarının korunması teşvik edilmelidir. Mikro üretim tekniklerinin geliştirilmesi, özellikle kuraklık ve hastalıklara dayanıklı, kaliteli fidan üretimini destekleyerek restorasyon ve rehabilitasyon çalışmalarında başarıyı artıracaktır.



Şekil 4. *A. andrachne* L. türünün peyzaj tasarımında kullanım alanları (Tasarım: G. Saba Ertuğrul)

İklim değişikliğinin artan etkileri ışığında, *A. andrachne* türünün düşük su gereksinimi ve yüksek su kullanım verimliliği, onu su yönetimi stratejilerinin merkezine yerleştirmektedir. Geniş yaprak yüzeyi ve herdem yeşil karakteriyle yıl boyunca devam eden fotosentetik aktivite, karbon sekestrasyonu açısından dikkate değer bir potansiyel sunmakta, aynı zamanda kentsel ısı adası etkisinin azaltılmasına katkıda bulunmaktadır. Kuraklık stresi koşullarında türün biyokütle veriminin iyileştirilmesi ve verim istikrarının korunması için fizyolojik, genetik ve moleküler uygulamaların bütüncül olarak ele alındığı, çok disiplinli araştırmalara dayalı ıslah stratejilerine öncelik verilmelidir.

Peyzaj tasarımı ise, dekoratif kabuğu, kompakt ve yoğun taç yapısı ile meyve-çiçek renk kontrastı, türün estetik değerini artırmakta; kentsel ve kırsal alanlarda rekreatif işlevlerin desteklenmesine, mikroiklim düzenlenmesine, habitat koridorlarının oluşturulmasına ve polinatörler için kaynak sağlamasına olanak tanımaktadır. Bu yönleriyle *A. andrachne*, ekosistem hizmetlerinin sürekliliği açısından da önemli katkılar sunmaktadır. *A. andrachne* türü, erken çiçeklenmesi ve yüksek nektar verimi sayesinde arıcılık açısından değerli bir bitki olup, kırsal bölgelerde ekonomik katkı sağlamak amacıyla bal ormanları ve gelir getirici ağaçlandırma projelerinde değerlendirilmelidir. Yol kenarları, refüjler, parklar, sahil şeridi, botanik bahçeleri, rekreasyon alanları, soliter olarak meydanlarda bu türün kullanımı, kentlerin estetik değerini, iklim dayanıklılığını, su ve hava kalitesini arttırmaktadır. Kentsel peyzaj planlamalarında, *A. andrachne* türünün düşük bakım gereksinimi ile karbon tutma ve su yönetimi hedefleri doğrultusunda daha yaygın biçimde kullanılması gerekmektedir.

Kaynaklar

- Aerts R, Honnay O (2011). Forest restoration, biodiversity and ecosystem functioning. *BMC Ecology*, 11(1):29.
- Agbo CU, Omaliko, CM (2006). Initiation and growth of shoots of *Gongronema latifolia* Benth stem cuttings in different rooting media. *African Journal of Biotechnology*, 5(5):425-428.
- Aguirre-Gutiérrez J, Oliveras I, Rifai S, Fauset S, Adu-Bredu S, Affum-Baffoe K, Malhi Y (2019). Drier tropical forests are susceptible to functional changes in response to a long-term drought. *Ecology Letters*, 22(5):855-865.
- Ayan S, Gedik F, Çelik ENY, Gülseven O, Yılmaz E, Akın ŞS, Özel HB (2020). Bazı geniş yapraklı orman ağacı fidanlarının morfolojik özellikleri. *Bartın Orman Fakültesi Dergisi*, 22(1):245-255.
- Aronson J, Blignaut JN, Milton SJ, Le Maitre D, Esler KJ, Limouzin A, Lederer N (2010). Are socioeconomic benefits of restoration adequately quantified? A meta-analysis of recent papers (2000–2008) in restoration ecology and 12 other scientific journals. *Restoration Ecology*, 18(2), 143-154.
- Baskin CC, Baskin JM (2000). *Seeds: Ecology, Biogeography, and Evolution of Dormancy and Germination*. Academic press.
- Benedict MA, McMahon ET (2012). *Green Infrastructure: Linking Landscapes and Communities*. Island press.
- Benayas JMR, Newton AC, Diaz A, Bullock JM (2009). Enhancement of biodiversity and ecosystem services by ecological restoration: a meta-analysis. *Science*, 325:1121-1124.
- Bertsouklis KF, Papafotiou M (2013). Seed germination of *Arbutus unedo*, *A. andrachne*, and their natural hybrid *A. andrachnoides* in relation to temperature and period of storage. *HortScience*, 48(3):347-351.
- Blondel J, Aronson J (1999). *Biology and Wildlife of the Mediterranean Region*. Oxford University Press.
- Bond WJ, Van Wilgen BW (2012). *Fire and Plants* (Vol. 14). Springer Science & Business Media.
- Brown DCW, Thorpe TA (1995). Crop improvement through tissue culture. *World Journal of Microbiology and Biotechnology*, 11(4):409-415.
- Buendía Velázquez MV, López López MÁ, Cetina Alcalá VM, Diakite L (2017). Substrates and nutrient addition rates affect morphology and physiology of *Pinus leiophylla* seedlings in the nursery stage. *IForest*, 10:115–120.
- Chaves MM, Maroco JP, Pereira JS (2003). Understanding plant responses to drought—from genes to the whole plant. *Functional plant biology*, 30(3):239-264.
- Clewell AF, Aronson J (2012). *Ecological Restoration: Principles, Values, and Structure of an Emerging Profession*. Island Press.
- Cui X, Dai D, Huang C, Wang B, Li S, You C, Curran TJ (2023). Climatic conditions affect shoot flammability by influencing flammability-related functional traits in nonfire-prone habitats. *New Phytologist*, 240(1):105-113.
- Davis PH (1970). *Flora of Turkey and the East Aegean Islands*. Vol. 3.
- Diaz S, Kattge J, Cornelissen JH, Wright IJ, Lavorel S, Dray S, Gorné LD (2016). The global spectrum of plant form and function. *Nature*, 529:167-171.
- Engin H, Gökayrak Z (2022). *Arbutus andrachne*'nin çiçek tomurcuklarının farklılaşması ve çiçek organ taslaklarının oluşumu. *ÇOMU Journal of Agriculture Faculty*, 10(2):469-477.
- Ezekiel A (2010). Viable options and factors in consideration for low-cost vegetative propagation of tropical trees. *International Journal of Botany*, 6(2):187-193.
- Hatfield JL, Dold C (2019). Water-use efficiency: advances and challenges in a changing climate. *Frontiers in plant science*, 10:103.
- Henry A, Gowda VR, Torres RO, McNally KL, Serraj R (2011). Variation in root system architecture and drought response in rice (*Oryza sativa*): phenotyping of the OryzaSNP panel in rainfed lowland fields. *Field Crops Research*, 120(2):205-214.
- Gann GD, McDonald T, Walder B, Aronson J, Nelson CR, Jonson J, Dixon KW (2019). International principles and standards for the practice of ecological restoration. *Restoration Ecology*, 27 (S1): S1-S46.
- Fyllas NM, Patiño S, Baker TR, Bielefeld Nardoto G, Martinelli LA, Quesada CA, Lloyd J (2009). Basin-wide variations in foliar properties of Amazonian forest: phylogeny, soils and climate. *Biogeosciences*, 6(11):2677-2708.
- Govaerts R, Nic Lughadha E, Black N, Turner R, Paton A (2021). The World Checklist of Vascular Plants, a continuously updated resource for exploring global plant diversity. *Scientific data*, 8(1), 215.
- Jim CY (2004). Green-space preservation and allocation for sustainable greening of compact cities. *Cities*, 21(4):311-320.
- JuŹwiak S, Wójcicki J, Mokrzycki K, Marchlewicz M, Bialecka M, Wenda-Rózewicka L, DroŹdzik M (2005). Effect of quercetin on experimental hyperlipidemia and atherosclerosis in rabbits. *Pharmacol Rep.*, 57(57):604-619.
- Karam NS, Al-Salem MM (2001). Breaking dormancy in *Arbutus andrachne* L. seeds by stratification and gibberellic acid. *Seed Sci. Technol.*, 29:51–56.
- Kayacık H (1982). *Orman ve Park Ağaçlarının Özel Sistematiği*. Angiospermae (Kapalı Tohumlular), İ.Ü. Orman Fak. Yayınları, İstanbul.

- Kaytanlıoğlu EHT, Fakir H, Özkan U, Şahin C (2024). Isparta-Türkiye'de Yetişen Çilek Ağacı (*Arbutus andrachne* L.) Meyvelerinin Çeşitlilik Analizi. Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Tarım ve Doğa Dergisi, 27(4):749-757.
- Kriken and John L (2000). Creating a Framework: Waterfront Development as Urban Place Making.
- Leakey RRB, Chapman VR, Longman KA (1982). Physiological studies for tropical tree improvement and conservation. Some factors affecting root initiation in cuttings of *Triplochiton scleroxylon* K. Schum. Forest Ecology and Management, 4:53-66.
- Leakey RRB (1985). The capacity for vegetative propagation in trees. Institute of Terrestrial Ecology, 14:110-133.
- Leakey RRB (1987). Clonal forestry in the tropics—a review of developments, strategies and opportunities. The Commonwealth Forestry Review, 66(1):61-75.
- Leakey RR, Mesen JFT, Tchoundjeu Z, Longman KA, Dick JM, Newton A, Muthoka PN (1990). Low-technology techniques for the vegetative propagation of tropical trees. The Commonwealth Forestry Review, 69(3):247-257.
- Li X, Wang QH, Zhang YY (2016). Studies on the combustibility of 15 woody plants in the high fire risk area of central Yunnan. Forest Inventory and Planning, 41(2):62-68.
- Li Z, Zhang H, Juan YH, Lee YT, Wen CY, Yang AS (2023). Effects of urban tree planting on thermal comfort and air quality in the street canyon in a subtropical climate. Sustainable Cities and Society, 91:104334.
- Linnaeus C (1739). Children, 1000.
- Mackay AC, McGill CR, Fountain DW, Southward RC (2002). Seed dormancy and germination of a panel of New Zealand plants suitable for re-vegetation. New Zealand Journal of Botany, 40(3):373-382.
- Mediavilla S, Escudero A, Heilmeyer H (2001). Internal leaf anatomy and photosynthetic resource-use efficiency: interspecific and intraspecific comparisons. Tree physiology, 21(4):251-259.
- Mitsch WJ, Gosselink JG (2015). Wetlands. John Wiley & sons.
- Nugroho NY, Triyadi S, Wonorahardjo S (2022). Effect of high-rise buildings on the surrounding thermal environment. Building and Environment, 207:108393.
- Padilla FM, Pugnaire FI (2006). The role of nurse plants in the restoration of degraded environments. Frontiers in Ecology and the Environment, 4(4):196-202.
- Parthiban KT, Sudhagar RJ, Kanna SU, Vennila S, Sekar I, Baranidharan K (2016). Forestry: A Subjective Guide for IFS Aspirants. Scientific Publishers-Competition Tutor.
- Pausas JG, Keeley JE (2014). Evolutionary ecology of resprouting and seeding in fire-prone ecosystems. New Phytologist, 204(1):55-65.
- Pausas JG, Keeley JE, Schilck DW (2017). Flammability as an ecological and evolutionary driver. Journal of Ecology, 105(2):289-297.
- Peters W, van der Velde IR, Van Schaik E, Miller JB, Ciais P, Duarte HF, White JW (2018). Increased water-use efficiency and reduced CO₂ uptake by plants during droughts at a continental scale. Nature geoscience, 11(10):744-748.
- Pipinis E, Stampoulidis A, Kotoula AA, Milios E, Kostas S, Hatzilazarou S, Radoglou K (2023). Seed germination behavior, molecular analysis of four populations of *Arbutus andrachne* species from Greece, and cultivation practice for producing high-quality plants. Agriculture, 13(7):1428.
- Reich PB, Ellsworth DS, Uhl C (1995). Leaf carbon and nutrient assimilation and conservation in species of differing successional status in an oligotrophic Amazonian forest. Functional Ecology, 9:65-76.
- Onursal E, Gözlekci S (2007). The effects of some pre-sowing treatments on seed germination percentage and duration of sandal wood (*Arbutus andrachne* L.) trees. Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 20(2):211-218.
- Santiso X, Lopez L, Retuerto R, Barreiro R (2016). Phylogeography of a widespread species: Pre-glacial vicariance, refugia, occasional blocking straits and long-distance migrations. AoB Plants, 8:1-41.
- Smith SE, Read DJ (2010). Mycorrhizal Symbiosis. Academic Press.
- Srivastava PS (2005). Plant Biotechnology and Molecular Markers. Springer press.
- Ter Steege H, Poorter L, Aguirre-Gutiérrez J, Fortunel C, Magnusson WE, Phillips OL, Dexter KG (2025). Functional composition of the Amazonian tree flora and forests. Communications Biology, 8:355.
- Tzoulas K, Korpela K, Venn S, Yli-Pelkonen V, Kaźmierczak A, Niemela J, James P (2007). Promoting ecosystem and human health in urban areas using Green Infrastructure: A literature review. Landscape and urban planning, 81(3):167-178.
- Vallejo R, Aronson J, Pausas JG, Cortina J (2009). Restoration of Mediterranean woodlands. Restoration Ecology: The New Frontier, 14:193-207.
- Vitousek PM, Sanford RL (1986). Nutrient cycling in moist tropical forest. Annual review of Ecology and Systematics, 17(1):137-167.
- Wright IJ, Reich PB, Westoby M, Ackerly DD, Baruch Z, Bongers F, Villar R (2004). The worldwide leaf economics spectrum. Nature, 428:821-827.

