



**ÇANKIRI
KARATEKİN
UNIVERSITY**



07.05.2016



Cilt / Volume: 11

Sayı / Number: 1

Haziran / June: 2025

e- ISSN: 2458-8474 Online

**ANATOLIAN
BRYOLOGY**



Kapak fotoğrafi / Cover photo

1. *Acarlar Longoz*
2. *İğneada Longoz*
3. *Karacabey Longoz*
4. *Karacabey Longoz*

by Dr. Serhat URSAVAŞ
by Dr. Serhat URSAVAŞ
by Dr. Serhat URSAVAŞ
by Dr. Serhat URSAVAŞ

ÇANKIRI KARATEKİN UNIVERSITY
ÇANKIRI KARATEKİN ÜNİVERSİTESİ



ANATOLIAN BRYOLOGY
ANADOLU BRİYOLOJİ DERGİSİ



Cilt / Volume: 11 Sayı / Number: 1 Haziran / June 2025

e-ISSN: 2458-8474

ÇANKIRI 2025

ANATOLIAN BRYOLOGY		
Cilt / Volume: 11	Sayı / Number: 1	Haziran / June 2025
İmtiyaz Sahibi = Grantee Prof. Dr. Mevlüt KARATAŞ Rektör = Rector	Yazı İşleri Müdürü = Editor Dr. Serhat URSAVAŞ	
Yayın İdare Merkezi = Publication Administration Center Çankırı Karatekin Üniversitesi, Orman Fakültesi, Orman Mühendisliği Bölümü, Yeni Mah. Bademlik Cad. 18200 Çankırı / TÜRKİYE Tel.: +90 376 212 27 57 / 3261; Faks: +90 376 213 6983 E-posta: serhatursavas@gmail.com, anatolianbryology@gmail.com İnternet sitesi = Website: https://dergipark.org.tr/tr/pub/anatolianbryology		
Baş Editör = Editor-in Chief Dr. Alkan GÜNLÜ	Editor = Editor Dr. Serhat URSAVAŞ Yardımcı Editor = Associate Editor Dr. Tamer KEÇELİ	Alan Editörü = Section Editor Dr. Muhammet ÖREN (Marchantiophyta) Dr. Nevzat BATAN (Bryophyta)
Yayın Kurulu = Editorial Board		
Dr. Bernard GOFFINET Dr. Gökhan ABAY Dr. Güray UYAR Dr. Joan SİLVA Dr. Rayna NATCHEVA Dr. Ryszard OCHYRA Dr. Turan ÖZDEMİR Dr. William R. BUCK	University of Connecticut University of Recep Tayyip Erdoğan Ankara Hacı Bayram Veli University State University of Paraíba Bulgarian Academy of Sciences Polish Academy of Sciences Karadeniz Teknik University New York Botanical Garden	USA TÜRKİYE TÜRKİYE BRAZIL BULGARIA POLAND TÜRKİYE USA
Dil Editörü = Language Editor Dr. Okan ÜRKER Dr. Üstüner BİRBEN Sekretarya = Secretary Research Assistant: Simge ÇİZGEN		

ANATOLIAN BRYOLOGY		
Danışma Kurulu = Advisory Board		
Dr. Adnan ERDAĞ	Adnan Menderes Üniversitesi	TÜRKİYE
Dr. Barbaros ÇETİN	Dokuz Eylül Üniversitesi	TÜRKİYE
Dr. Bernard GOFFINET	University of Connecticut	USA
Dr. Gökhan ABAY	Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi	TÜRKİYE
Dr. Güray UYAR	Ankara Hacı Bayram Veli Üniversitesi	TÜRKİYE
Dr. Hatice ÖZENOĞLU	Adnan Menderes Üniversitesi	TÜRKİYE
Dr. İsa GÖKLER	Dokuz Eylül Üniversitesi	TÜRKİYE
Dr. Joan SİLVA	State University of Paraíba	BRAZIL
Dr. Mesut KIRMACI	Adnan Menderes Üniversitesi	TÜRKİYE
Dr. Mevlüt ALATAŞ	Munzur Üniversitesi	TÜRKİYE
Dr. Muhammet ÖREN	Zonguldak Bülent Ecevit Üniversitesi	TÜRKİYE
Dr. Nevzat BATAN	Karadeniz Teknik Üniversitesi	TÜRKİYE
Dr. Rayna NATCHEVA	Bulgarian Academy of Sciences	BULGARIA
Dr. Recep KARA	NevşehirHacıBektaşVeliÜniversitesi	TÜRKİYE
Dr. Ryszard OCHYRA	Polish Academy of Sciences	POLAND
Dr. Si HE	Missouri Botanical Garden	USA
Dr. Sushil Kumar SINGH	Botanical Survey of India	INDIA
Dr. Turan ÖZDEMİR	Karadeniz Teknik Üniversitesi	TÜRKİYE
Dr. Tülay EZER	Niğde Ömer Halisdemir Üniversitesi	TÜRKİYE
Dr. William R. BUCK	New York Botanical Garden	USA
Bu dergide öne sürülen fikirler makale yazar(lar)ına aittir. Anatolian Bryology’de yer alan yazılar, Yayın Kurulu’ndan izin almaksızın başka yerde yayınlanamaz. Çankırı Karatekin Üniversitesi, Orman Fakültesinin bir dergisi olan Anatolian Bryology yılda iki kez (Kasım-Haziran) yayınlanan Uluslararası Hakemli bir dergidir. Dergide yayınlanan makalelere: https://dergipark.org.tr/tr/pub/anatolianbryology adresinden ulaşabilirsiniz.		
The articles in Anatolian Bryology present their author’s own opinions. Publication of any article in the journal is not allowed without permission of the Editorial Board. As a journal of Faculty of Forestry in Çankırı Karatekin University, Anatolian Bryology is an international refereed journal that is published twice a year (November – June). This journal is available online at https://dergipark.org.tr/tr/pub/anatolianbryology		

Contents = İçindekiler

Research Article/ Araştırma Makalesi

1. **The second locality record of *Gigaspermum mouretii* Corb. (Gigaspermaceae), a rare bryophyte taxon, from Türkiye**
Nadir bir karayosunu taksonu olan Gigaspermum mouretii Corb.'nin (Gigaspermaceae) Türkiye'den ikinci kaydı
 Gözde ASLAN, Mithat Evrim DEMİR, Hatice ÖZENOĞLU, Mesut KIRMACI
6. **A Comparative Phytochemical Study**
Karşılaştırmalı Bir Fitokimyasal Çalışma
 Yeliz ÇAKIR SAHİLLİ, Mevlüt ALATAŞ
13. **The moss flora of Koramaz Valley in the Central Anatolia (Kayseri)**
Orta Anadolu'daki Koramaz Vadisi'nin (Kayseri) karayosunu florası
 Harun ÇULHA, Tülay EZER
21. **The Liverwort Flora of the Boraboy Lake (Amasya)**
Boraboy Gölü (Amasya) Ciğerotu Florası
Kamil Mert YÜCEL, Hanife TARIM, İsa GÖKLER, Neslihan KARAVİN
26. **Nemrut Höyüğü Karayosunu Florası (Adıyaman/Türkiye)**
Moss Flora of Nemrut Mound (Adıyaman/Türkiye)
Emrah URLU, Recep KARA
33. **Determination of Atmospheric Polycyclic Aromatic Hydrocarbons and Trace Element Levels Using Moss Biomonitoring: A Case Study of Kocaeli**
Biyomonitör Karayosunları Kullanılarak Atmosferik Polisiklik Aromatik Hidrokarbonların ve İz Elementlerin Birikimlerinin Belirlenmesi: Kocaeli Örneği
Gülsüm KOÇAK, Muhammet ÖREN, Hasan ÇABUK
44. **Phytochemical profiling of *Brachythecium glareosum* (Bruch ex Spruce) Schimp. and preliminary in silico assessment of antifungal potential**
Brachythecium glareosum (Bruch ex Spruce) Schimp. türünün fitokimyasal profillemesi ve in silico destekli antifungal potansiyelinin ön değerlendirmesi
Zafer Çambay, Harun USLU, Kevser ÖZDEMİR BAYÇINAR, Bünyamin GÖKTAŞ, Muhammed GÜNGÖREN, Mevlüt ALATAŞ
52. **Detection of some phenolic content of *Grimmia ovalis* (Hedw.) Lindb. and investigation of its antimicrobial activity with molecular docking technique**
Grimmia ovalis (Hedw.) Lindb. Türünün Bazı Fenolik Bileşiklerinin Belirlenmesi ve Moleküler Yerleştirme Tekniği ile Antimikrobiyal Aktivitesinin Araştırılması
Zafer Çambay, Harun USLU, Bünyamin GÖKTAŞ, Kevser ÖZDEMİR BAYÇINAR, Ümmügülsüm TÜKENMEZ EMRE, Mevlüt ALATAŞ
59. **Contribution to the Bryophyte Flora of Ankara, Bolu and Eskişehir**
Ankara, Bolu ve Eskişehir Briyofit Floralarına Katkılar
Güray UYAR, Muhammet ÖREN
72. **Investigation of the Antimicrobial and Antifungal Activities of Some Moss Species (*Scleropodium touretii* (Brid.) L.F.Koch, *Hypnum cupressiforme* Hedw. var. *lacunosum* Brid., *Brachythecium glareosum* (Bruch ex Spruce) Schimp.)**
Bazı Karayosunu Türlerinin (Scleropodium touretii (Brid.) L.F.Koch, Hypnum cupressiforme Hedw. var. lacunosum Brid., Brachythecium glareosum (Bruch ex Spruce) Schimp.) Antimikrobiyal ve Antifungal Aktivitelerinin Araştırılması
Güray UYAR, Sibilay KOÇAŞ, Nazife ASLAN, Gül den VURAL, Mihrican BALABAN ZOR

ABSTRACTED / INDEXED / ARCHIVED

Thomson Reuters/Clarivate Analytics (Biological Abstracts and BIOSIS Previews), EBSCO, TR Dizin,
 TürkiyeAtıfDizini, CrossRef, Google Scholar, SOBIAD



<http://dergipark.org.tr/tr/pub/anatolianbryology>

DOI: 10.26672/anatolianbryology.1586159

Anatolian Bryology
Anadolu Briyoloji
Dergisi
Research Article
e-ISSN:2458-8474
Online



The second locality record of *Gigaspermum mouretii* Corb. (Gigaspermaceae), a rare bryophyte taxon, from Türkiye

Gözde ASLAN¹ , Mithat Evrim DEMİR¹ , Hatice ÖZENOĞLU² , Mesut KIRMACI³ *

¹ Aydın Adnan Menderes University, Buharkent Vocational School, Department of Chemistry and Chemical Processing Technologies 09010, Aydın, TÜRKİYE

² Aydın Adnan Menderes University, Faculty of Education, Department of Science and Mathematics Education 09010 Aydın, TÜRKİYE

³ Aydın Adnan Menderes University, Faculty of Science, Department of Biology, 09010 Kepez-Aydın, TÜRKİYE

Received: 15 November 2024

Revised: 09 February 2025

Accepted: 10 February 2025

Abstract

In this study, we present *Gigaspermum mouretii*, a rare taxon recorded for the second time from Türkiye. A detailed description of the species is given and presented with anatomical and morphological drawings. The map also displays its distribution areas in the Mediterranean countries.

Keywords: Bryophytes, Flora, Bafa Lake, Metamorphic rocks

Nadir bir karayosunu taksonu olan *Gigaspermum mouretii* Corb.'nin (Gigaspermaceae) Türkiye'den ikinci kaydı

Öz

Bu çalışmada, nadir bir takson olan ve Türkiye'den ikinci kez kaydedilen *Gigaspermum mouretii* sunulmaktadır. Türün ayrıntılı bir tanımı verilmiş ve anatomik ve morfolojik çizimlerle sunulmuştur. Ayrıca, Akdeniz ülkelerindeki dağılım alanları haritada gösterilmiştir.

Anahtar kelimeler: Karayosunları, Flora, Bafa Gölü, Metamorfik kayalar

* Corresponding author: mkirmaci@gmail.com

To cite this article: Aslan G. Demir M.E. Özenoğlu H. Kırmacı M. 2025. The second locality record of *Gigaspermum mouretii* Corb. (Gigaspermaceae), a rare bryophyte taxon, from Türkiye. *Anatolian Bryology*. 11:1, 1-5.



This work is licensed under a Creative Commons Attribution Non-Commercial 4.0 International License

1. Introduction

The family Gigaspermaceae consists of six genera represented by limited taxa (three are monotypic), the majority of which occur in the Southern Hemisphere (Laura and Cerda, 2015). Among them the genus *Gigaspermum* Lindb. is represented by two taxa, *G. repens* (Hook.) Lindb. and *G. mouretii* Corb. (Crosby et al., 2000). The subject of this study, *G. mouretii* has been defined by Corbiere (1913) from Morocco. It is mainly restricted to the Mediterranean Basin and known from Balearic Island, Canary Island, Scilly, Spain, Crete, Cyprus, Morocco, Algeria, Israel and Türkiye (Hodgetts and Lockhart, 2020). Specimen was firstly recorded from Hatay/Türkiye and given without any photos and drawings by Tonguç Yayıntaş (Tonguç Yayıntaş, 2009).

In the present study, the detailed description, ecology and distribution of the *G. mouretii*, which is recorded for the second time from Türkiye, are given together with drawings.

2. Material and Methods

2.1 Study area

Samples were collected from the southwestern edge of Bafa Lake (Figure 1). The lake is a natural barrier lake formed by the alluviums carried by the Büyük Menderes River in the west of Türkiye. Located on the borders of Muğla and Aydın provinces, the lake is also the largest lake in western Anatolia. The study area is under the influence of the Mediterranean climate and the natural formation manifests itself as degraded maquis. Since the edge of the lake has been used as a settlement for many years, it is under serious anthropogenic pressure. Especially olives stand out as the most striking agricultural product.

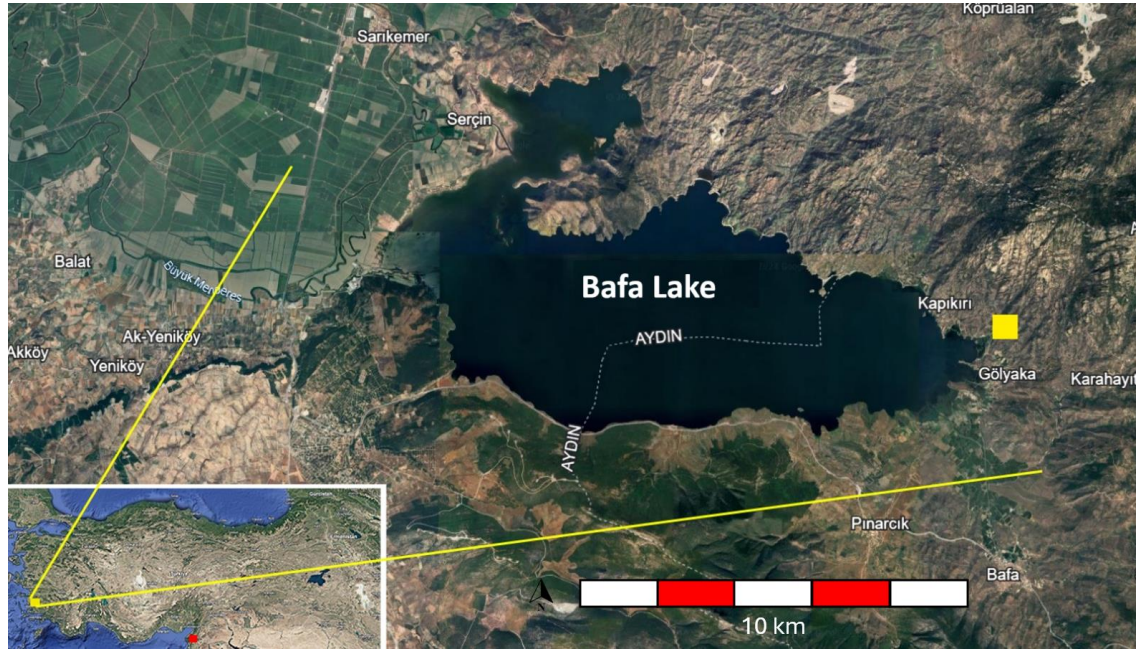


Figure 1. Distribution map of *G. mouretii* on Türkiye ■ first collected locality, ■ second collected locality.

2.2. Specimen examined

Gigaspermum mouretii Corb.

Revue Bryologique 40: 10. 1913.

Turkey: Muğla Province, Bafa Lake, Gölyaka Village: 37° 22' 51" N, 34° 30' 40" E, on soil bank, slope 70%, direction west, 20 m a.s.l., 04 March 2024, leg. and det. M. KIRMACI, H. ÖZENOĞLU, M. E. DEMİR and G. ASLAN.

The research material was collected from the area and identified using the relevant literature

(Carratello and Aleffi, 1998; Guerra et al., 2010; Kürschner and Erdağ, 2023). The plant was made to herbarium material and preserved in Aydın Adnan Menderes Herbarium (AYDN 4050).

Ecology: *G. mouretii* was collected from calcareous soils on the west-facing slopes. The bottom cover of the area, where *Olea europaea* L. and *Quercus coccifera* L. trees are sparsely found, is herbaceous formations *Lupinus* L. sp., *Anemone coronaria* L., *Asphodelus aestivus* Brot.,

Matricaria L., *Erodium* L'Hér. and some crops belonging to gramine. It grows dense grey-green tufts and is associated with *Lunularia cruciata* (L.) Dumort. ex Lindb., *Fossombronia* Raddi spp., *Southbya nigrella* (De Not.) Henriq., *Bryum* Hedw. sp., *Didymodon acutus* (Brid.) K. Saito, *Timmia* *barbuloides* (Brid.) Mönk., *Tortella squarrosa* (Brid.) Limpr. and *Trichostomum crispulum* Bruch. The large size of the spores suggests that they should survive for several years, indicating that the species is adapted to living in unstable habitats.

3. Results and Discussion

Description of the Turkish specimens: Plants light green to yellowish-white, to 1 cm. Stem rhizomatous, branches erect (0,4-1 cm). Leaves sparse on the lower part of the branches and crowded on the upper part, concave, orbicular-obovate, $0.8-1.2 \times 1-1.6$ mm; apex with hyaline apiculus, 300-500 μ m long, margin slightly crenulat. Perichaetial leaves larger than the vegetative ones, hyaline, greenish at the base, elongate-triangular, longly acuminate and strongly concave, extending 3 mm long, enclosing whole capsule. Upper and middle cells irregularly rhomboidal, hexagonal, square or shortly rectangular, $15-25 \times 25-50$ μ m; basal cells rectangular with smooth walls $25-35 \times 30-75$ μ m. Nerve absent, some with a double layer of cells in the central part, like a rudimentary nerve. Capsule is sessile, gymnostomous, wide, urn $0.9-1.2 \times 1-1.3$ mm., seta short, up to 0.6 mm long, operculum conic. Spores polyhedric, smooth, large up to 120 μ m (Figure 2).

As stated, *Gigaspermum mouretii* was firstly recorded from Türkiye in 2009 (Tonguç Yayıntaş, 2009). When we look at the distributions around the countries neighboring the Mediterranean given in this study, it is seen that they overlap with the European distributions (Balearic Islands, Canary Islands, Crete, Cyprus, Greece, Sicily, Spain) given by Hodgetts and Lockhart (2020). In the intervening 15 years, there has been no addition to

the distribution area of the species, at least in the Mediterranean and its surroundings (Figure 3). The western and southern parts of Türkiye are under the influence of the Mediterranean climate. The distance between the first collection locality of the species and the second is 750 km as the crow flies. This shows us that the taxon can be found in different localities where at least the Mediterranean climate is seen (Figure 3). The fact that *Gigaspermum* is represented by very few taxa suggests that the genus is not productive and is an old taxon. Its distribution areas also support this prediction.

It was reported that no samples with sporophytes were found in the first record (Tonguç Yayıntaş, 2009). In the current record, samples contain a high proportion of sporophytes. No results were obtained from the correspondence with the researchers who made the first record on the subject. Therefore, the first record could not be compared with the second one. In order to conduct floristic studies healthily, it is extremely important that herbarium records are regular and accessible.

G. mouretii was most recently assessed for The IUCN Red List of Threatened Species in 2018 (Sergio, 2019). In this list, it was evaluated as NT (Near Threatened) under criteria B2b (iii). It would not be right to comment on the Red List category of a taxon known from only two locations in our country. Therefore, remaining in the DD (Data deficient) category for now is considered appropriate. Scientists agree that the Mediterranean and its surrounding areas will be among the first to be affected by climate change due to the warming of the weather and drought, and that even species such as Pottiaceae members and *G. mouretii* will be affected (Hodgetts et al., 2019). In countries like Türkiye where the bryoflora is not yet fully known, it will not be possible to know to what extent global warming has affected species. Therefore, floristic studies should be completed as soon as possible in order to start protection efforts for endangered species.

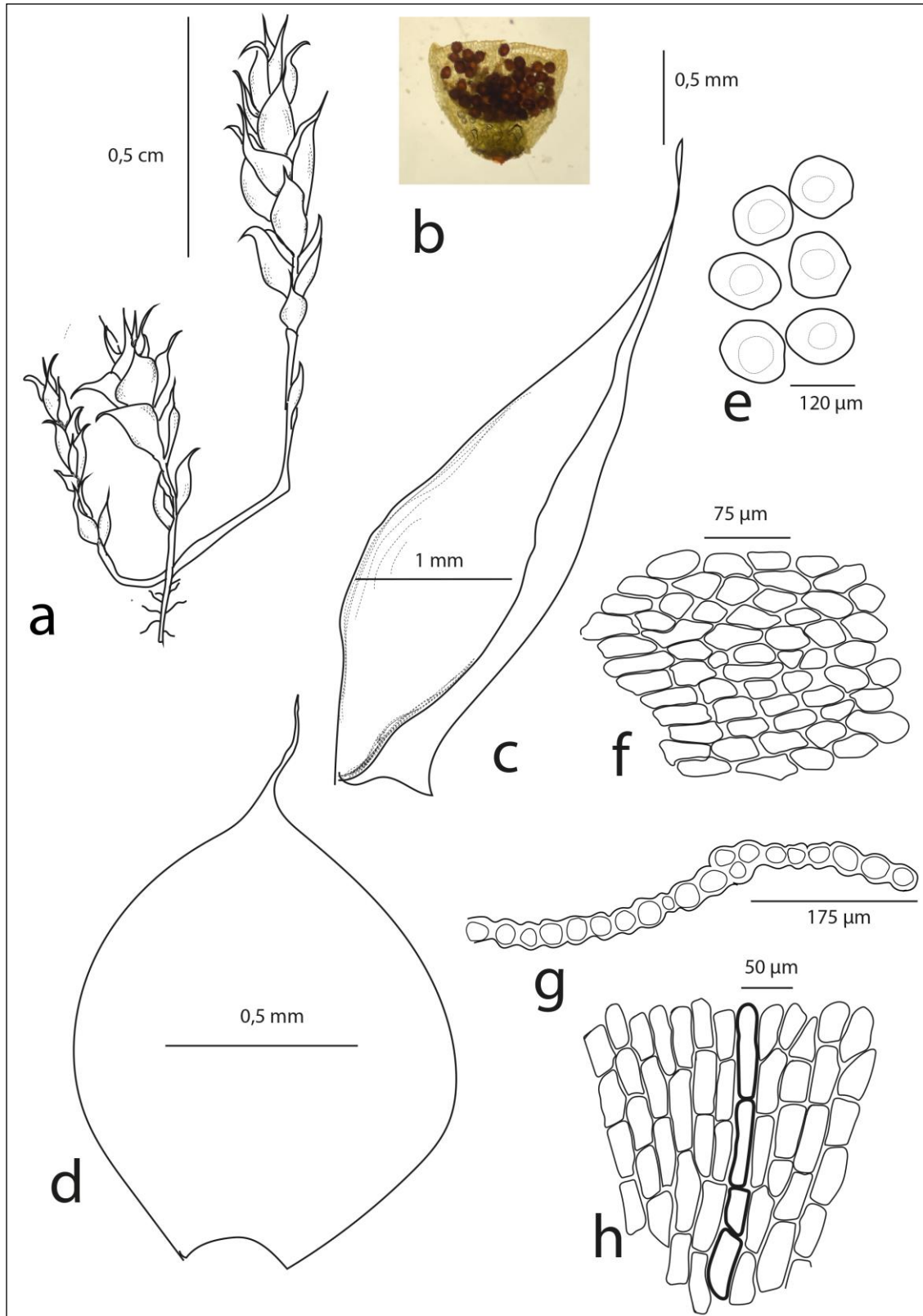


Figure 2. *Gigaspermum mouretii*; a) mature plant, b) sporophyte, c) perichaetial leaf, d) leaf, e) spores, f) median cells, g) cross section of leaf, h) basal cells



Figure 3. The distribution area of the *Gigaspermum mouretii* in the Mediterranean and its surroundings. (Yellow Triangle: Old records; Red Triangle: New record).

Declarations

Authors' contributions

GA, MED, HÖ, and MK have designed the study and collected the data. GA, MED, HÖ, and MK collected moss samples from the field. HÖ, and MK have performed laboratory of the study. HÖ, and MK has written manuscript; HÖ, and MK have reviewed and edited manuscript. All authors have read and approved the final manuscript.

Funding

The second record was collected during the education project on Bryophytes supported by the Scientific and Technological Research Council of Turkey (TÜBİTAK 2237-A, App. No: 1129B372300735). And, some of this research's data were taken from a project supported by ADU-BAP (Adnan Menderes University Rectorate Scientific Research Projects Commission) within the scope of project number EĞF-14001.

Conflict of interest

The authors have no competing interests to declare regarding the content of this article.

Ethics approval and consent to participate

This research did not involve human or animal subjects and therefore does not require ethical approval.

References

- Carratello A. Aleffi M. 1998. *Gigaspermum mouretii* Corb. (*Gigaspermaceae*, Musci), A New Species From Italy. *Acta Botanica Malacitana*. 23: 203-207.
- Corbiere L. 1913. Contribution a la flore bryologique du Maroc d'après les récoltes

du Lieutenant Mouret. *Rey. Bryol.* 40:1, 7-16.

- Crosby M.R. Magill R.E. Allen B. and He S. 2000. A checklist of the mosses. St. Louis Missouri Botanical Garden, 320 p.
- Guerra J. Brugués M. Cano M. J. and Cros R. M. 2010. *Flora Briofítica Ibérica Vol IV*. Spain.
- Hodgetts N. Calix M. Englefield E. Fettes N. Garcia Criado M. Patin L. Nieto A. Bergamini A. Bisang I. Baisheva E. et al. 2019. A miniature world in decline: European Red List of Mosses, Liverworts and Hornworts. Brussels, Belgium: IUCN.
- Hodgetts N. Lockhart N. 2020. Checklist and country status of European bryophytes – update 2020. *Irish Wildlife Manuals*, No. 123. National Parks and Wildlife Service, Department of Culture, Heritage and the Gaeltacht, Ireland.
- Kürschner H. Erdağ A. 2023. Türkiye Karayosunları Florası – Bryophyte Flora of Türkiye. Hiper yayın, İstanbul.
- Laura C.Z. Cerda I. G. 2015. Confirmed presence of *Gigaspermum repens* Hook. Lindb. in the New World, *Journal of Bryology*, 37:2, 147-149.
- Tonguç Yayıntaş Ö. 2009. *Gigaspermum mouretii* Corb. (*Gigaspermaceae*, Musci), new to the moss flora of Turkey. *Cryptogamie, Bryologie*. 30:3, 415-418.
- Sergio C. 2019. *Gigaspermum mouretii* (Europe assessment). The IUCN Red List of Threatened Species 2019: e.T84374283A87725511. Accessed on 03 February 2025.



<http://dergipark.org.tr/tr/pub/anatolianbryology>

DOI: 10.26672/anatolianbryology.1633304

Anatolian Bryology
Anadolu Briyoloji
Dergisi
Research Article
e-ISSN:2458-8474
Online



Karşılaştırmalı Bir Fitokimyasal Çalışma

Yeliz ÇAKIR SAHİLLİ¹ , Mevlüt ALATAŞ² *

^{1,2} Munzur Üniversitesi, Tunceli Meslek Yüksekokulu, Tunceli, TÜRKİYE

Received: 04 February 2025

Revised: 27 February 2025

Accepted: 14 May 2025

Öz

Briyofitler, çeşitli terapötik ve nutrasötik uygulamalara sahip geniş bir ikincil metabolit yelpazesi sentezleyen bitkilerdir. Bu çalışmada, *Brachythecium rutabulum* (Hedw.) Schimp. (Bryophyta) ve *Barbilophozia barbata* (Schmidel ex Schreb.) Loeske (Marchantiophyta) türlerinin biyoaktif bileşikleri ve antioksidan potansiyelleri incelenmiştir. Analizler sonucunda, *B. rutabulum*'un toplam fenolik (TPC), toplam flavonoid (TFC), askorbik asit, ferrik indirgeme antioksidan gücü (FRAP) ve deoksiriboz bozunma aktivitesi (DDA) açısından daha yüksek değerlere sahip olduğu, *B. barbata*'nın ise karotenoid içeriği ve nitrik oksit süpürme aktivitesi (NOSA) bakımından daha yüksek antioksidan potansiyel gösterdiği belirlenmiştir. Bulgular, bu briyofit türlerinin güçlü antioksidan ajanlar olabileceğini göstermektedir. Özellikle ilaç, kozmetik ve gıda endüstrilerinde bu türlerin biyoaktif bileşiklerinin potansiyel kullanımı daha ayrıntılı araştırmalarla desteklenmelidir.

Anahtar kelimeler: Briyofit, Fitokimya, Antioksidan Aktivite, İkincil Metabolitler, Fenolik Bileşikler

A Comparative Phytochemical Study

Abstract

Bryophytes are plants that synthesize a wide range of secondary metabolites that have various therapeutic and nutraceutical applications. In this study, bioactive compounds and antioxidant potentials of *Brachythecium rutabulum* (Hedw.) Schimp. (Bryophyta) and *Barbilophozia barbata* (Schmidel ex Schreb.) Loeske (Marchantiophyta) species were investigated. As a result of the analyses, it was determined that *B. rutabulum* had higher values in terms of total phenolic content (TPC), total flavonoid content (TFC), ascorbic acid, ferric reducing antioxidant power (FRAP), and deoxyribose degradation activity (DDA), while *B. barbata* showed higher antioxidant potential in terms of carotenoid content and nitric oxide scavenging activity (NOSA). The findings indicate that these bryophyte species may be strong antioxidant agents. The potential use of bioactive compounds of these species, especially in the pharmaceutical, cosmetic, and food industries, should be supported by further detailed research.

Keywords: Bryophyte, Phytochemistry, Antioxidant Activity, Secondary Metabolites, Phenolic Compounds

* Corresponding author: mevlutalatas@hotmail.com

To cite this article: Çakır Sahilli Y. Alataş M. 2025. A Comparative Phytochemical Study. *Anatolian Bryology*. 11:1, 6-12.



This work is licensed under a Creative Commons Attribution Non-Commercial 4.0 International License

1. Giriş

Briyofitler, dünya çapında yaygın olarak dağılmış ancak hala yetersiz araştırılmış bir bitki grubudur. Tür sayılarının yaklaşık 22.000-25.000 arasında olduğu tahmin edilmektedir (Frahm, 2004; Asakawa ve Ludwiczuk, 2013). Son taksonomik çalışmalarda üç ayrı bölüme ayrılmış (Bryophyta, Marchantiophyta ve Anthocerotophyta) olan briyofitler, çok çeşitli ve homojen olmayan bir bitki grubudur (Glime, 2007; Shaw ve ark., 2011). Briyofitler nadiren insan ilgisinin konusu olmuştur. Bunun başlıca nedeni, düşük kalorifik değerleri ve zayıf organoleptik özellikleri nedeniyle bir gıda kaynağı olarak kullanılmamalarıdır (Klavina ve ark., 2015). Ancak, briyofitler geliştikleri bitki topluluklarına (Wolski ve Kruk, 2020) veya üzerinde büyüdükleri substratlara (Vanderpoorten ve ark., 2004; Fudali ve Wolski, 2015) göre yüksek biyoindikatif değerleri nedeniyle ekolojik araştırmalarda çok sık kullanılmaktadırlar. Ayrıca bazı türleri, bitki ve orman ekosistemleri doğallığının olağanüstü göstergeleri olarak da kabul edilir (Klama ve ark., 1999; Klama, 2002).

Briyofitlerin tıpta kullanımına olan ilgi, yalnızca son birkaç on yıla dayansa da (Asakawa ve ark., 1990; Zinsmeister ve ark., 1991), bu bitkiler çoğunlukla Asya ülkelerinde yüzyıllardır doğal ilaç olarak kullanılmaktadırlar (Bodade ve ark., 2008). I. Dünya Savaşı sırasında yaralıların pansuman ve tedavilerinde cerrahi sargı bezi olarak da kullanılmışlardır (Abay, 2006; Saxena ve Harinder, 2004). Son on yılda, briyofitlerin vasküler bitkilere benzer şekilde yüksek biyolojik aktivite gösteren birçok kimyasal bileşik üretmelerinin keşfi nedeniyle bu bitkilere olan ilgi önemli ölçüde artmıştır (Shaw ve ark., 2011; Asakawa ve ark., 1990; Hanif ve ark., 2014; Kadam ve Akurdi, 2016). Briyofitlerin dokularıyla ilgili çok sayıda çalışma, yapılarında polisiklik aromatik bileşiklerle birlikte hidrokarbonların ve aromatik bileşiklerin (örn. bibenziller) varlığını belgelemiştir. Bunların yanı sıra çalışmalarda, flavonlar (örn. apigenin, luteolin), flavonoller (örn. kaempferol), izoflavonlar ve diğer hidroksi flavonoidler dahil olmak üzere flavonoidler; lipofilik mono-, seski- ve diterpenoidler dahil olmak üzere terpenoidler; glikozitler, üçlü ve tetraoksijenlenmiş kumarinlerin glikozitleri, orobol glikozitler, lipitler, yağ asitleri ve diğer uçucu bileşenler gibi çeşitli organik bileşik grupları da tanımlanmıştır (Ichikawa ve ark., 1983; Aslanbaba ve ark., 2017). Bu tanımlamalarla birlikte, bir dizi briyofit için iyi ifade edilmiş antibakteriyel, antifungal, antiviral aktiviteler gösterilmiştir. Kanseri hücreleri, antiplatelet, antitrombin, vazopressin antagonisti, kardiyotonik, alerjik,

tümör etkili, böcek öldürücü, yumuşakça öldürücü, bitki büyüme düzenleyici, nöroprotektif aktiviteler açısından sitotoksiteleri ve ayrıca bir dizi biyokimyasal olarak önemli enzimi inhibe etme yetenekleri de birçok çalışmada doğrulanmıştır.

Briyofitler ayrıca antioksidan ve UV fotokoruyucu özellikler de sergiler. Flavonoidler ve hidroksisinnamik asitler de dahil olmak üzere fenolik içerik nedeniyle, dokularına nüfuz eden zararlı UV radyasyonunun doğrudan ve dolaylı etkilerini azaltabilirler (Frahm, 2004; Klavina ve ark., 2015; Hanif ve ark., 2014; Kadam ve Akurdi, 2016; Asakawa, 2007; Chobot ve ark., 2008). Briyofitler ve özleri; cilt hastalıkları ve cilt ile ilişkili sorunlar, solunum sistemi ve kardiyovasküler sistem hastalıkları tedavilerinde de uygulanmışlardır. Yine bazı briyofit türleri ayrıca ateş düşürücü ve idrar söktürücü özelliklere sahip olup hepatit, kırıklar, bademcik iltihabı, nevrasteni ve viral hastalıkları tedavi etmek için kullanılmışlardır (Frahm, 2004; Singh ve ark., 2006; Asakawa ve Ludwiczuk, 2013).

Son yıllarda, briyofitlerin biyolojik olarak aktif maddelerin potansiyel kaynağı olarak kullanımı üzerine yürütülen çalışmalar, çoğunlukla ciğerotları olmak üzere, karayosunları ve boynuzlu ciğerotu türleri üzerinde gerçekleştirilmektedir (Asakawa ve Ludwiczuk, 2013). Yapılan son çalışmalarda, briyofitlerden izole edilen birçok bileşik yüksek biyolojik aktivite göstermiştir (Krzaczkowski ve ark., 2009; Cheng ve ark., 2012, Sahilli ve Alataş, 2024). Bununla birlikte, 3.000 briyofitin tıbbi değere sahip olduğu bildirilmesine rağmen, yalnızca birkaçı tıbbi kullanım için geliştirilmiştir (Kandpal ve ark., 2016). Briyofitlerin tıbbi görünürlüğünü artırmak ve içerik zenginliğini ortaya çıkarmak için yapılan bu çalışmada, *Brachythecium rutabulum* (Hedw.) Schimp ve *Barbilophozia barbata* (Schmidel ex Schreb.) Loeske türlerinin, biyoaktif bileşikleri ve antioksidan kapasiteleri araştırılmıştır.

2. Materyaller ve Metodlar

2.1. Bitki materyali ve ekstraksiyon işlemi

Araştırma materyalleri, Henderson (1961) kareleme sistemine göre Türkiye’de A4-A5 kareleri içerisinde bulunan Karçal Dağları (Artvin)’ndan toplanmıştır. Özellikle nemli ve gölgeli ormanlık alanlar ile nehir kenarlarındaki; kütükler, toprak ve kayalar üzerinde yayılış gösteren (Smith, 1996; Smith, 2004) bu türlerden; *Brachythecium rutabulum* (Hedw.) Schimp. çürüyen ağaç kütüğü üzeri (1. lokalite), *Barbilophozia barbata* (Schmidel ex Schreb.) Loeske. ise kaya (2. lokalite) üzerinden alınmıştır (Tablo 1).

Tablo 1. Lokalite bilgileri

Lokalite No	Yükseklik (m)	Tarih	GPS Kaydı	Lokalite
1	1550	29.05.2022	(37T) 0744667D, 4579143K	Çermik Balcı Yaylası Arası
2	846	27.05.2022	(37T) 0735981D, 4569823K	Bakırköy

Ekstraksiyon işlemi için iyice yıkanan örnekler, kurutulup ve ince toz haline getirilmiştir. Her bir örnek (1 g) havan ve havaneli kullanılarak % 95 metanol ile homojenize edilmiş ve 48 saat boyunca orbital çalkalayıcıda tutulmuştur. Daha sonra, her bir ekstrakt 10000 rpm'de 20 dakika santrifüj edilmiştir. Bu işlemi takiben her bir örneğin süpernatantı toplanmış ve daha sonra kullanılmak üzere 4 °C'de saklanmıştır.

2.2. Toplam fenolik içerik

Toplam fenolik içerik (TPC) Vats (2016) tarafından tarif edildiği şekilde değerlendirilmiştir. Metanolik ekstrakt (0,125 ml) aynı miktarda Folin-Ciocalteu reaktifi ile karıştırılmıştır. Daha sonra sodyum karbonat (%7) eklenmiş ve reaksiyon karışımı distile su ile seyreltilmiştir. Test tüpleri daha sonra 90 dakika inkübe edilmiş ve absorbans 760 nm'de kaydedilmiştir. Sonuç, mg Gallik asit eşdeğeri GAE/g numunenin kuru ağırlığı olarak ifade edilmiştir.

2.3. Toplam flavonoid içeriği

Toplam flavonoid içeriği (TFC) alüminyum klorür yöntemine göre belirlenmiştir (Vats, 2016). Bitki ekstraktına sırayla etanol (%95), alüminyum klorür (%10), potasyum asetat (1 M) ve damıtılmış su eklenmiştir. Reaksiyon karışımı oda sıcaklığında 30 dakika inkübe edilmiş ve 415 nm'de absorbans alınmıştır. Sonuç, Quercetin eşdeğerleri olarak mg QE/g numunenin kuru ağırlığı cinsinden ifade edilmiştir.

2.4. Askorbik asit içeriği

Kurutulmuş ve ince toz haline getirilmiş örnekler 10 ml ekstraksiyon çözeltisinde (1,39 N asetik asit içinde %3 metafosforik asit) 5 dakika boyunca maserasyona tabi tutulmuştur. Daha sonra, çözelti santrifüjlenmiş ve her bir tüpteki süpernatantlar, belirgin bir pembe renk 5 dakikadan daha uzun süre devam edene kadar indofenol çözeltisine karşı ayrı ayrı titre edilmiş ve kör ile karşılaştırılmıştır. Askorbik asit içeriği AOAC yönteminde tarif edildiği şekilde hesaplanmıştır (AOAC, 1990).

2.5. Karotenoid içeriği

Metanolik bitki ekstraktı bir ayırma hunisinde petrol ile karıştırılmıştır. Eter tabakası toplandı ve vakumda buharlaştırıldı. Kalıntı etanolde çözöldü ve % 60 sulu KOH ile karıştırıldı ve bir gece bekletildi. Ayrıca, eşit miktarda su ilave edildi ve petrol eteri ile iki kez bölündü. Faz toplandı ve

buharlaştırıldı. Kalıntı 450 nm'de spektrofotometrik tahmin için etanol içinde çözöldü. Karotenoid içeriği de de Carvalho ve ark. (2012) tarafından önerildiği şekilde hesaplanmıştır.

2.6. Ferrik indirgeyici/antioksidan güç deneyi

Ferrik indirgeyici/antioksidan güç (FRAP) testi Vats ve Gupta'nın (2017) yöntemine göre gerçekleştirilmiştir. Frap reaktifi 20 ml asetat tamponu (300 mM; pH3.6), 2,5 ml TPTZ (40 mM HCl içinde 10 mM 2, 4, 6-tripiridilstriazin) ve 2,5 ml FeCl₃.6H₂O karıştırılarak hazırlanmıştır. Ayrıca, 50 µl ekstrakt 1,5 ml FRAP reaktifi ile karıştırıldı. Absorbans 5 dakika sonra 593 nm'de ölçöldü. Kalibrasyon için bilinen Fe (II) konsantrasyonunun sulu çözeltisi kullanılmıştır.

2.7. Nitrik oksit süpürme (temizleme) deneyi

Nitrik oksit temizleme deneyi (NOSA) Badami ve ark. (2003) tarafından önerildiği şekilde belirlenmiştir. Sodyum nitroprussid (10 mM) 0,5 ml fosfat tampon salin (1 M; pH 7,4) içinde 0,5 ml ekstrakt ile karıştırılmıştır. Karışım 25 °C'de 150 dakika boyunca inkübe edildi. Reaksiyon karışımına (0,5 ml) sülfanilik asit reaktifi (1 ml) ve ardından %0,1 naftil etilendiamin dihidroklorür (1 ml) eklenmiş ve oda sıcaklığında 30 dakika inkübe edilmiştir. Absorbans 540 nm'de ölçölmüştür. Nitrik oksit radikal süpürme aktivitesi hesaplanmış ve IC50 (µg/ml) olarak ifade edilmiştir.

2.8. Deoksiriboz bozunma aktivitesi

Deoksiriboz parçalanma aktivitesi (DDA) Halliwell ve ark. (1987) tarafından önerilen yöntemle belirlenmiştir. 100 µL 2-deoksi-2-riboz (28 mM), 200 µl EDTA (1,04 mM) ve FeCl₃ (200 µM) çözeltisi (1:1 v/v) ve 100 µl H₂O₂ (1 mM) ve 100 µl askorbik asit (1 mM), test numunesinin çeşitli konsantrasyonlarının potasyum fosfat tamponundaki (50 mM; pH=7,4) 500 µL çözeltisi ile karıştırılmıştır. Reaksiyon karışımı 1 saat boyunca 37 °C'de tutulmuştur. Ayrıca, 1 ml TBA (%1) ve 1 ml TCA (%2,8) test tüplerine eklenmiş ve 20 dakika boyunca 100 °C'de inkübe edilmiştir. Son olarak absorbans, deoksiriboz ve tampon içeren bir köre karşı 532 nm'de ölçölmüştür. Sonuçlar IC50 (µg/ml) olarak ifade edilmiştir.

2.9. İstatistiksel analiz

Bu çalışmada her bir ölçüm, üç bağımsız tekrar halinde gerçekleştirilmiş olup, veriler ortalama ± standart sapma (SD) şeklinde sunulmuştur. İstatistiksel analizler, veriler arasındaki farkların

anamlılığını belirlemek amacıyla gerçekleştirilmiştir. Öncelikle, varyans homojenliği varsayımı altında gruplar arası farklılıkların değerlendirilmesi için tek yönlü varyans analizi (One-Way ANOVA) uygulanmıştır. Anamlı fark saptanan parametreler için ikili karşılaştırmalar bağımsız örneklem t-testi ile yapılmıştır. Tüm analizler IBM SPSS Statistics 21.0 yazılımı kullanılarak gerçekleştirilmiş, anlamlılık düzeyi $p < 0.05$ olarak kabul edilmiştir.

3. Sonuçlar ve Tartışma

3.1. TPC ve TFC

Fenolik bileşiklerin antioksidan potansiyeli nörodegeneratif, peptik ülser, diyabet, inflamasyon, kanser, kardiyak bozukluklar ve yaşlanma gibi çok çeşitli hastalıklara karşı iyi bir şekilde araştırılmıştır. Fenoliklerin insan sağlığı üzerindeki çeşitli etkileri temel olarak serbest radikalleri temizleme, redoks aktif metal iyonlarını şelatlama, gen ekspresyonunu düzenleme ve sinyal iletim yollarını modüle etme yeteneklerine bağlanmaktadır (Soobrattee ve ark., 2005). Mevcut araştırmada, *B. rutabulum*'un TCP değeri 14.02 mg GAE/g kuru ağırlık ve *B. barbata*'nın ise 10.96 mg GAE/g kuru ağırlık olarak gözlenmiştir (Tablo 2). Chobot ve arkadaşları (2006) *Dicranum scoparium* Hedw.'da oldukça düşük bir TCP seviyesi (%3,8) bildirmiştir. Ayrıca, test edilen diğer karayosunları, mevcut çalışmadaki bitkilere kıyasla daha az TPC içeriğine sahipti. *Ptychostomum capillare* (Hedw.) Holyoak & N. Pedersen bitkisinde TCP 23.26 mg/g olarak bulunmuştur (Onbasli ve Yuvali, 2021). *B. rutabulum*, *B. barbata* TFC değerleri ise sırasıyla 0.92-0.46 mg QE/g KA aralığında bulunmuştur (Tablo 2). Bazı raporlar karayosunlarında mevcut çalışmaya kıyasla daha yüksek (Wang ve ark., 2017) ve diğerleri daha düşük TFC (Karim ve ark., 2014) bildirilmiştir.

Tablo 2. *B. rutabulum*, *B. barbata* türlerindeki çeşitli fitometabolitlerin miktarları (a TPC ve TFC değerleri mg/g $\pm$ SD cinsinden ortalama değer, b Askorbik asit ve karotenoid içeriği değerleri ise ortalama değer $\mu\text{g/g} \pm$ SD olarak verilmiştir)

Briyofitler	TPC ^a	TFC ^a	Askorbik asit ^b	Karotenoid ^b
<i>B. rutabulum</i>	14.02 $\pm$ 0.51	0.92 $\pm$ 0.07	16.02 $\pm$ 0.22	2.86 $\pm$ 0.26
<i>B. barbata</i>	10.96 $\pm$ 0.32	0.46 $\pm$ 0.02	11 $\pm$ 0.42	6.34 $\pm$ 0.05

3.3. Antioksidan testleri

B. rutabulum'da FRAP değeri 680 μM , *B. barbata*'da 236 μM gözlenmiştir (Tablo 3). Manoj ve Murugan (2012) *Psychotria beddomei* Deb & M.G.Gangop. ekstraktının FRAP değerini 496,8 $\pm$ 0,26 $\mu\text{mol FeSO}_4/\text{g}$ kuru ağırlık olarak bildirmiştir. Beş karayosununun FRAP değeri (*Sphagnum cuspidatum* subsp. *subrecurvum* (Warnst.) A. Eddy, *Sphagnum cuspidatum* Müll. Hal., *Sphagnum junghuhnianum* Dozy & Molk., *Pogonatum cirratum* subsp. *fuscatum* (Mitt.)

3.2. Askorbik asit ve karotenoid içerikleri

Askorbik asit içeriği *B. rutabulum* 'da 16.02 $\mu\text{g/g}$, *B. barbata* 'da ise 11 $\mu\text{g/g}$ gözlenmiştir (Tablo 2). Onbasli ve Yuvali (2021) *P. capillare*'de 1.87 $\mu\text{g/ml}$ askorbik asit bildirmiştir. *Ptychostomum moravicum* (Podp.) Ros & Mazimpaka yosununda askorbik asit içeriği mg ekstrakt başına 84,56 μg olarak değerlendirilmiştir (Pejin ve ark., 2013). Askorbik asit temel bir vitamindir ve bu nedenle dışarıdan takviyesi kaçınılmaz hale gelir. Aynı zamanda birçok enzim için kofaktör görevi görür ve kolajen sentezinde, karaciğerdeki detoksifikasyon sürecinde önemli bir rol oynar ve bağışıklık sistemini tetikler. Serbest radikalleri nötralize etmede etkilidir ve E vitaminini yeniden üretir, böylece singlet (tekli) oksijen ve peroksil radikalini temizler (Percival, 1998). Dahası, askorbik asit diferansiyel gen ifadesini etkileyerek DNA ve proteinlerin oksidasyon aracılı hasarını önlemeye yardımcı olur (Granger ve Eck). COVID-19'un yönetiminde C vitamininin olası kullanımı da bildirilmiştir (Quiles ve ark., 2020).

Karotenoid içeriği *B. rutabulum* ve *B. barbata* 'da sırasıyla 2.86 ve 6.34 $\mu\text{g/g}$ KA olarak tespit edilmiştir (Tablo 2). *Fontinalis antipyretica* Hedw. bitkisinde karotenoid içeriği 2,2 mg/g olarak bulunmuştur (de Carvalho ve ark., 2019). Karotenoidlerin A vitamininden daha iyi antioksidanlar olduğu bildirilmiştir. Kardiyovasküler ve nörolojik bozukluklar, kanser ve gözle ilgili bozukluklar gibi hastalıkların önlenmesinde oldukça etkilidirler (Rao ve Rao, 2007). Tekli oksijenin en etkili temizleyicilerinden biri olan karotenoidler, DNA, protein ve lipitleri reaktif oksijen türlerinin olumsuz etkilerinden korur (Edge ve ark., 1997; Vats ve Gupta, 2017).

Hyvönen ve *Pogonatum cirratum* subsp. *macrophyllum* (Dozy & Molk.) Hyvönen 5.63-13.74 mM aralığında bulunmuştur (Karim ve ark., 2014). FRAP değerleri, ekstrakttaki biyoaktiflerin ferrik iyonları etkili bir şekilde azalttığını ortaya koymaktadır. Dolayısıyla, bu bileşikler serbest radikallerin kararlı ürünlere dönüştürülmesine yardımcı olacak ve aynı zamanda serbest radikaller tarafından başlatılan zincirleme reaksiyonları engelleyecek potansiyel antioksidanlar olarak hizmet edebilir (Mitra, 2020).

Tablo 3. *B. rutabulum* ve *B. barbata* türlerinin antioksidan potansiyelleri (Değerler ortalama $\pm$ SD olarak verilmiştir).

Briyofitler	NOSA ($\mu\text{g/ml}$)	DDA ($\mu\text{g/ml}$)	FRAP (μM)
<i>B. rutabulum</i>	276 $\pm$ 5.51	1306 $\pm$ 3.12	680 $\pm$ 15.35
<i>B. barbata</i>	988 $\pm$ 5.21	1082 $\pm$ 2.74	236 $\pm$ 18.34

B. rutabulum 'da NOSA IC50: 276 $\mu\text{g/ml}$ ve *B. barbata* 'da IC50: 988 $\mu\text{g/ml}$ (Tablo 3) gözlenmiştir. NOSA'da nitrit iyonları nitrik oksitin oksijen ile reaksiyonu sonucu oluşur (Badami ve ark., 2003). NO önemli bir sinyal molekülüdür, ancak aşırı üretimi inflamasyon ve kanser gibi hastalıkların oluşumunda rol oynar (Ricciardolo ve ark., 2004). Ayrıca, NO'nun süperoksit anyonu ile reaksiyonu peroksinitrit üretir ve bu da doku sistemleri üzerinde kötü etkiye sahiptir (Halliwell, 1997). *B. rutabulum* 'da DDA antioksidan potansiyel IC50: sırasıyla 1306 $\mu\text{g/ml}$ ve *B. barbata* 'da IC50: sırasıyla 1082 $\mu\text{g/m}$ (Tablo 3) olarak gözlenmiştir. *B. rutabulum* daha az antioksidan potansiyel göstermiştir. Hidroksil radikalleri belirli proteinlerdeki disülfid bağlarını azaltarak genel yapılarını olumsuz yönde etkiler. Bu durum kanser, nörolojik hastalıklar gibi çeşitli hastalıkların patojenitesini etkiler (Lipinski, 2011). Askorbik asidin hidroksil radikallerini inhibe ettiği bildirilmiştir (Noda ve ark., 1997).

Mevcut araştırmada kullanılan metanolik ekstraktın flavonoidler, askorbat, pigmentler ve fenolik asitler gibi içerdiği bilinmektedir (Vats, 2016). Bu düşük molekül ağırlıklı antioksidanlar serbest radikallerin potansiyel temizleyicileridir, reaktif oksijen türlerinin (ROS) olumsuz etkisini nötralize eder ve dolaylı olarak metalleri şelatlayarak oksidatif stresi önler. Ayrıca, enzimatik antioksidanların aksine, küçük boyutlu olan düşük molekül ağırlıklı antioksidanlar, hedeflerinin yakınında olmak için hücre zarından geçebilir. Flavonoidlerin antioksidan potansiyeli temel olarak serbest radikalleri stabilize etmeye yardımcı olan aromatik hidroksil grubu ve C-H bağından kaynaklanmaktadır. Ayrıca, flavonoidler geçiş metal iyonlarını şelatlayabilir ve lipoksigenaz reaksiyonunun ilerlemesini engelleyebilir (Ross ve Kasum, 2002). Karotenoidler bir dizi konjuge çift bağa sahip bir polien omurgasına sahiptir. Bu karakteristik özellik, tekli moleküler oksijen ve peroksil radikallerini temizlemede yardımcı olan antioksidan potansiyeli kazandırır (Young ve Lowe, 2018). Askorbik asit, lipid radikaline bir elektron vererek hidrojen peroksit kaynaklı lipid peroksidasyonunu önler. Ayrıca, hücre membranlarında E vitamininin yenilenmesine yardımcı olur ve oksidan kaynaklı sitotoksisiteyi önler (Yen ve ark., 2002).

Sonuç olarak, TCP, TFC, Askorbik asit, FRAP ve DDA antioksidan potansiyel açısından *B. rutabulum*'un Karotenoid ve NOSA antioksidan potansiyel açısından ise *B. barbata*'nın yüksek miktarda olduğu görülmüştür. Biyoaktif bileşiklerin miktarı ve antioksidan kapasite değerleri, bu çalışmada kullanılan briyofitlerin antioksidan ajan olarak önemli bir potansiyele sahip olduğunu göstermiştir. Ancak elde edilen bu sonuçlar, özellikle ilaç, kozmetik ve gıda endüstrilerinde kullanılabilecek biyoaktif bileşiklerin daha fazla araştırılması gerektiğini de vurgulamaktadır.

Deklarasyon

Yazar katkıları: Fikir/Kavram, MA, YÇS; Tasarım ve dizayn, YÇS, MA; Denetleme danışmanlık, MA, YÇS; Kaynaklar, YÇS, MA; Malzemeler, MA, YÇS; Ver toplama ve/veya işleme, MA, YÇS; Analiz ve/veya yorum, YÇS, MA; Literatür taraması, YÇS, MA; Yazım aşaması, YÇS, MA; Eleştirel inceleme, MA, YÇS.

Çıkar çatışması: Yazarların bu yazının içeriğiyle ilgili olarak beyan edecekleri hiçbir rekabet çıkarı yoktur.

Finansman: Yazarlar, bu yazının hazırlanması sırasında herhangi bir fon, hibe veya başka bir destek alınmadığını beyan ederler.

Etik onay: Bu araştırma, insan veya hayvan deneklerini içermemektedir ve bu nedenle etik onay gerektirmemektedir.

Kaynaklar

- Abay G. 2006. Bryofitlerin Kullanım Alanları, Ekolojik ve Ekonomik Önemi. I. Uluslararası Odun Dışı Orman Ürünleri Sempozyumu. Trabzon OGM.
- AOAC. 1990. Official methods of analysis of the Association of Official Analytical Chemists. Vol. 15., Association of Official Analytical Chemists. Washington DC.
- Asakawa Y. Tori M. Masuya T. Frahm J.P. 1990. Ent-sesquiterpenoids and cyclic bis(bibenzyls) from the german liverwort *Marchantia polymorpha*. *Phytochemistry*. 29:5, 1577-1584.
- Asakawa Y. 2007. Biologically active compounds from bryophytes. *Pure and Applied Chemistry*. 79:4, 557-580.

- Asakawa Y. Ludwiczuk A. 2013. Bryophytes: liverworts, mosses, and hornworts: extraction and isolation procedures. Metabolomics tools for natural product discovery: Methods and protocols. Humana Press, New York.
- Aslanbaba B. Yılmaz S. Yayıntaş Ö.T. Özyurt D. Öztürk B.D. 2017. Total phenol content and antioxidant activity of mosses from Yenice forest (Ida Mountain). Journal of Scientific Perspectives. 1:1, 1-2.
- Bodade R.G. Borkar P.S. Arfeen S. Khobragade C.N. 2008. In vitro screening of bryophytes for antimicrobial activity. Journal of Medicinal Plants. 7: 23-28.
- Badami S. Moorkoth S. Rai S.R. Kannan E. Bhojraj S. 2003. Antioxidant activity of *Caesalpinia sappan* heartwood. Biol Pharm Bull. 26:11, 1534-1537.
- Cheng X. Xiao Y. Wang X. Wang P. Li H. Yan H. Liu Q. 2012. Anti-tumor and pro-apoptotic activity of ethanolic extract and its various fractions from *Polytrichum commune* L. ex Hedw in L1210 cells. Journal of ethnopharmacology. 143:1, 49-56.
- Chobot V. Kubicová L. Nabbout S. Jahodář L. Hadacek F. 2008. Evaluation of antioxidant activity of some common mosses. Z Naturforsch C J Biosci. 63:7-8, 476-82.
- Chobot V. Kubicová L. Nabbout S. Jahodář L. Vytlačilová J. 2006. Antioxidant and free radical scavenging activities of five moss species. Fitoterapia. 77:7-8, 598-600.
- de Carvalho L.M.J. Gomes P.B. de Oliveira Godoy R.L. Pacheco S. do Monte P.H.F. de Carvalho J.L.V. Nutti M.R. Neves A.C.L. Vieira A.C.R.A. Ramos S.R.R. 2012. Total carotenoid content, α -carotene and β -carotene, of landrace pumpkins (*Cucurbita moschata* Duch): a preliminary study. Food Res Int. 47:2, 337-340.
- de Carvalho R.C. Branquinho C. Da Silva J.M. 2019. Desiccation rate affects chlorophyll and carotenoid content and the recovery of the aquatic moss *Fontinalis antipyretica* (Fontinalaceae). Hattoria. 10, 53-60.
- Edge R. McGarvey D.J. Truscott TG. 1997. The carotenoids as anti-oxidants-a review. J Photochem Photobiol B. 41:3, 189-200.
- Frahm J.P. 2004. Recent Developments of Commercial Products from Bryophytes. The Bryologist, 107:3, 277-283.
- Fudali E. Wolski G.J. 2015. Ecological diversity of bryophytes on tree trunks in protected forests (a case study from Central Poland). Herzogia. 28:1, 87-103.
- Glime J.M. 2007. *Bryophyte Ecology*. Volume 1. Physiological Ecology. Michigan Technological University and the International Association of Bryologists, Houghton.
- Granger M. Eck P. 2018. Dietary vitamin C in human health. Adv Food Nutr Res. 83: 281-310.
- Halliwell B. 1997. Antioxidants and human disease: a general introduction. Nutr Rev. 55: 44-49.
- Halliwell B. Gutteridge J.M.C. Aruoma OI. 1987. Thedeoxyribose methods: a simple "test-tube" assay for determination of rate constants for reactions of hydroxyl radicals. Anal Biochem. 165:1, 215-215.
- Hanif U. Ali H.A. Shahwar D. Farid S. Ishtiaq S. 2014. Evaluation of two bryophytes (*Funaria hygrometrica* and *Polytrichum commune*) as a source of natural antioxidant. Asian J Chem. 26:14, 4339-4343.
- Henderson D.M. 1961. Contribution to the Bryophyte Flora of Turkey: IV. Notes from Royal Botanic Garden Edinburgh. 23: 263-278.
- Ichikawa T. Namikawa M. Yamada K. Sakai K. Kondo K. 1983. Novel cyclopentenonyl fatty acids from mosses, *Dicranum scoparium* and *Dicranum japonicum*. Tetrahedron Letter. 24: 3337-3340.
- Kadam P.S. Akurdi P. 2016. Antimicrobial activity and polyphenol content of some bryophytes from Lonavala. Asian Journal of Multidisciplinary Studies. 4:3, 103-5.
- Kandpal V.I. Chaturvedi P.R. Negi K.A. Gupta S.H. Sharma A.N. 2016. Evaluation of antibiotic and biochemical potential of bryophytes from kumaun hills and tarai belt of himalayas. Int J Pharm Pharm. 8:6, 65-9.
- Karim F.A. Suleiman M. Rahmat A.S. Bakar M.A. 2014. Phytochemicals, antioxidant and antiproliferative properties of five moss species from Sabah, Malaysia. Int J Pharm Pharm Sci. 6:2, 92-297.
- Klama H. Żarnowiec J. Jędrzejko K. 1999. Mszaki naziemne w strukturze zbiorowisk roślinnych rezerwatów przyrody Makroregionu Południowego Polski (Terricolous bryophytes in a structure of vascular plant communities of nature reserves in the Southern Macroregion of Poland). Politechnika Łódzka Filia w Bielsku-Białej, Bielsko-Biała.
- Klama H. 2002. Distribution patterns of liverworts (Marchantiopsida) in natural forest communities (Białowieża primeval forest, NE Poland). University of Bielsko-Biała.
- Klavina L. Springe G. Nikolajeva V. Martsinkevich I. Nakurte I. Dzabijeva D. Steinberga I. 2015. Chemical composition analysis, antimicrobial activity, and cytotoxicity screening of moss extracts

- (moss phytochemistry). *Molecules*. 20: 17221- 17243.
- Krzaczkowski L. Wright M. Rebérioux D. Massiot G. Etiévant C. Gairin J.E. 2009. Pharmacological screening of bryophyte extracts that inhibit growth and induce abnormal phenotypes in human HeLa cancer cells. *Fundamental & clinical pharmacology*. 23:4, 473-482.
- Lipinski B. 2011. Hydroxyl radical and its scavengers in health and disease. *Oxid Med Cell Longev*. 2011, 809696.
- Manoj G.S. Murugan K. 2012. Phenolic profiles, antimicrobial and antioxidant potentiality of methanolic extract of a liverwort, *Plagiochila beddomei* Steph. *Ind J Nat Prod Resour*. 3:2, 173-183.
- Mitra A.K. 2020. Antioxidants: a masterpiece of mother nature to prevent illness. *J Chem Rev*. 2:4, 243-256.
- Noda Y. Anzai K. Mori A. Kohno M. Shinmei M. Packer L. 1997. Hydroxyl and superoxide anion radical scavenging activities of natural source antioxidants using the computerized JES-FR30 ESR spectrometer system. *TBMB*. 42:1, 35-44.
- Onbasli D. Yuvali G. 2021. In vitro medicinal potentials of *Bryum capillare*, a moss sample, from Turkey. *Saudi J Biol Sci*. 28:1, 478-483.
- Pejin B. Bogdanovic-Pristov J. Pejin I. Sabovljevic M. 2013. Potential antioxidant activity of the moss *Bryum moravicum*. *Nat Prod Res*. 27:10, 900-902.
- Percival M. 1998. Antioxidants. *Clin Nutr Insights*. 1098, 54-58.
- Quiles J.L. Rivas-García L. Varela-López A. Llopis J. Battino M. Sánchez-González C. 2020. Do nutrients and other bioactive molecules from foods have anything to say in the treatment against COVID-19? *Environ Res*. 191: 110053.
- Rao A.V. Rao L.G. 2007. Carotenoids and human health. *Pharmacol Res*. 55:3, 207-216.
- Ricciardolo F.L. Sterk P.J. Gaston B. Folkerts G. 2004. Nitric oxide in health and disease of the respiratory system. *Physiol Rev*. 84:3, 731-765.
- Ross J.A. Kasum C.M. 2002. Dietary flavonoids: bioavailability, metabolic effects, and safety. *Annu Rev Nutr*. 22, 19-34.
- Sahilli Y.Ç. Alataş M. 2024. *Mnium hornum* Hedw. ve *Mnium lycopodioides* Schwägr. Türlerinin Biyoaktif Bileşikleri ve Antioksidan Kapasiteleri. *Anatolian Bryology*. 10:2, 152-157.
- Saxena K. Harinder S. 2004. Uses of Bryophytes. *Resonance*. 9:6, 56-65.
- Singh M. Govindarajan R. Nath V. Rawat A.K. Mehrotra S. 2006. Antimicrobial, wound healing and antioxidant activity of *Plagiochasma appendiculatum* Lehm. et Lind. *Journal of Ethnopharmacology*. 107:1, 67-72.
- Shaw A.J. Szövényi P. Shaw B. 2011. Bryophyte diversity and evolution: windows into the early evolution of land plants. *American journal of botany*. 98:3, 352-69.
- Smith A.J.E. 1996. The Liverworts of Britain and Ireland. Cambridge Univ. Press. Cambridge.
- Smith A.J.E. 2004. The Moss Flora of Britain and Ireland. Cambridge Univ. Press. Cambridge.
- Soobrattee M.A. Neergheen V.S. Luximon-Ramma A. Aruoma O.I. Bahorun T. 2005. Phenolics as potential antioxidant therapeutic agents: mechanism and actions. *Mutat Res*. 579:1-2, 200-213.
- Vanderpoorten A. Engels P. Sotiaux A. 2004. Trends in diversity and abundance of obligate epiphytic bryophytes in a highly managed landscape. *Ecography*. 27:5, 567-76.
- Vats S. 2016. Effect of initial temperature treatment on phytochemicals and antioxidant activity of *Azadirachta indica* A. Juss. *Appl Biochem Biotechnol*. 178:3, 504-512.
- Vats S. Gupta T. 2017. Evaluation of bioactive compounds and antioxidant potential of hydroethanolic extract of *Moringa oleifera* Lam. from Rajasthan, India. *Physiol Mol Biol Plants*. 23:1, 239-248.
- Wang X. Cao J. Dai X. Xiao J. Wu Y. Wang Q. 2017. Total flavonoid concentrations of bryophytes from Tianmu Mountain, Zhejiang Province (China): phylogeny and ecological factors. *PloS One*. 12:3, e0173003.
- Wolski G.J. Kruk A. 2020. Determination of plant communities based on bryophytes: The combined use of Kohonen artificial neural network and indicator species analysis. *Ecological Indicators*. 113:106160.
- Yen G.C. Duh P.D. Tsai H.L. 2002. Antioxidant and pro-oxidant properties of ascorbic acid and gallic acid. *Food Chem*. 79:3, 307-313.
- Young A. Lowe G.L. 2018. Carotenoids-antioxidant properties. *Antioxidants (Basel)*. 7:2, 28-31.
- Zinsmeister H.D. Becker H. Eicher T. 1991. Bryophytes, a source of biologically active, naturally occurring material?. *Angewandte Chemie International Edition in English*. 30:2, 130-47.



<http://dergipark.org.tr/tr/pub/anatolianbryology>

DOI: 10.26672/anatolianbryology.1684619

Anatolian Bryology
Anadolu Briyoloji
Dergisi
Research Article
e-ISSN:2458-8474
Online



The moss flora of Koramaz Valley in the Central Anatolia (Kayseri)

Harun ÇULHA¹ , Tülay EZER² *

¹Niğde Ömer Halisdemir University, Faculty of Science, Department of Biology, Niğde, TÜRKİYE
²Niğde Ömer Halisdemir University, Faculty of Architecture, Department of Landscape Architecture, Niğde, TÜRKİYE

Received: 26 April 2025

Revised: 20 May 2025

Accepted: 10 June 2025

Abstract

In this study, the moss flora of Koramaz Valley in Central Anatolia (Kayseri) was investigated. As a result of the identification of 611 moss specimens collected from the valley, a total of 93 taxa belonging to 14 families and 35 genera were determined. Among them, *Tortula lingulata* is recorded the second time in Türkiye, while 6 taxa are new for the B8 grid square. While Pottiaceae was the richest family in the study area with 35 taxa, Grimmiaceae ranked second with 12 taxa, and Brachytheciaceae ranked third with 11 taxa. The largest genera in the Koramaz Valley were *Syntrichia* (11 taxa) and *Didymodon* (10 taxa). *Amblystegium serpens*, *Syntrichia virescens*, and *Tortula brevissima* are the most common species in the valley.

Keywords: Central Anatolia, Mosses, Valley, Türkiye.

Orta Anadolu'daki Koramaz Vadisi'nin (Kayseri) karayosunu florası

Öz

Bu çalışmada, Orta Anadolu'daki (Kayseri) Koramaz Vadisi'nin karayosunu florası araştırılmıştır. Vadiden toplanan 611 karayosunu örneğinin teşhis çalışmaları sonucunda 14 familya ve 35 cinse ait toplam 93 takson tespit edilmiştir. Bunlar arasında *Tortula lingulata* Türkiye'de ikinci kez kaydedilirken, 6 takson B8 grid karesi için yenidir. Pottiaceae 35 takson ile çalışma alanındaki en zengin familya olurken, Grimmiaceae 12 takson ile ikinci ve Brachytheciaceae 11 takson ile üçüncü sırada yer almıştır. Koramaz Vadisi'ndeki en büyük cinsler *Syntrichia* (11 takson) ve *Didymodon* (10 takson) olmuştur. *Amblystegium serpens*, *Syntrichia virescens* ve *Tortula brevissima* vadideki en yaygın türlerdir.

Anahtar kelimeler: Orta Anadolu, Karayosunları, Vadi, Türkiye.

* Corresponding author: tuezer@gmail.com; tezer@ohu.edu.tr

To cite this article: Çulha H. Ezer T. 2025. The moss flora of Koramaz Valley in the Central Anatolia (Kayseri). *Anatolian Bryology*. 11:1, 13-20.



This work is licensed under a Creative Commons Attribution Non-Commercial 4.0 International License

1. Introduction

The bryophytes are land plants forming the second group of the plant kingdom with about 15.000-25.000 species. Within the sub-kingdom Bryobiotina, it is divided into three division as Anthocerotophyta (hornworts), Marchantiophyta (liverworts) and Bryophyta (mosses). These plants, which are an integral part of ecosystems on earth, can grow on many substrates such as soil, rock surfaces, living or dead logs and tree trunks (Goffinet and Shaw, 2009; Glime, 2017). Due to their primitive structures, ecological factors such as shade, moisture and temperature directly affect the survival of these plants (Bahuguna et al., 2013).

Türkiye is located at the intersection of three different phytogeographic regions (Mediterranean, Euro-Siberian and Irano-Turanian) and harbours elements of all three phytogeographic regions. This situation has brought phytodiversity. Due to its geographical location, Türkiye has also served as a natural bridge between Asia and Europe for many species (Aktürk and Güney, 2021).

The bryo-floristic studies carried out so far have shown that Türkiye is very rich in terms of bryo-diversity, although there are many areas that have not yet been studied. With the floristic studies carried out in recent years, the total number of taxa of bryophytes in Türkiye has increased to ± 1289 (± 1056 mosses, ± 229 liverworts and ± 4 hornworts) (Özenoğlu and Kırmacı, 2022; Erata et al., 2023; Ezer et al., 2024; Batan et al., 2024; Ezer et al., 2025).

Further floristic studies are expected to reveal even greater bryological diversity in Türkiye. To date, only the macrofungi of Koramaz Valley, which was added to UNESCO's Tentative List of Cultural Heritage Sites on 14 April 2020, have been studied (Allı, 2021; URL1) No bryo-floristic study has been carried out on the mosses in the valley. Therefore, the present study aims to reveal the moss flora of Koramaz Valley in the Central Anatolia and to contribute to the Turkish bryoflora.

2. Material and Methods

2.1. Study area

The Koramaz Valley is located within the borders of Melikgazi district of Kayseri in Central Anatolia and the longest valley after Ihlara Valley in the Central Anatolia Region, was formed as a result of a 12 km long earthquake fracture curving from east to west (Yazlık, 2019). The altitude at the westernmost part of the valley is 1165 meters, and at the easternmost end it is 1500 meters. The Koramaz Valley is located within the Irano-

Turanian Phytogeographic Region and is within the B8 grid-square in the grid system adopted by Henderson (1961) for Turkish bryophytes (Fig. 1).

Large areas of Kayseri are covered by volcanic units of the Neogene and in the east of the area the Neogene Pliocene units consist of limestone, clay and marl. The most common soil type in Koramaz Valley is brown soil. Colivial soils are found around Subaşı and Küçük Bürüngüz villages, while red brown soils are observed in the northeast of the area (Uzunhisarcıklı and Vural, 2004).

According to the results of 37 years of observations of Kayseri meteorological station, the average annual precipitation is 390.5 mm and the annual average temperature is 10.7°C. The study area has a cold semi-arid Mediterranean climate (Akman, 1999).

Koramaz Valley has a milder climate than its surroundings thanks to the Koramaz Stream that flows through it. For this reason, tree species such as *Salix alba* L., *Platanus orientalis* L., *Elaeagnus angustifolia* L., *Crataegus monogyna* Jacq., *Juglans regia* L. and *Populus thevestina* Dode as well as shrub forms such as *Rosa canina* L., *Rubus sanctus* Schreb. and especially *Viburnum opulus* L. are dominant on the valley floor and slopes. Herbaceous species include *Ranunculus repens* L., *Mentha longifolia* (L.) L. *Trifolium repens* L. In the areas outside the valley, steppe vegetation is dominant and *Adonis aestivalis* L., *Astragalus lycius* Boiss., *Astragalus densifolius* Lam., *Onobrychis armena* Boiss., *Carduus nutans* L. and *Verbascum cheiranthifolium* var. *asperulum* (Boiss.) Murb. are the main species.

2.2. Data source

The bryophyte specimens were collected from various substrates during the land studies between October 2022-September 2023 (Table 1). The collected specimens from the Koramaz Valley were identified using various flora, revision and monograph studies (Zander, 1993; Greven, 2003; Munoz, 1999; Cortini Pedrotti, 2001, 2006; Smith, 2004; Guerra et al., 2006; Guerra and Cros, 2007; Kürschner and Frey, 2020).

The voucher specimens are stored in the Herbarium of Niğde Ömer Halisdemir University and the nomenclatural arrangement in the floristic list follows Hodgetts et al. (2020). New records for B8 are indicated with an asterisk (*) and second record for Türkiye is two asterisks (**) in the floristic list (Table 2).

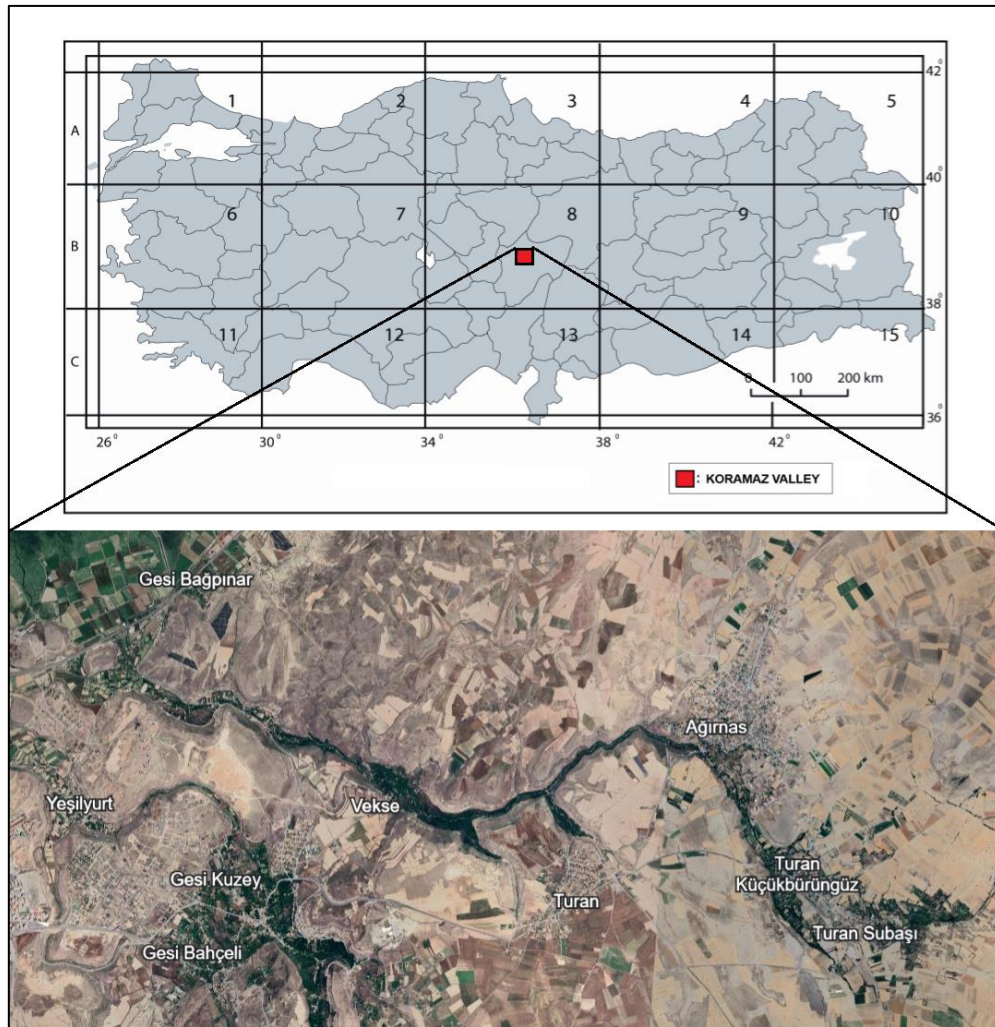


Figure 1. Henderson's (1961) grid-system and location of the Koramaz Valley (Changed from Google Earth).



Figure 2. Vegetation types in the Koramaz Valley (Photos: T. Ezer).

Table 1. Locality details (L.N.: locality numbers)

L.N.	Locality-GPS coordinate-Date	Altitude (m)
1	Ağırnas Village, Mosque garden, 38°48'54"N / 35°43'8"E, 14-15.10.2022	1318
2	Hacetpınarı place, 38°48'23"N / 35°43'22"E, 14.10.2022, 19.11.2022, 12.05.2023, 20-22.07.2023, 14-16.09.2023	1323
3	Ağırnas Wedge Gardens, 38°48'44"N / 35°43'5"E, 14-15.10.2022, 19.11.2022	1289
4	Ağırnas Village, 38°48'47"N / 35°43'00"E, 14.10.2022, 15.12.2022, 02.02.2023	1309
5	Ağırnas Underground City, 38°48'49"N / 35°42'57"E, 14-16.10.2022, 19.11.2022	1304
6	Ağırnas Village, Bezirhane, 38°48'58"N / 35°43'11"E, 14.10.2022	1324
7	Ağırnas Village, Agios Prokopios Church, 38°49'2"N / 35°43'12"E, 14-15.10.2022	1343
8	Ağırnas Village, 38°48'41"N / 35°43'6"E, 14-15.10.2022, 19.11.2022	1311
9	Ağırnas Village, side of Koramaz Stream, 38°48'48"N / 35°42'57"E, 15-16.10.2022	1334
10	Ağırnas Village, Cumhuriyet Square, 38°49'2"N / 35°43'7"E, 16.10.2022, 19.11.2022	1322
11	Küçük Brüngüz Village, side of Koramaz Stream, 38°48'8"N / 35°43'46"E, 15.10.2022, 19.11.2022	1327
12	Küçük Brüngüz Village, Wedge Gardens, 38°48'8"N / 35°43'46"E, 19.11.2022	1317
13	Küçük Brüngüz Village, within the underground city, 38°48'46"N / 35°42'58"E, 20.11.2022	1310
14	Vekse Village road, 38°48'12"N / 35°40'24"E, 20.11.2022, 15.12.2022	1224
15	Vekse Village, 38°48'17"N / 35°40'23"E, 20.11.2022, 12.12.2022, 02.02.2022, 10.05.2023	1191
16	Turan Village, 38°48'11"N / 35°42'3"E, 20.11.2022, 12.12.2022, 10.05.2023	1278
17	Mançur place, Wedge Gardens, 38°48'12"N / 35°41'4"E, 20.11.2022	1220
18	Mançur place, side of Koramaz Stream, 38°48'28"N / 35°40'47"E, 12-13.12.2022	1212
19	Mançur place, 38°48'16"N / 35°40'37"E, 12-15.12.2022, 11.05.2022, 16.09.2023	1254
20	Bağpınar Village, 38°48'39"N / 35°39'18"E, 14-15.12.2022	1150
21	Between the Vekse and Bağpınar Village, 38°48'35"N / 35°39'51"E, 15.12.2022	1161
22	Side of Koramaz Stream, between the Vekse and Bağpınar Village, 38°48'34"N / 35°39'55"E, 15.12.2022	1141
23	Küçük Brüngüz Village, 38°47'38"N / 35°43'59"E, 15.12.2022, 10.05.2023, 21-22.07.2023, 15.09.2023	1359
24	Between the Ağırnas and Turan Village, 38°48'53"N / 35°42'18"E, 03-04.02.2023, 14-15.09.2023	1284
25	Between the Ağırnas and Turan Village, Wedge Gardens, 38°48'50"N / 35°42'42"E, 04-05.02.2023	1280
26	Between the Ağırnas and Turan Village, side of Koramaz Stream, 38°48'49"N / 35°42'48"E, 05.02.2023	1308
27	Ağırnas entrance gate, 38°48'50"N / 35°42'55"E, 05.02.2023, 20-22.07.2023, 16.09.2023	1308
28	Slopes of Koramaz Vallacy, 38°48'2"N / 35°45'3"E, 05.02.2023	1404

3. Results and Discussions

As a result of the identification of 611 moss specimens collected from the Koramaz Valley, 35 genera belonging to 14 families and a total of 93 taxa were determined.

Among them, six species are new records for the B8 grid-square, and one species is second record for Türkiye (Table 2).

Table 2. Bryofloristic list. L.N.: locality number, t: tree, s: soil, r: rock, rs: thin layer of soil covering rocks.

Families	L.N.	Taxa	Substrates			
			t	s	r	rs
BRYOPHYTA (MOSES)						
Encalyptaceae	19,23	<i>*Encalypta streptocarpa</i> Hedw.		+	+	+
	16,23	<i>E. vulgaris</i> Hedw.		+	+	+
Funariaceae	1,2,4,5,10	<i>Funaria hygrometrica</i> Hedw.		+	+	+
Fissidentaceae	15	<i>Fissidens exilis</i> Hedw.			+	
Pottiaceae	2,23,27	<i>Crossidium squamiferum</i> (Viv.) Jur.		+	+	+
	3,5,8,15,16,24,27	<i>Didymodon acutus</i> (Brid.) K.Saito		+	+	+
	5	<i>*D. bistratosus</i> Hébr. & R.B.Pierrot				+
	4,5,8,14,15,16	<i>D. cordatus</i> Jur.		+	+	+
	15,24,27	<i>D. fallax</i> (Hedw.) R.H.Zander		+	+	
	16,23	<i>D. insulanus</i> (De Not.) M.O.Hill			+	
	18,19	<i>D. luridus</i> Hornsch.			+	
	2,3,5,15,16,19,25	<i>D. nicholsonii</i> Culm.		+	+	+
	3,9,16	<i>D. rigidulus</i> Hedw.		+	+	
	2,5,11,20,24,25	<i>D. tophaceus</i> (Brid.) Lisa			+	+

	2,3,4,5,10,11,15,21,24,25,27	<i>D. vinealis</i> (Brid.) R.H.Zander	+	+	+	+
	17	<i>Microbryum davallianum</i> (Sm.) R.H.Zander.			+	
	19,24,28	<i>Pseudocrossidium revolutum</i> (Brid.) R.H. Zander		+		+
	2,23,27,28	<i>Pterygoneurum ovatum</i> (Hedw.) Dixon		+		+
	15	<i>Syntrichia caninervis</i> Mitt. var. <i>caninervis</i>			+	
	23	<i>S. caninervis</i> var. <i>gypsophila</i> (J.J.Arnran ex G.Roth) Ochyra			+	
	23	<i>S. caninervis</i> var. <i>pseudodesertorum</i> (Vondracek) M.T.Gallego			+	
	23,24	<i>S. handelii</i> (Schiffn.) S.Agnew & Vondr.		+	+	
	3,26	* <i>S. laevipila</i> Brid.	+			
	20,23	<i>S. latifolia</i> (Bruch ex Hartm.) Huebener	+		+	
	23	<i>S. montana</i> Nees			+	+
	15,17,20	<i>S. norvegica</i> F.Weber		+	+	
	2,15,24	<i>S. princeps</i> (De Not.) Mitt.		+	+	
	2,15,19,23,24,27	<i>S. ruralis</i> (Hedw.) F.Weber & D.Mohr		+	+	+
	4,5,7,8,10,15,16,18,19,21,22,23,24	<i>S. virescens</i> (De Not.) Ochyra	+	+	+	+
	4,16,19,20	<i>Tortula atrovirens</i> (Sm.) Lindb.		+	+	+
	1,2,3,4,5,15,16,17,18,19,20,21,22,23,24,25,27,28	<i>T. brevissima</i> Schiffn.		+	+	+
	2,5,16,19,23,24,27	<i>T. inermis</i> (Brid.) Mont.		+	+	+
	20	** <i>T. lingulata</i> Lindb.			+	
	1,4,14,19	<i>T. muralis</i> Hedw.			+	+
	2,4,16,18,24,26,27,28	<i>T. subulata</i> Hedw.	+	+	+	+
	20	* <i>Eucladium verticillatum</i> (With.) Bruch & Schimp.			+	
	24	<i>Gymnostomum aeruginosum</i> Sm.			+	
	15,19,20	<i>G. calcareum</i> Nees & Hornsch.			+	
	28	<i>G. viridulum</i> Brid.				+
Grimmiaceae	8,19,23	<i>Grimmia anodon</i> Bruch & Schimp.			+	
	24	<i>G. capillata</i> De Not.			+	
	15	<i>G. funalis</i> (Schwägr.) Bruch & Schimp.			+	
	2,3,16,19,24	<i>G. laevigata</i> (Brid.) Brid.			+	
	2,5,15	<i>G. orbicularis</i> Bruch ex Wilson			+	
	2,15,19,24	<i>G. ovalis</i> (Hedw.) Lindb.			+	
	4,15,23	<i>G. plagiopoda</i> Hedw.			+	
	2,4,5,15,18,24,25	<i>G. pulvinata</i> (Hedw.) Sm.			+	+
	2,8	<i>G. reflexidens</i> Müll.Hal.			+	
	23	<i>Schistidium atrofusum</i> (Schimp.) Limpr.			+	
Bryaceae	23	<i>S. flaccidum</i> (De Not.) Ochyra			+	
	2,28	<i>S. platyphyllum</i> (Mitt.) H.Perss.			+	
	1,2,4,7,15,18,19,20,23,24	<i>Bryum argenteum</i> Hedw.		+	+	+
	2,16,19,23,24,25	<i>B. dichotomum</i> Hedw.			+	+
	18	<i>Imbriobryum mildeanum</i> (Jur.) J.R.Spence		+		
	2,24	<i>Ptychostomum compactum</i> Hornsch.		+	+	
	1,2,7,15,16,19,23	<i>P. imbricatum</i> (Müll.Hal.) Holyoak & N.Pedersen		+	+	+
Mniaceae	1,2,5,6,7,15,16,18,19,23,24,27,28	<i>P. inclinatum</i> (Sw. ex Brid.) J.R.Spence		+	+	+
	16	<i>P. moravicum</i> (Podp.) Ros & Mazimpaka	+			
	15	<i>P. pallens</i> (Sw. ex anon.) J.R.Spence			+	
Orthotrichaceae	14,15	* <i>Pohlia melanodon</i> (Brid.) A.J.Shaw				+
	19	<i>Lewinskya rupestris</i> (Schleich. ex Schwägr.) F.Lara, Garilleti & Goffinet	+		+	
	14,24,27	<i>Orthotrichum anomalum</i> Hedw.			+	+
	2,19,27	<i>O. cupulatum</i> Brid.	+		+	
	24	<i>O. bistratosum</i> (Schiffn.) Guerra			+	
	18,19,24	<i>O. diaphanum</i> Brid.	+			
	4,17,19,27	<i>O. pallens</i> Bruch ex Brid.	+			
	19	<i>O. pumilum</i> Sw. ex anon.	+			
	19,24,27	<i>O. tenellum</i> Bruch ex Brid.	+			
	23	<i>O. urnigerum</i> Myrin	+			

	27	<i>Pulviger a lyellii</i> (Hook. & Taylor) Plášek, Sawicki & Ochyra	+			
Amblystegiaceae	19	<i>Cratoneuron filicinum</i> (Hedw.) Spruce			+	
	4,5,9,15,16,18,19,20,21,23,24,27,28,	<i>Amblystegium serpens</i> (Hedw.) Schimp.	+	+	+	+
	24	<i>Campyliadelphus chrysophyllus</i> (Brid.) R.S.Chopra			+	+
	24	* <i>Campylophyllopsis calcarea</i> (Crundw. & Nyholm) Ochyra			+	
	19,24	<i>Hygroamblystegium fluviatile</i> (Hedw.) Loeske		+	+	
	24,27	<i>H. tenax</i> (Hedw.) Jenn.			+	
	4,24	<i>H. varium</i> (Hedw.) Monk.			+	+
Pseudoleskeaceae	2,24,27	<i>Pseudoleskeella catenulata</i> (Brid. ex Schrad.) Kindb.	+	+	+	
	1,2,27	<i>P. tectorum</i> (Funck ex Brid.) Kindb. ex Broth.			+	+
Brachytheciaceae	15	<i>Rhynchostegiella curviseta</i> (Brid.) Limpr.			+	+
	15	<i>R. litorea</i> (De Not.) Limpr.			+	
	20	<i>Scleropodium cespitans</i> (Wilson ex Mull.Hal.) L.F.Koch			+	
	24	<i>Brachythecium capillaceum</i> (F.Weber & D.Mohr) Giacom.			+	
	24	<i>B. mildeanum</i> (Schimp.) Schimp.			+	+
	24,27	<i>B. rutabulum</i> (Hedw.) Schimp.		+		
	3	<i>B. salebrosum</i> (Hoffm. ex F.Weber & D.Mohr) Schimp	+			
	2,3,15,25,27	<i>Homalothecium lutescens</i> (Hedw.) H. Rob.	+		+	+
	2,4,5,15,16,19,23,24,25,27,28,	<i>H. philippeanum</i> (Spruce) Schimp.	+		+	+
	4,15,19,23,24,27	<i>H. sericeum</i> (Hedw.) Schimp.	+		+	+
	23,24	<i>Oxyrrhynchium hians</i> (Hedw.) Loeske			+	+
Hypnaceae	16	<i>Hypnum cupressiforme</i> Hedw.			+	
Leucodontaceae	24,27	<i>Leucodon sciuroides</i> (Hedw.) Schwägr.	+		+	
Lembophyllaceae	27	<i>Isothecium alopecuroides</i> (Lam. ex Dubois) Isov.			+	

The most species-rich families of bryoflora in the Koramaz Valley were Pottiaceae with 35 taxa, Grimmiaceae with 12 taxa and Bryaceae with 11 taxa. These three families constitute 62.3% of all families (Fig. 3). The Pottiaceae, the dominant family of areas under the influence of the Mediterranean climate, is a large group consist of mostly drought-resistant species. Members of the Pottiaceae are particularly strongly adapted to the harsh conditions of the characteristic Mediterranean climate with a long dry period (Ros et al., 2013; Keskin and Ezer, 2024). Considering that the Koramaz Valley has a cold semi-arid Mediterranean climate, the dominance of Pottiaceae is an expected result. Another xerophytic family, the Grimmiaceae, is co-dominant in the valley with twelve species. The acrocarpous members of the family were widespread especially on the rocky slopes in the south of the valley. The pleurocarpous moss family Brachytheciaceae is relatively common in the Koramaz Valley with the eleven species. This is due to the presence of mesic habitats

on the valley floor, which have more humid microclimatic conditions than the slopes.

The most commonly encountered genera in the study area were *Syntrichia* Brid. and *Didymodon* Hedw. (Table 2). The *Syntrichia* is one of the most numerous and complex genera of Pottiaceae, a family of mosses characterised by harsh environmental conditions and has a worldwide distribution in almost all terrestrial ecosystems (Jauregui-Lazo et al. 2023). Considering the harsh living conditions of the Central Anatolian steppes where the Koramaz Valley is located, it is usual for this xerophytic acrocarpous genus to be dominant. Another member of the family, the cosmopolitan *Didymodon*, occurs in temperate, mountainous and drought regions on the earth (Kou et al., 2020). The species diversity of the members of these two genera in the study area has led to the dominance of Pottiaceae.

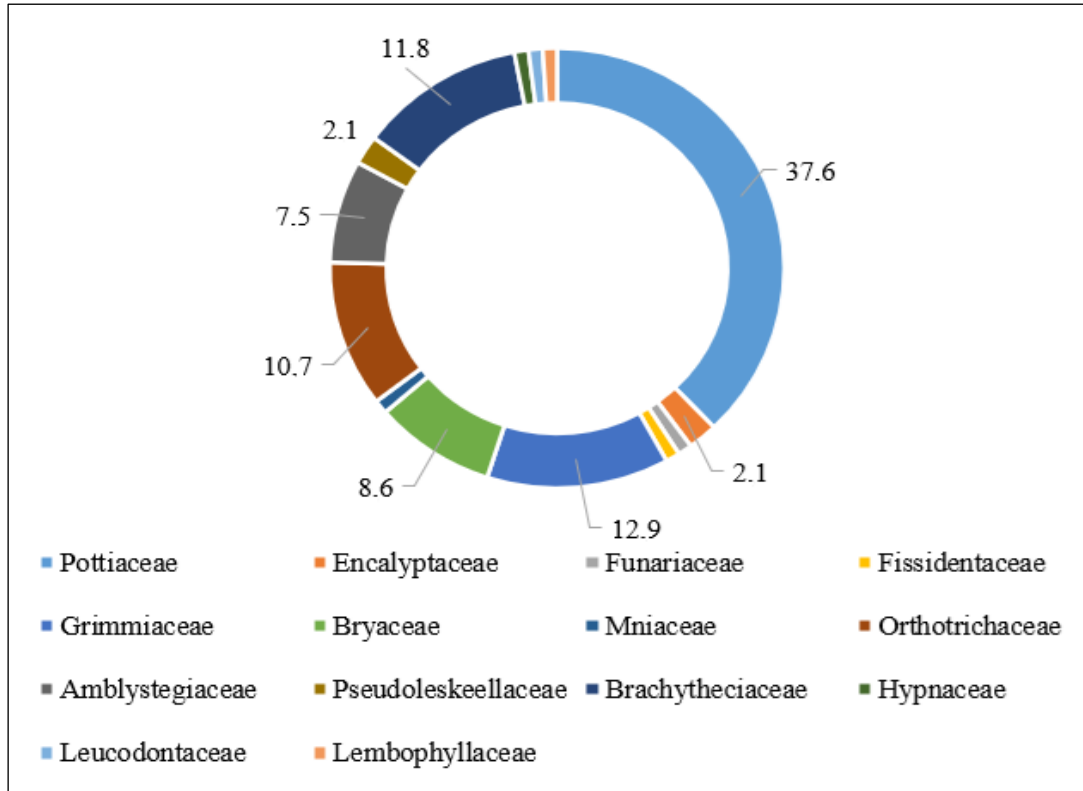


Figure 3. Percentage distribution of families.

In Koramaz Valley, 75.3% of the taxa identified are acrocarpous mosses. The predominance of acrocarpous mosses is not surprising considering the general vegetation of the region, which is steppe. Pleurocarpous mosses, which are more sensitive to drought, were represented with 24.7%. Pleurocarpous mosses were distributed on relatively moist rocks and moist soils at the floors of the Koramaz Valley.

As a result of this study, *Tortula lingulata* was recorded from Türkiye for the second time and presented as a full text paper at the EurosianBiochem 2023 conference (Çulha and Ezer, 2023). *Encalypta streptocarpa*, *Didymodon bistratosus*, *Syntrichia laevipila*, *Eucladium verticillatum*, *Pohlia melanodon* and *Campylophyllopsis calcarea* were determined as new records for B8 grid-square. These findings underline the floristic significance of the Koramaz Valley and highlight the need for continued exploration in other understudied regions of Central Anatolia. The present paper has revealed the moss flora of Koramaz Valley and will contribute to the bryophyte flora of Türkiye.

Declaration

Author contributions: Idea/Concept: TE; Conceptualization and design: TE; Auditing consulting: TE; References: TE, HÇ; Materials: TE,

HÇ; Data collection and/or processing: TE, HÇ; Analysis and/or interpretation: TE, HÇ; Literature search: HÇ, TE; Writing phase: TE, HÇ; Critical review: TE.

Conflict of interest: The authors have no competing interests to declare in relation to the content of this article.

Funding: This study was supported by Niğde Ömer Halisdemir University, Scientific Research Projects Coordination Office and we would like to thank for their support (Project No: FMT 2022/12-LÜTEP).

Ethical approval: This research does not involve human or animal subjects and therefore does not require ethical approval.

References

- Akman Y. 1999. İklim ve Biyoiklim (Biyoiklim Metodları ve Türkiye İklimleri). Kariyer Matbaacılık. Ankara.
- Aktürk E. Güney K. 2021. Vegetation Cover Change Analysis of Phytogeographic Regions of Turkey Based on CORINE Land Cover Datasets from 1990 to 2018. Kastamonu University Journal of Forestry Faculty. 21:2, 150-164.

- Allı H. 2021. The Macrofungi at Koramaz Valley (Kayseri) and its Surroundings. *Türler ve Habitatlar*. 2:2, 77-85.
- Bahuguna Y.M. Gairola S. Semwal D.P. Uniyal P.L. Bhatt A.B. 2013. Bryophytes and ecosystem. *Biodiversity of Lower Plants*. 279-296.
- Batan N. Taşçı N. Mamontov Y.S. Erata H. Alataş M. Ezer T. 2024. Four bryophyte species new to Türkiye and South-West Asia. *Nova Hedwigia*. 119:1-2, 39-50.
- Cortini-Pedrotti C. 2001. *Flora dei muschi d'Italia*. Sphagnosida, Andreaeopsida, Bryopsida (I parte). – Roma, Antonio Delfino Editore. 1-817 p.
- Cortini-Pedrotti C. 2006. *Flora dei muschi d'Italia*, Bryopsida (II parte). – Roma: Antonia Delfino Editore. 827-1235 p.
- Çulha H. Ezer T. 2023. The second record of *Tortula lingulata* Lindb. (Bryophyta) from Türkiye. 6th International Eurasian Conference on Biological and Chemical Sciences (EurasianBioChem 2023) October 11-13, 2023. 1148-1452.
- Erata H. Batan N. Alataş M. Ezer T. 2023. *Trematodon* and *Ptychostomum* Species New to Turkey and South-West Asia. *Biology Bulletin*. 50: 890-894.
- Ezer T. Uygur A. Keskin A. Çulha H. Batan N. Alataş M. 2024. European endemic *Ptychostomum minii* (Bryaceae, Bryophyta)-new to Turkey and its significant range extension to SW Asia. *Botanica Serbica*. 48:1, 79-84.
- Ezer T. Aslan Ergenekon Z. Uygur A. Keskin A. Alataş M. Batan N. 2025. Two new moss records for Turkey and Southwest Asia. *Plant Biosystems- An International Journal Dealing with All Aspects of Plant Biology*, 159:2, 341-346.
- Glime J.M. 2017. Chapter 2. Life cycles and morphology, Bryophyte Ecology. Vol.-1. *Physiological Ecology*.
- Goffinet B. Shaw A.J. 2009. *Bryophyte Biology*. Second Edition. Cambridge, New York, Melbourne, Madrid, Cape Town, Singapore, São Paulo: Cambridge University Press.
- Greven, H.C. 2003. *Grimmias of the World*. pp 247, Backhuys Publishers, Leiden.
- Guerra J. Cano M.J. Cros R.M. 2006. *Flora Briofítica Ibérica*, Vol. 3, Murcia: Universidad de Murcia Sociedad Española de Briología.
- Guerra J. Cros M. 2007. *Flora Briofítica Ibérica*, Vol. 1, Murcia: Universidad de Murcia Sociedad Española de Briología.
- Henderson D.M. 1961. Contribution to the Bryophyte Flora of Turkey: IV. Notes from Royal Botanic Garden Edinburgh. 23:3, 263-278.
- Hodgetts N.G. Söderström L. Blockeel T.L. Caspari S. Ignatov M.S. Konstantinova N. A. Lockhart N. Papp B. Schröck C. Sim-Sim M. et al. 2020. An annotated checklist of bryophytes of Europe, Macaronesia and Cyprus. *Journal of Bryology*. 42:1, 1-116.
- Jauregui-Lazo J.J. Brinda C. Consortium G. Mishler B.D. 2023. The phylogeny of *Syntrichia*: an ecologically diverse clade of mosses with an origin in South America. *American Journal of Botany* 110:1, e16103.
- Keskin A. Ezer T. 2024. The Bryophyte Flora of a Collapse Doline in Niğde (Türkiye). *Anatolian Bryology*. 10:1, 42-48.
- Kou J. Wang T. Yu F. Sun Y. Feng C. Shao X. 2020. The moss genus *Didymodon* as an indicator of climate change on the Tibetan Plateau. *Ecological Indicators*. 113, 106204.
- Kürschner H. Frey W. 2020. *Liverworts, Mosses and Hornworts of Southwest Asia* (Marchantiophyta, Bryophyta, Anthocerotophyta), second enlarged and revised edition. J. Cramer in Borntraeger Science Publishers. Stutgard, Germany.
- Munoz J. 1999. A Revision of *Grimmia* (Musci, Grimmiaceae) in The Americas, 1: Latin America. – *Ann. Missouri Bot. Gard.*, 86: 118-191.
- Özenoğlu H. Kırmacı M. 2022. *Riccia anatolica* sp. nov. a new liverwort (Ricciaceae) species from Turkey, *Phytotaxa*. 532:1, 78-84.
- Ros R.M. Mazimpaka V. Abou-Salama U. Aleffi M. Blockeel T.L. Brugués M. Cros R.M. Dia M.G. Dirkse G.M. Draper I. 2013. Mosses of the Mediterranean, an annotated checklist. *Cryptogamie Bryologie*. 34: 99-283.
- Smith A.J.E. 2004. *The Moss Flora of Britain and Ireland*. (Second Edition) Cambridge Univ. Press.
- URL1. UNESCO National Commission of Turkey. 2025. Website: <https://www.unesco.org.tr/Pages/125/122/UNESCO-D%C3%BCnya-Miras%C4%B1-Listesi> [Accessed: 24 April 2025].
- Uzunhisarcıklı M.E. Vural M. 2004. Koramaz Dağı'nın (Bünyan-Kayseri) Florası", *OT Sistemik Botanik Dergisi*, 11:1, 63-94, Ankara.
- Yazlık, B. (2019). Koramaz Vadisi Columbarium Mezarları. *Turkish Studies-Historical Analysis*, 14:3, 669-733.
- Zander R.H. 1993. *Genera of The Pottiaceae: mosses of harsh environments* (Vol. 32). Buffalo, Bulletin of the Buffalo Society. New York, USA.



<http://dergipark.org.tr/tr/pub/anatolianbryology>

DOI: 10.26672/anatolianbryology.1697377

Anatolian Bryology
Anadolu Briyoloji
Dergisi
Research Article
e-ISSN:2458-8474
Online



The Liverwort Flora of the Boraboy Lake (Amasya)

Kamil Mert YÜCEL¹ , Hanife TARIM² , İsa GÖKLER² , Neslihan KARAVİN³

¹Ege University, Institute of Science, Department of Biology, TURKEY

²Dokuz Eylül University, Faculty of Science, Department of Biology, Izmir, TURKEY

³Amasya University, Faculty of Art and Science, Department of Biology, Amasya, TURKEY

Received: 12 May 2025

Revised: 26 June 2025

Accepted: 27 June 2025

Abstract

Boraboy Lake, located in Amasya province, lies within square A3, according to the Henderson grid system. As a result of studies done around the lake in 2024, researchers found 17 liverwort species from 11 different families in the division Marchantiophyta among the 237 samples they collected. Fourteen species represent new records for the Amasya province, and *Plagiochasma rupestre* (J.R.Forst. & G.Forst.) Steph. is a new record for square A3. Additionally, *Jungermannia atrovirens* Dumort., *Mesoptychia turbinata* (Raddi) L. Söderstr. & Váňa, *Bazzania trilobata* (L.) Gray, and *Chiloscyphus polyanthos* (L.) Corda were recorded from square A3 for the second time. Of the specimens, three are thalloid and fourteen are leafy in form.

Keywords: Marchantiophyta, Liverwort, Amasya, Boraboy Lake, Flora

Boraboy Gölü (Amasya) Ciğerotu Florası

Öz

Amasya ilinde yer alan Boraboy Gölü, Henderson kareleme sistemine göre A3 karesi içerisinde bulunmaktadır. 2024 yılında göl çevresinde yürütülen arazi çalışmaları sonucunda, Marchantiophyta şubesine ait 11 farklı familyadan toplam 17 ciğerotu (liverwort) türü, toplanan 237 örnek arasında teşhis edilmiştir. Bu türlerden 14'ü Amasya ili için yeni kayıttır. Ayrıca *Plagiochasma rupestre* (J.R.Forst. & G.Forst.) Steph. türü A3 karesi için yeni bir kayıttır. *Jungermannia atrovirens* Dumort., *Mesoptychia turbinata* (Raddi) L.Söderstr. & Váňa, *Bazzania trilobata* (L.) Gray ve *Chiloscyphus polyanthos* (L.) Corda türleri ise A3 karesinden ikinci kez kaydedilmiştir. Örneklerin üçü tallus (yassı gövdeli), on dördü ise yapraklı formdadır.

Anahtar kelimeler: Marchantiophyta, Ciğerotları, Amasya, Boraboy Gölü, Flora

* Corresponding author: kmlmrtycel@gmail.com

To cite this article: Yücel K.M. Tarım H. Gökler İ. Karavin N. 2025. The Liverwort Flora of the Boraboy Lake (Amasya). *Anatolian Bryology*. 11:1, 21-25.



This work is licensed under a Creative Commons Attribution Non-Commercial 4.0 International License

1. Introduction

The study area, Boraboy Lake, is located in the Amasya province within the Central Black Sea Region of Turkey. The lake is situated at an elevation of 800 meters, approximately 15 km from the Taşova district. Formed as a landslide-dammed lake—a common type in the Black Sea Region—it has a maximum depth of about 20 meters. Due to its clear waters, it is also locally known as “Aynalı Göl” (Mirror Lake) (Doğu et al., 1994). Due to its geographical features, the area has a harsher climate compared to other provinces in the Black Sea Region. Its proximity to the Anatolian Diagonal and its location at the intersection of the Irano-Turanian and Euro-Siberian phytogeographical regions classify it within the so-called Xeric-Euxinic belt. As a result, the region is remarkably rich in terms of floristic diversity. It is referred to in this way because it harbors both elements of the Central Anatolian steppe and Euxinic forest/shrub vegetation (Cansaran et al., 2010). The forest vegetation consists of mixed forests dominated by species such as *Pinus brutia* L. (Turkish Pine), *Pinus sylvestris* L. (Scots Pine), *Fagus orientalis* Lipsky (Oriental Beech), *Acer platanoides* L. (Norway Maple), *Carpinus betulus* L. (European Hornbeam), *Pyrus communis* L. (Wild Pear), *Quercus pubescens* (Downy Oak), and *Quercus cerris* (Turkey Oak) (Alataş et al., 2017).

The study area is located within the square A3 according to Henderson's (1961) grid system (Figure 2). Photographs of the area are also provided at Figure 1. Liverworts, which are classified among non-vascular land plants, are represented by approximately 5.000 taxa worldwide. The species *Marchantia polymorpha* L. and, mentioned in Wettstein (1889) “Beiträge zur Flora des Orients” (“Contributions to the Flora of the East”), is the first recorded liverwort species for Turkey. Following this initial record, foreign researchers conducted botanical expeditions in various regions of Turkey and documented 132 species. Since the 1980s, field studies carried out by Turkish researchers have led to numerous investigations focusing on the division Hepaticae. The first liverwort species recorded by a Turkish researcher was *Pellia neesiana* (Gottsche) Limpr., reported by Gökler et al. (1984). To date, the number of liverwort species recorded in Turkey has reached 210 (Erdağ & Kürschner, 2024). The only previous liverwort study conducted at Boraboy Lake focused on epiphytic species around the lake (Alataş et al., 2017). The aim of our study is to conduct a detailed investigation and documentation of the liverwort flora in and around Boraboy Lake, located within square A3, which is part of Amasya province and known for its rich bryophyte diversity.



Figure-1 Boraboy Lake landscape photos

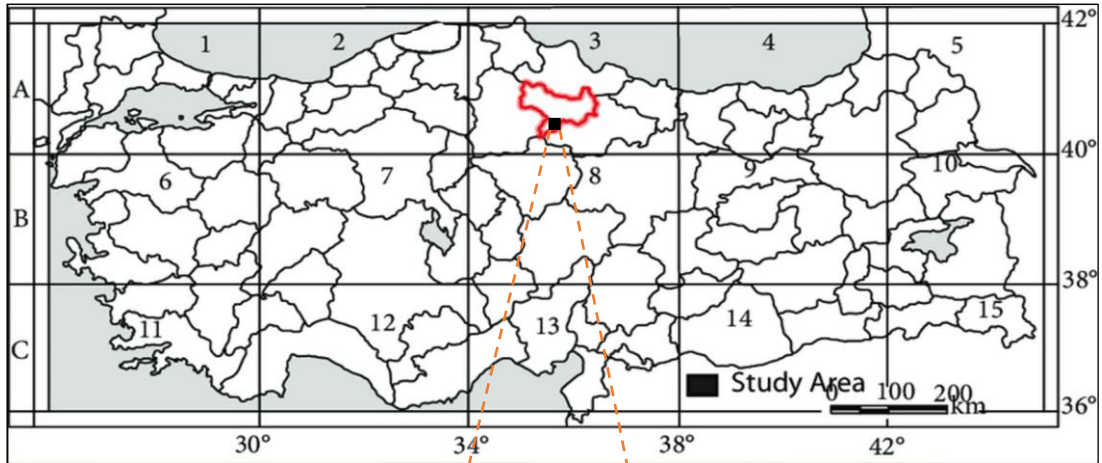


Figure-2 Location of Amasya province according to Henderson (1961) quadrature system



Figure-3 Map representation of sampling sites in the field study (© earth.google.com)

2. Material and Method

The specimens used in this study were collected from square A3 (Henderson, 1961) during a field expedition conducted in October 2024. GPS coordinates of the study area are also provided (Figure 2). Liverworts were collected in November, when environmental conditions are most favorable for their growth. Considering the importance of natural coloration in species identification, photographs were taken from multiple angles during fieldwork. Additionally, images reflecting the geological and sociological features of the area were also included. For each collected specimen, GPS coordinates, collection date, and altitude were recorded in the field notebook (Table 1). In order to preserve the structural integrity of the specimens, they were collected in sealed plastic bags and stored with ice packs during fields. For thalloid specimens, broad-surfaced scraping tools were used to facilitate

removal from the substrate, while fine-tipped forceps were employed to carefully detach leafy specimens from their epiphytic surfaces (Yücel et al., 2024). During the laboratory phase, priority was given to the identification of thalloid specimens in order to prevent potential structural degradation. Leafy specimens were dried using a drying oven and subsequently transferred into temporary storage envelopes. In order to determine the distribution of the specimens both globally and within Türkiye according to the Henderson Grid System (Henderson, 1961), as well as to identify diagnostic characteristics, fundamental European floras and various floristic publications were consulted (Watson, 1981; Smith, 1996; Paton, 1999; Atherton et al., 2010; Kürschner & Erdağ, 2020; Glime, 2009). The species list was organized according to the classification system proposed by Hodgetts et al. (2020).

Table 1. Taxa identification codes, GPS records and habitat characteristics

<u>HKA1</u>	GPS: 40°48'9.06"K/ 36° 9'12.87"D Habitat: Detected on the floor of deciduous forests.
<u>HKA2</u>	GPS: 40°48'10.81"K/ 36° 9'9.41"D - 40°48'9.99"K/ 36° 9'21.99"D Habitat: Detected as epiphyte on tree trunks and dead bark.
<u>HKA3</u>	GPS: 40°48'16.69"K/ 36° 9'22.97"D Habitat: Detected on the floor of deciduous forests.
<u>HKA4</u>	GPS: 40°48'10.03"K/ 36° 9'15.64"D Habitat: Detected on calcimorphic soil.
<u>HKA5</u>	GPS: 40°48'8.66"K/ 36° 9'19.84"D - 40°48'12.04"K/ 36° 9'26.76"D Habitat: Detected on the floor of deciduous forests.
<u>HKA6</u>	GPS: 40°48'10.03"K/ 36° 9'15.64"D Habitat: Detected on wet rocky ground.
<u>HKA7</u>	GPS: 40°48'10.25"K/ 36° 9'4.00"D Habitat: Detected on the floor of deciduous forests.
<u>HKA8</u>	GPS: 40°48'8.36"K/ 36° 9'17.39"D - 40°48'11.43"K/ 36° 9'24.71"D Habitat: Detected as epiphyte on tree trunks and dead bark.
<u>HKA9</u>	GPS: 40°48'9.63"K/ 36° 9'10.37"D Habitat: Detected on siliceous rocky ground.
<u>HKA10</u>	GPS: 40°48'9.67"K/ 36° 9'1.54"D - 40°48'8.11"K/ 36° 9'14.18"D Habitat: Detected on the floor of deciduous forests.
<u>HKA11</u>	GPS: 40°48'10.43"K/ 36° 9'7.18"D - 40°48'10.81"K/ 36° 9'9.41"D Habitat: Detected as epiphyte on tree trunks and dead bark.
<u>HKA12</u>	GPS: 40°48'10.81"K/ 36° 9'9.41"D - 40°48'11.43"K/ 36° 9'24.71"D Habitat: Detected as epiphyte on tree trunk and dead bark.
<u>HKA13</u>	GPS: 40°48'8.11"K/ 36° 9'14.18"D - 40°48'9.99"K/ 36° 9'21.99"D Habitat: Detected as epiphyte on dead bark and dead leaves.
<u>HKA14</u>	GPS: 40°48'17.99"K/ 36° 9'17.44"D Habitat: Detected on the floor of deciduous forests.
<u>HKA15</u>	GPS: 40°48'17.16"K/ 36° 9'12.55"D Habitat: Detected on the floor of deciduous forests.
<u>HKA16</u>	GPS: 40°48'8.36"K/ 36° 9'17.39"D Habitat: Detected on the floor of deciduous forests.
<u>HKA17</u>	GPS: 40°48'17.00"K/ 36° 9'7.49"D Habitat: Detected in a rocky grotto.

3. Findings

[Single asterisk (*): Second record from square A3]

[Double asterisk (**): New record for square A3]

[Plus sign (+): New record for Amasya province]

MARCHANTIOPHYTA

JUNGERMANNIOPSIDA

Jungermanniales H.Klinggr.

Scapaniaceae Mig.

- *Scapania irrigua* (Nees) Nees + (HKA1)
- *Scapania undulata* (L.) Dumort. + (HKA2)

Jungermanniaceae Rchb.

- *Jungermannia atrovirens* Dumort. */+ (HKA3)
- *Mesoptychia turbinata* (Raddi) L.Söderstr. & Váňa */+ (HKA4)

Lepidoziaceae Limpr.

- *Bazzania trilobata* (L.) Gray */+ (HKA5)

Lophocoleaceae Vanden Berghen

- *Chiloscyphus polyanthos* (L.) Corda */+ (HKA6)

Plagiochilaceae Müll.Frib

- *Plagiochila asplenoides* (L.) Dumort. + (HKA7)

Porellales Schljakov

Frullaniaceae Lorch

- *Frullania dilatata* (L.) Dumort. (HKA8)
- *Frullania tamarisci* (L.) Dumort. + (HKA9)

Porellaceae Cavers

- *Porella cordaeana* (Huebener) Moore + (HKA10)
- *Porella platyphylla* (L.) Pfeiff. (HKA11)

Radulaceae Müll.Frib.

- *Radula complanata* (L.) Dumort. (HKA12)
- *Radula lindenbergiana* Gottsche ex C.Hartm. + (HKA13)

Ptilidiales Schljakov

Ptilidiaceae H.Klinggr.

- *Ptilidium pulcherrimum* (Weber) Vain. + (HKA14)

Metzgeriales Chalaud

Metzgeriaceae H.Klinggr.

- *Metzgeria conjugata* Lindb. + (HKA15)
- *Metzgeria furcata* (L.) Corda + (HKA16)

**MARCHANTIOPSIDA CRONQUIST,
TAKHT. & W.ZIMM.
Marchantiales Limpr.**

Aytoniaceae Cavers

Plagiochasma rupestre (J.R.Forst. & G.Forst.)

Steph. **/+ (HKA17)

4. Discussion and Conclusion

As a result of the identification of specimens collected during the fieldwork, 17 liverwort species belonging to 11 families within the division Marchantiophyta were identified. Among these, 3 species exhibit thalloid form, while 14 species display leafy morphology.

The species *Plagiochasma rupestre* is reported here as a new record for square A3. The species *Jungermannia atrovirens*, *Mesoptychia turbinata*, *Bazzania trilobata* and *Chiloscyphus polyanthos* have been recorded for the second time within square A3. The following species are recorded for the first time from Amasya province: *Scapania irrigua*, *Scapania undulata*, *Jungermannia atrovirens*, *Mesoptychia turbinata*, *Bazzania trilobata*, *Chiloscyphus polyanthos*, *Plagiochila asplenoides*, *Frullania tamarisci*, *Porella cordaeana*, *Radula lindenbergiana*, *Ptilidium pulcherrimum*, *Metzgeria conjugata*, *Metzgeria furcata* and *Plagiochasma rupestre*.

Square A3 is located within the Black Sea Region and encompasses highly suitable habitat conditions for bryophytes. Compared to coastal provinces, Amasya has a relatively drier climate, which has resulted in fewer cryptogamic studies being conducted in the area. Our study has revealed that Amasya province possesses a remarkably rich diversity of liverworts. It is anticipated that future liverwort research in the province will contribute new data and insights to the field.

Declaration

Author Contributions: Conceptualization, KMY, İG; Design, KMY; Supervision and consultancy, İG; Resources, KMY, HT; Materials, KMY, HT; Data collection and/or processing, KMY, HT, İG; Analysis and/or interpretation, KMY, İG; Literature review, KMY, HT; Writing – original draft, KMY, HT, İG; Critical review, İG.

Conflict of Interest: The authors declare that there are no competing interests related to the content of this manuscript.

Funding: The authors declare that no funding, grants, or other forms of support were received during the preparation of this manuscript.

Ethical Approval: This study does not involve human or animal subjects and therefore does not require ethical approval.

References

- Alataş M. Batan N. Ezer T. Uyar G. 2017. The epiphytic bryophyte flora and vegetation of Boraboy and Destek Forests (Amasya, Turkey). *Pakistan Journal of Botany*. 49:5, 1779-1786.
- Atherton I. Bosanquet S. Lawley M. (Eds.). 2010. *Mosses and Liverworts of Britain and Ireland: A Field Guide* (p. 848). Plymouth: British Bryological Society.
- Cansaran A. Bingöl M.Ü. Geven F. Güney K. Erdoğan N. Kaya Ö. F. 2010. Contribution to the Flora of Sakarat Mountain (Amasya/Turkey).
- Doğu A.F. Çiçek İ. Gürgeç G. 1994. Borabay Gölü (Amasya). *Ankara Üniversitesi Tücaum Dergisi*. 3, 242-254.
- Erdağ A. Kürschner H. 2024. Türkiye Bitkileri Listesi, Karayosunları: Eklentiler 2021–2023. *Bağbahçe Bilim Dergisi*. 11:1, 20-24.
- Glime J. 2009. *Bryophyte Ecology*, Ebook Sponsored By Michigan Technological University and The International Association of Bryologists.
- Gökler İ. Inoue H. Öztürk M. 1984. A New Record for Turkey, *Pellia neesiana* (Gott.) Limpr. *J Faculty Sci Ege Univ. B*, 7: 85-89.
- Henderson D.M. 1961. Contributions to the bryophyte flora of Turkey IV, Notes, R. B. G. *Edinb*. 23: 263-278.
- Hodgetts N.G. Söderström L. Blockeel T.L. Caspari S. Ignatov M.S. Konstantinova, N.A., et al. Porley R.D. 2020. An annotated checklist of bryophytes of Europe, Macaronesia and Cyprus. *Journal of Bryology*. 42:1, 1-116.
- Kürschner H. Erdağ A. 2020. *Bryophyte Locality Data from The Near and Middle East 1775-2019*. *Bryophyta Vol. 1*, Hiper Yayıncılık, İstanbul.
- Paton J.A. 1999. *The Liverwort Flora of The British Isles*, by Harley Books, England.
- Smith A.E. 1996. *The Liverworts of Britain and Ireland*. Cambridge University Press. Cambridge.
- Watson E.V. 1981. *British Mosses and Liverworts*. Cambridge University Press. Cambridge.
- Wettstein R. V. 1889 *Beitrag zur Flora des Orients*. Bearbeitung der von Dr. A. Heider im Jahre 1885 in Pisidien und Pamphylien gesammelten Pflanzen. *Sitzungsberichte der Akademie der Wissenschaften in Wien* 98: 348-398.
- Yücel K.M. Gökler İ. Tarım H. 2024. Bozdağlar'ın Ciğerotu (Marchantiophyta) Florası. *Anatolian Bryology*. 10:1, 49-57.



<http://dergipark.org.tr/tr/pub/anatolianbryology>

DOI: 10.26672/anatolianbryology.1699964

Anatolian Bryology
Anadolu Briyoloji
Dergisi
Research Article
e-ISSN:2458-8474
Online



Nemrut Höyüğü Karayosunu Florası (Adıyaman/Türkiye)

Emrah URLU¹*, Recep KARA¹

¹Nevşehir Hacı Bektaş Veli Üniversitesi Fen Edebiyat Fakültesi Biyoloji Bölümü, Nevşehir, TÜRKİYE

Received: 15 May 2025

Revised: 11 June 2025

Accepted: 14 June 2025

Öz

Bu çalışma, Türkiye'nin en önemli sit alanlarından biri olan Nemrut Höyüğü'nün karayosunu florasını içermektedir. 2022-2024 yılları arasında farklı mevsimlerde gidilen arkeolojik sit alanından 504 karayosunu örneği toplanmıştır. Çıplak bazaltik kaya, duvar ve toprak üzeri gibi farklı substratlardan toplanan örneklerin teşhisi sonucunda 50 karayosunu taksonu (17 cins ve 7 familya) tespit edilmiştir. Bu taksonlardan 38 tanesi Adıyaman ili için yenidir. Nemrut Höyüğü arkeolojik sit alanında bulunan karayosunlarının çoğunluğu alanın makro iklimiyle uyumlu olarak kserofitik karakterlidir. Bu çalışma gelecek nesillere aktarılması gereken kültürel mirasa sahip korunan bir alanın biyolojik çeşitliliği ile ilgili olduğu için önemlidir.

Anahtar kelimeler: Bryoflora, Dünya Mirası, Nemrut Höyüğü, Arkeolojik Sit Alanı, Türkiye

Moss Flora of Nemrut Mound (Adıyaman/Türkiye)

Abstract

This study includes the moss flora of Nemrut Mound, one of the most important protected areas of Turkey. 504 moss samples were collected from the archaeological site visited in different seasons between 2022 and 2024. As a result of the identification of samples collected from different substrates, such as bare basaltic rock, walls, and soil, 50 moss taxa (17 genera and 7 families) were identified. 38 of the identified taxa are new to Adıyaman province. The majority of the mosses found in the Nemrut Mound archaeological site are xerophytic in character, compatible with the macroclimate of the area. This study is important because it is related to the biodiversity of a protected area with cultural heritage that needs to be transferred to future generations.

Keywords: Bryoflora, World Heritage, Nemrut Mound, Archaeological Site, Türkiye

* Corresponding author: emrahurlu51@gmail.com

To cite this article: Urlu E. Kara R. 2025. Moss Flora of Nemrut Mound (Adıyaman/Türkiye). *Anatolian Bryology*. 11:1, 26-32.



This work is licensed under a Creative Commons Attribution Non-Commercial 4.0 International License

1.Giriş

Arkeolojik öneme sahip anıtlar, üzerlerinde kolonize olan ve asit salgılayan küçük mikroorganizmalar (bakteriler, algler, likenler ve briyofitler) tarafından zamanla tahrip edilmektedir. Ancak bu tahribat kültürel mirasımız olan tarihi eserlere zarar vermekle birlikte kayalardaki süksesyonu başlatan briyofitler için de uygun mikrohabitatlar oluşturmaktadır (Ezer ve ark., 2008; Verma ve ark., 2014; Çekilmez ve ark., 2017). Arkeolojik alanların ağaçlar, algler, mantarlar, likenler, bakteriler, briyofitler ve pteridofitler için uygun habitat oluşturduğu pek çok bilim adamı tarafından bildirilmiştir (Caneva ve Altieri, 1988; Ortega-Calvo ve ark., 1994; Caneva ve Galotta, 1994; Gorbushina ve ark., 2004; Barberousse ve ark., 2006).

Briyofitler, bitkiler arasında ilk karaya çıkan, eşeyli üremek için suya veya hayvanlara ihtiyaç duyan ve birçok ekolojik parametreyi belirlemek için indikatör olarak kullanılan kara bitkileridir (Keller ve Frederickson, 1952; Watt, 2010; Cronberg ve ark., 2006). Bu damarsız bitki grubu, gametofitlerin büyümesiyle kolonileşir. Koloniler yastık, kısa çim, uzun çim, dendroid, yelpaze, paspas, sarkık, kuyruk ve atkı gibi farklı yaşam formlarında şekillenebilirler (Verma ve Srivastava, 2008). Briyofitler yan tomurcuklar, protonema, gemma ve sporlar ile gelişirler. Tarihi yapıların duvarlarını zamanla kaplayarak yağmur suyu tahliye sistemlerini tıkayabilirler. Bu tıkanma ile oluşan organik birikim briyofitlerin bu tip habitatlarda kolayca büyümesini kolaylaştırır. Bunların özellikle rizoid sistemleri duvarlara zarar verir ve tuğlaların içindeki ve arasındaki çatlaklara yavaşça girerek biyolojik aşınmaya neden olurlar (Verma ve ark., 2014).

Medeniyetlerin beşiği olan Türkiye’de eski medeniyetlere ait çok fazla kalıntı habitat bulunmaktadır. Türkiye ve Yunanistan’ın Doğu Akdeniz kıyılarındaki bu habitatların bulunduğu arkeolojik ve tarihi alanları iyi araştırılmıştır. Bu alanlar içerisinde Dünya Mirası Alanları, arkeolojik alanlar, kaleler, hisarlar, kuleler, köprüler, nekropoller ve kalıntılar gibi alanlar birçok çalışmaya konu olmuştur. Çalışma yapılan 464 tarihi alanın içerisinde Türkiye’ye ait 30 arkeolojik alan ve Yunanistan’a ait 105 arkeolojik alan tespit edilmiştir (Zengin, 2023). Geçmişte yerleşim alanı olarak kullanılmış ancak günümüzde üzerinde ve/veya yakın çevresinde yaşantının bulunmadığı kırsal arkeolojik yerleşimler ‘*terkedilmiş kırsal arkeolojik yerleşimler*’, üzerinde ve/veya yakın çevresinde yaşantının devam ettiği yerleşimler ise ‘*yaşayan kırsal arkeolojik yerleşimler*’ olarak tanımlanmıştır. Kargalı (Zakzuk) Yerleşimi, Keçli Tepesi, Asridağ Mağarası ve Karahantepe, sit alanları bu tip terkedilmiş kırsal arkeolojik yerleşimlerdir. Bununla birlikte Büyük Senemmagara Antik Kenti, Soğmatar Antik Kenti ve Şuayip Antik Şehri de günümüzde de kırsal yaşantının devam ettiği yaşayan kırsal arkeolojik yerleşimlerdir (Çiftçi ve Cebe, 2025).

Türkiye arkeolojik sit alanları açısından dünyanın sayılı ülkelerinden biri olmasına rağmen, bu alanların briyofit florası ile ilgili bölgesel ve ulusal düzeyde çok az çalışma yapılmıştır. Bu çalışma gelecekte ülkemizin farklı bölgelerindeki arkeolojik alanlarda yapılacak olan benzer çalışmalara örnek teşkil edeceği için önemlidir.

2. Materyal ve Metot

2.1. Araştırma alanı

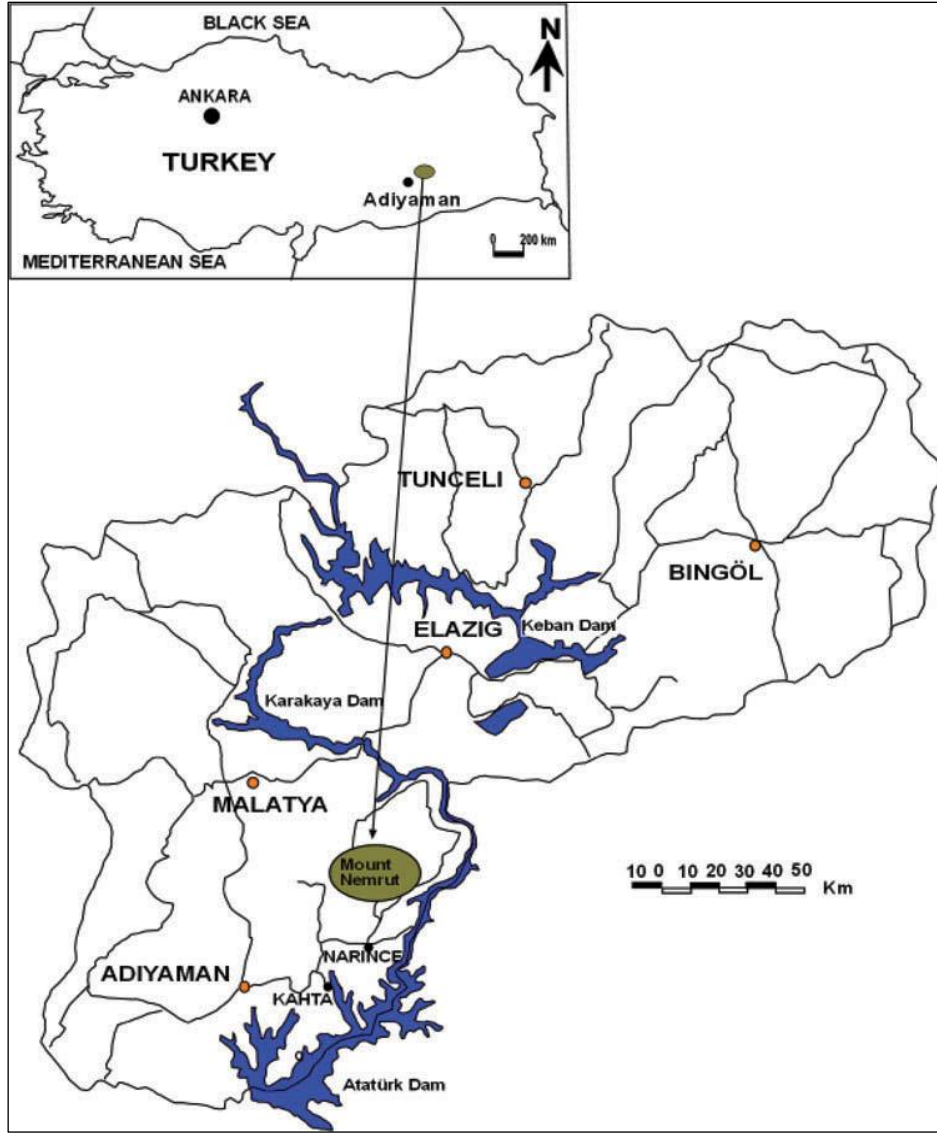
Güneydoğu Anadolu Bölgesi’nde Adıyaman ilinde yer alan Nemrut Dağı Höyüğü, ulaşılması oldukça zor bir coğrafyada, son derece zorlu bir topografya üzerine kurulmuş muhteşem bir yapıdır. Kahta ilçesine bağlı Karadut köyü sınırları içerisinde yer almakta olup (Şekil 1) Türkiye’nin 11 UNESCO Dünya Mirası Alanı’ndan biridir. Anıtın 1987 yılında UNESCO Dünya Miras Listesi’ne alınması, alanın maddi kültür değerinin yanı sıra Kommagene Krallığı Dönemi’ndeki bağlamsal simgesel anlam değerinden kaynaklanmaktadır (Somuncu ve ark., 2009; Şahin Güçhan 2011). Kommagene Kralı I. Antiochos adına mezar olarak inşa edilen kült alanı, 2.6 hektarlık bir alanı kaplamakta ve yaklaşık 2000 yıl önce 2.206 m yükseklikteki Nemrut Dağı’nın tepesine inşa edilmiştir. Nemrut Dağı Höyüğü orta düzeyde korunmuş olarak günümüze ulaşmış bir yapıdır ve kireç taşından yapılmış heykeller zamanla çözünmekte ve kırılmaktadır (Topal ve ark., 2015).

2.2. Araştırma alanının iklimi

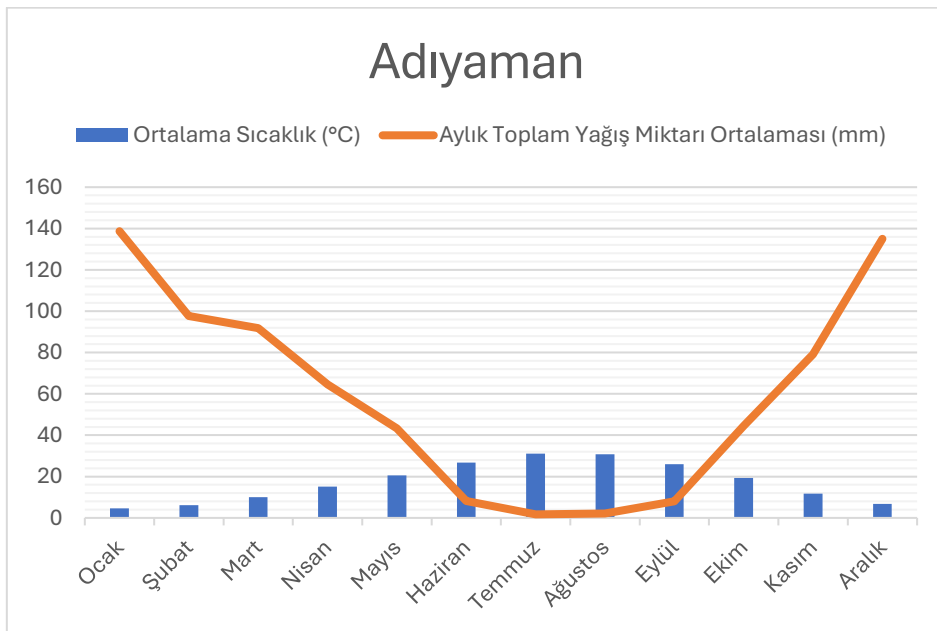
Adıyaman ili yarı kurak iklim bölgesinde yer almaktadır. Yazlar çok sıcak ve kurak, kışlar ise soğuk ve kar yağışlıdır. 1963-2024 yılları arasında en yakın meteoroloji istasyonlarından alınan verilere göre en düşük (-14,4°C) ve en yüksek (45,3°C) sıcaklıklar sırasıyla Ocak ve Temmuz aylarında kaydedilmiştir. Yıllık toplam yağış miktarı 714,8 kg/m² olup, yağışlı gün sayısı sırasıyla 87,5’ tir (URL 1; Şekil 2).

2.3. Metot

2022-2024 yılları arasında Nemrut Höyüğü arkeolojik sit alanı ve en yakın çevresindeki duvar kalıntılarından, toprak yüzeyinden ve ağaç gövdelerinden karayosunu örnekleri toplanmıştır. Toplanan örnekler, toplama numarası verilerek standart toplama zarflarında konulmuştur. Nemrut Höyüğü karayosunlarının adlandırması yapılırken Kürschner (2006 ve 2007) ve Kürschner ve Erdağ (2023) yayınlarında yer alan teşhis anahtarları kullanılmıştır. Flora listesi hazırlanırken taksonların taksonomik durumları Hodgetts ve ark. (2020) göre; yeni kayıt durumları ise Kürschner ve Erdağ (2021) göre düzenlenmiştir. Flora listesi alfabetik sıraya göre hazırlanmıştır. Teşhisi yapılan karayosunu örnekleri Nevşehir Hacı Bektaş Veli Üniversitesi Herbaryumunda saklanmaktadır. Bu çalışma Nevşehir Hacı Bektaş Veli Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü tarafından doktora tezi olarak kabul edilen “Nemrut Dağı (Adıyaman)’nın Karayosunu Florası” adlı tezin verileri kullanılarak hazırlanmıştır.



Şekil 1. Çalışma alanı haritası (Topal ve ark., 2015)



Şekil 2. Adiyaman ili 1963-2024 yıllarını kapsayan ortalama sıcaklık ve aylık toplam yağış miktarı ortalaması (URL 1)

3. Bulgular

Duvar kalıntıları ve çevresinde, toprak yüzeyinde ve ağaç gövdelerinde kendiliğinden gelişen karayosunlarının toplam sayısı 17 cins ve 7 familyaya ait 52 taksondur. Çalışma alanının karayosunu florası arkeolojik kalıntılarda çoğunlukla bazaltik duvar

kalıntılarını tercih etme eğilimindedir (Tablo 1). Arkeolojik duvar kalıntılarında bulunan gözenekli yüzeyli bazalt malzemeler, doğrudan güneş ışığına ve rüzgâra maruz kalan kurak alanlarda briyofitler için uygun barınak olarak çok farklı yaşam alanları sağlamaktadır.

Tablo 1. Nemrut Höyüğü Karayosun Takson Listesi

Familyalar	Taksonlar	Hayat Formu	Yaşam Stratejisi
Brachytheciaceae	<i>Brachythecium albicans</i> (Hedw.) Schimp.	Saçak	Kalıcı
	<i>Homalothecium aureum</i> (Spruce) H.Rob.	Saçak	Çok yıllık kalıcı
	<i>H. philippeanum</i> (Spruce) Schimp.	Saçak	Kalıcı
	<i>H. sericeum</i> (Hedw.) Schimp.	Pürüzlü Halı	Kalıcı
Bryaceae	<i>Bryum argenteum</i> Hedw.	Turf	Kolonist
	<i>B. dichotomum</i> Hedw.	Turf	Kolonist
	<i>Ptychostomum capillare</i> (Hedw.) Holyoak & N.Pedersen	Turf	Kolonist
	<i>P. compactum</i> Hornsch.	Turf	Kolonist
	<i>P. imbricatum</i> (Müll.Hal.) Holyoak & N.Pedersen	Turf	Kolonist
	<i>P. inclinatum</i> (Sw. ex Brid.) J.R.Spence	Turf	Kolonist
	<i>P. kunzei</i> (Hornsch.) J.R. Spence	Turf	Kolonist
Ditrichaceae	<i>Ceratodon conicus</i> (Hampe) Lindb.	Turf	Tek yıllık mekik
Encalyptaceae	<i>Encalypta vulgaris</i> Hedw.	Öbek	Uzun yaşamlı mekik
	<i>E. pilifera</i> Funck	Turf	Uzun ömürlü göçebe
Grimmiaceae	<i>Grimmia anodon</i> Bruch & Schimp.	Yastık	Çok yıllık mekik
	<i>G. crinita</i> Brid.	Yastık	Çok yıllık mekik
	<i>G. crinitoleucophaea</i> Cardot	Yastık	Çok yıllık mekik
	<i>G. pulvinata</i> (Hedw.) Sm.	Yastık	Kolonist
	<i>Schistidium atrofusum</i> (Schimp.) Limpr.	Yastık	Çok yıllık mekik
	<i>S. flaccidum</i> (De Not.) Ochyra	Yastık	Çok yıllık mekik
	<i>S. marginale</i> H.H.Blom, Bedn.-Ochyra & Ochyra	Yastık	Çok yıllık mekik
	<i>S. platyphyllum</i> (Mitt.) H.Perss.	Yoğun yastık	Çok yıllık mekik
Orthotrichaceae	<i>Orthotrichum anomalum</i> Hedw.	Yastık	Kolonist
	<i>O. cupulatum</i> Brid.	Yastık	Kolonist
	<i>O. pellucidum</i> Lindb.	Yastık	Çok yıllık kalıcı
Pottiaceae	<i>Barbula unguiculata</i> Hedw.	Turf	Kolonist
	<i>Chenia leptophylla</i> (Müll.Hal.) R.H.Zander	Gevşek öbek	Kolonist
	<i>Didymodon spadiceus</i> (Mitt.) Limpr.	Turf	Kolonist
	<i>Microbryum floerkeanum</i> (F.Weber & D.Mohr) Schimp.	Dağınık turf	Tek yıllık mekik
	<i>Pterygoneurum ovatum</i> (Hedw.) Dixon	Gevşek öbek	Stres toleransçı
	<i>Syntrichia calcicola</i> J.J.Amann	Turf	Kolonist
	<i>S. caninervis</i> Mitt.	Yoğun yastık	Ekstrem stres toleransçı
	<i>S. latifolia</i> (Bruch ex Hartm.) Huebener	Turf	Kolonist
	<i>S. montana</i> Nees	Yastık	Stres toleransçı
	<i>S. norvegica</i> F.Weber	Turf	Stres toleransçı
	<i>S. papillosissima</i> (Copp.) Loeske	Yastık	Stres toleransçı
	<i>S. princeps</i> (De Not.) Mitt.	Yastık	Stres toleransçı
	<i>S. handelii</i> (Schiffn.) S.Agnew & Vondr.	Yastık	Stres toleransçı
	<i>S. ruralis</i> (Hedw.) F.Weber & D.Mohr var. <i>ruralis</i>	Turf	Kolonist
	<i>S. ruraliformis</i> (Besch.) Mans.	Turf	Kolonist
	<i>S. virescens</i> (De Not.) Ochyra	Turf	Kolonist
	<i>Tortella commutata</i> Köckinger & Hedenäs	Turf	Stres toleransçı
	<i>T. tortuosa</i> (Hedw.) Limpr	Öbek	Strese toleranslı kalıcı
	<i>Tortula acaulon</i> (With.) R.H. Zander	Turf	Tek yıllık mekik
	<i>T. galilaea</i> (Herrnst. & Heyn) Ezer & R.H. Zander	Yastık	Stres toleransçı
	<i>T. inermis</i> (Brid.) Mont.	Turf	Kolonist
	<i>T. muralis</i> Hedw.	Turf	Kolonist
	<i>T. protobryoides</i> R.H.Zander	Yastık	Stres toleransçı
	<i>T. revolvens</i> (Schimp.) G.Roth	Yastık	Stres toleransçı
	<i>T. subulata</i> Hedw.	Öbek	Kolonist

4. Tartışma ve Sonuç

Arkeolojik kalıntılar, briyofitler için uygun olabilecek birçok farklı yaşam alanı sağlamasına rağmen dünyada arkeolojik alanların briyofit florası hakkında çok az bilgi bulunmaktadır. Assam'daki (Hindistan)

Talatal Ghar'ın ünlü arkeolojik alanından *Asterella*, *Marchantia*, ve *Plagiochasma* cinslerine ait ciğerotu; *Physcomitrium*, *Funaria* ve *Fissidens* cinslerine ait karayosunu örnekleri rapor edilmiştir (Verma ve ark., 2014). Ülkemizde bu konuda yapılan en önemli

çalışma Tilmen Höyük (Kilis) arkeolojik alanındaki çalışmadır. Bu çalışmada bazaltik kaya kalıntıları içerisinde *Reboulia*, *Targionia*, *Lunularia*, *Didymodon*, *Grimmia*, *Fabronia* ve *Tortula* cinslerine dahil 7 ciğerotu ve 38 karayosunu olmak üzere toplamda 45 briyofit taksonu tespit edilmiştir (Ezer ve ark., 2008). Ülkemizdeki bu konudaki diğer bir çalışma ise Aydın ve çevresindeki arkeolojik alanlarda yapılan çalışmadır. Bu çalışmada Gnays kayaçları üzerinde 28 familya ve 60 cinse ait 130 briyofit taksonu tespit edilmiştir (Çekilmez ve ark., 2017). Bu çalışmalara göre bizim çalışmamız Tilmen Höyük’de gerçekleştirilen çalışma ile benzer özellikler taşımaktadır.

Bu çalışmada olduğu gibi bizim çalışmamızda da Pottiaceae, familyası tür açısından en zengin familyadır (Tablo 2). Pottiaceae familyasında en çok tür içeren cinsler sırasıyla *Syntrichia* (11 takson) *Tortula* (7 takson) ve *Tortella* (2 takson) cinsleridir. Grimmiaceae familyası ikinci zengin familya olup, çalışma alanında özellikle kurak koşullar altında duvar kalıntılarında yaygın olarak bulunur. Bu familyaya dahil *Grimmia* cinsine ait 4 tür ve *Schistidium* cinsine ait 4 tür bulunmuştur. *Bryum* cinsine ait 2 tür ve *Ptychostomum* cinsine ait 5 türle temsil edilen Bryaceae familyası, Nemrut Dağı arkeolojik alanındaki duvar kalıntılarının ve toprak yüzeylerinin bazaltik materyallerinde bol miktarda bulunan ve yaygın olan bir diğer karayosun ailesidir. Teşhis edilen taksonlar içerisinde *Syntrichia princeps*, arkeolojik alanın hemen hemen her köşesinde bulunmakta olup, duvar kalıntıları, ağaç gövdeleri ve toprak yüzeylerinden yayılış gösterebilen en yaygın türdür.

Tablo 2. Çalışma sahasındaki en zengin ilk dört briyofit ailesi

Familyalar	Takson	Toplam Takson	
		Sayısına Göre	Takson
		Yüzdesi	
Pottiaceae	25	50	
Grimmiaceae	8	16	
Bryaceae	7	14	
Brachytheciaceae	4	8	
Toplam	44	88	

Briyofit toplulukları ile ilgili çeşitli çalışmalar, yaşam formları ile yaşam alanını etkileyen ekolojik faktörler arasında güçlü bir bağlantı olduğunu göstermektedir

(Magdefrau, 1982; Kürschner ve Parolly, 1999; Kürschner ve ark., 1998;). Nemrut Dağı’nın briyoflorasındaki bitki taksonlarının yaşam biçimi Akdeniz bölgesinin tipik kurak iklim koşullarını yansıtmaktadır. Çalışma sahasındaki bryoflorasında en çok temsil edilen yaşam formları turf (%42) ve yastık (%34)’tır. Turf ve yastık yaşam formları, kserofitik ve fotofitik koşullar altında büyüyen akrokarpik briyofitleri kapsar (Kürschner, 2004). Çalışma alanında yoğun yastık, dağınık turf, gevşek öbek ve pürüzlü halı gibi diğer yaşam formları çok düşük oran ve bollukta temsil edilmektedir (Tablo 3).

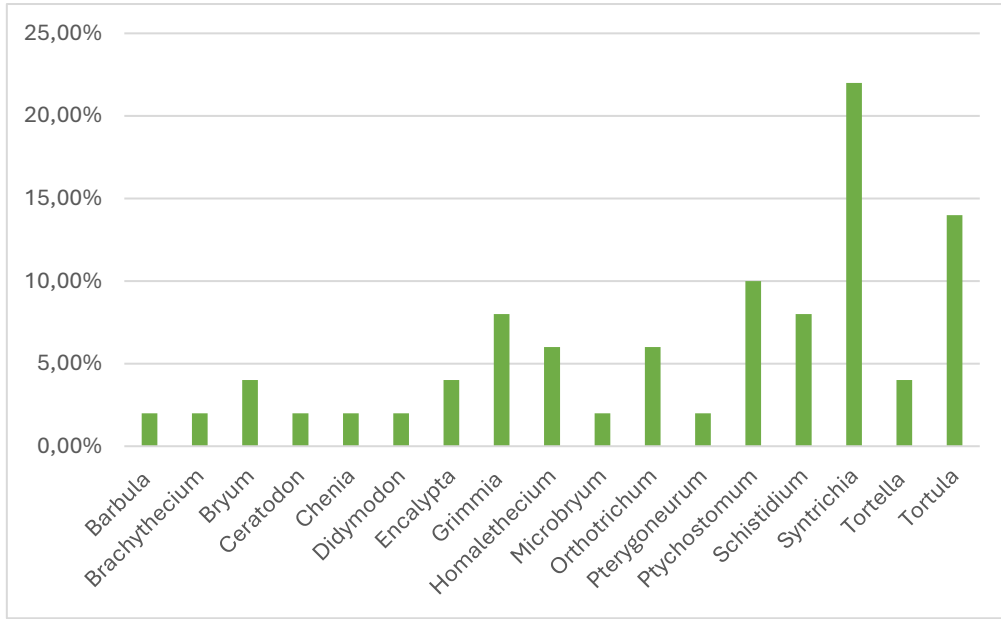
Tablo 3. Nemrut Höyüğü’nün briyoflorasındaki hayat formlarının yüzdesi

Hayat Formları	Hayat Formlarının Yüzdesi
Turf	42
Yastık	34
Saçak	6
Öbek	6
Yoğun yastık	4
Dağınık turf	2
Gevşek öbek	4
Pürüzlü halı	2

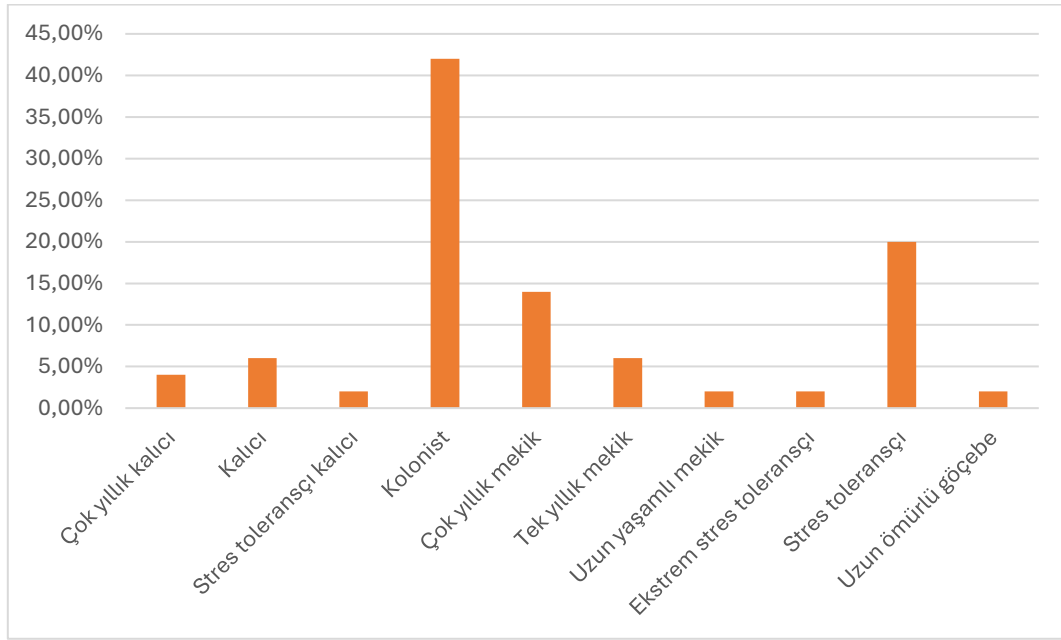
Nemrut Höyüğü bryoflorasını oluşturan 17 cins içerisinde *Syntrichia* (%22), *Tortula* (%14), *Ptychostomum* (%10) ve *Grimmia* (%8) en çok takson içeren ilk dört cinsi oluşturur. Diğer cinsler ise *Barbula*, *Brachythecium*, *Bryum*, *Ceratodon*, *Chenia*, *Didymodon*, *Encalypta*, *Homalothecium*, *Microbryum*, *Orthotrichum*, *Pterygoneurum*, *Schistidium* ve *Tortella*’dır (Şekil 3).

Şekil 3’te verilen cins sıralaması ile birlikte alandaki hâkim hayat formu (%42) kolonist, (%20) stres toleransçı ve (%14) çok yıllık mekik şeklindedir. Diğer hayat formları ise kalıcı, tek yıllık mekik, çok yıllık kalıcı, uzun yaşamlı mekik, uzun ömürlü göçebe, stres toleransçı çok yıllık mekik, ekstrem stres toleransçı ve stres toleransçı kalıcı’dır. Bu hayat formları çalışma alanının makro ikliminin bir yansımasıdır (Şekil 4).

Nemrut Höyüğü, Türkiye’nin Güneydoğu Akdeniz kesiminde yer alan arkeolojik alanlardan bir olup briyolojik olarak iyi bilinmeyen ve halen araştırılmakta olan coğrafi bir bölgede yer almaktadır.



Şekil 3. Araştırma alanı bryoflorasına ait cins oranları (%)



Şekil 4. Araştırma alanı bryoflorasına ait yaşam stratejisi oranları

Deklarasyon

Yazar katkıları: Fikir/Kavram, EU, RK; Tasarım ve dizayn, EU, RK; Denetleme danışmanlık, RK; Kaynaklar, EU, RK; Malzemeler, EU, RK; Veri toplama ve/veya işleme, EU, RK; Analiz ve/veya yorum, EU, RK; Literatür taraması, EU, RK; Yazım aşaması, EU, RK; Eleştirel inceleme, RK.

Çıkar çatışması: Yazarların bu yazının içeriğiyle ilgili olarak beyan edecekleri hiçbir rekabet çıkarı yoktur.

Finansman: Yazarlar, bu yazının hazırlanması sırasında herhangi bir fon, hibe veya başka bir destek alınmadığını beyan ederler.

Etik onay: Bu araştırma, insan veya hayvan deneklerini içermemektedir ve bu nedenle etik onay gerektirmemektedir.

Kaynaklar

- Barberousse H. Tell G. Ye'pre'mian C. Coute' A. 2006. Diversity of algae and cyanobacteria growing on buildings facades in France. *Algological Studies*. 120:81–105.
- Caneva G. Altieri A. 1988. Biochemical mechanisms of stone weathering induced by plant growth. *VIth International Congress on Deterioration and Conservation of Stone*, Torun, 32–44.
- Caneva G. Galotta G. 1994. Floristic and structural changes of plant communities of the Domus Aurea (Rome) related to a different weed

- control. In: Venezia V, Fassina H, Off F, Zezza (eds) Proceedings of the 3rd International Symposium The Conservation of Monuments in the Mediterranean Basin.
- Cronberg N. Natcheva R. Hedlund K. 2006. Microarthropods Mediate Sperm Transfer in Mosses, *Science*, 313:5791, 1255.
- Çekilmez M. Aslan G. Kırmacı M. 2017. The Bryophyte Diversity of Archaeological Sites in Aydın and Arouds (Turkey) and Effect on Archaeological Ruins. The 3rd International Symposium on EuroAsian Biodiversity, Minsk, Belarus, pp: 361
- Çiftçi S. Cebe M. 2025. Tek Tek Dağları Milli Parkındaki Önemli Kırsal Arkeolojik Yerleşimlerin Kültürel Miras Bağlamında İncelenmesi, *Kent Akademisi Dergisi*, 18:3, 1430-1456.
- Ezer T. Kara R. Cakan H. Duzenli A. 2008. Bryophytes on the archaeological site of Tilmen Hoyuk, Gaziantep (Turkey). *International Journal of Botany*. 4: 297–302.
- Gorbushina A.A. Lyalikova N.N.D. Vlasov Yu. Khizhnyak B.T.V. 2004. Microbial communities on the monuments of Moscow and St. Petersburg: biodiversity and trophic relations. *Microbiology*. 71: 350–356.
- Hodgetts N.G. Söderström L. Blockeel T.L. Caspari S. Ignatov M.S. Konstantinova N.A. Lockhart N. Papp B. Schröck C. SimSim M. et al. 2020. An annotated checklist of bryophytes of Europe, Macaronesia and Cyprus. *Journal of Bryology*. 42: 1-116.
- Keller N.D. Frederickson A.F. 1952. The role of plants and colloid acids in the mechanisms of weathering. *American Journal of Science*. 250: 594–608.
- Kürschner H. Tonguç Ö. Yayintaş A. 1998. Life strategies in epiphytic bryophyte communities of the Southwest Anatolian Liquidambar orientalis forests. *Nova Hedwigia*. 66:3-4, 435-450. Stuttgart.
- Kürschner H. Parolly G. 1999. Syntaxonomy, synecology and life strategies of selected saxicolous bryophyte communities of West Anatolia and a first syntaxonomic conspectus for Turkey. *Nova Hedwigia*, 68:3-4, 365-391. Stuttgart.
- Kürschner H. 2004. Life strategies and adaptations in bryophytes from the Near and Middle East. *Turkish Journal of Botany*, 28:1-2, 73-84.
- Kürschner H. 2006. A key to the pleurocarpous mosses (Bryophytina p. p.) of the Near and Middle East Towards a bryophyte flora of the Near and Middle East 5. *Nova Hedwigia*, 83: 353-386.
- Kürschner H. 2007. A key to the Pottiaceae (Bryopsida-Bryophytina) of the Near and Middle East Towards a bryophyte flora of the Near and Middle East, 6. *Nova Hedwigia*, 84: 21-50.
- Kürschner H. Erdağ A. 2021. Bryophyte locality data from the Near and Middle East 1775-2019 [Afghanistan, Bahrain, Iran, Iraq, Israel, Jordan, Kuwait, Lebanon, Oman, Qatar, Saudi Arabia, Sinai Peninsula, Syria, Turkey, United Arab Emirates and Yemen (incl. Socotra)] Vol. 2-6, Hiperlink, 978-625-7280-68-6.
- Kürschner H. Erdağ A. 2023. Türkiye Karayosunları Florası. Boynuzluotlar, ciğerotları ve yapraklı karayosunlarının tanılanması için iki dilde anahtarlar. – Bryophyte Flora of Türkiye. Bilingual keys for identification of hornworts, liverworts, and mosses, s.s 605. Hiperayın, İstanbul.
- Mägdefrau K. 1982. Life-Forms of Bryophytes. *Bryophyte Ecology*, London, New York, pp:45-58.
- Ortega-Calvo J.J. Arinõ X. Stal L.J. Saiz-Jimenez. 1994. Cyanobacterial sulfate accumulation from black crust of a historic building. *Geomicrobiology Journal* 12:15–22.
- Somuncu M. Yiğit T. Şahin Güçhan N. Kabasakal S. 2009. Nemrut Dağı, Türkiye'nin dünya miras alanları: Koruma ve yönetimde güncel durum. Ankara, Turkey: UNESCO, Türkiye Milli Komisyonu, 72–109.
- Şahin Güçhan N. 2011. Conservation of relationship between place and context: Mount Nemrut Tumulus [keynote presentation]. In Book of Conference Abstracts: BHCICOP—The 4th International Conference on Hazards and Modern Heritage: The Importance of Place, June 13–16, 2011, Sarajevo, Bosnia and Herzegovina, 151–167.
- Topal T. Ertaş Deniz B. Şahin Güçhan N. 2015. Decay of Limestone Statues at Mount Nemrut (Adiyaman, Turkey). *International Journal of Architectural Heritage*, 9: 244–264.
- URL1 <https://www.mgm.gov.tr/veridegerlendirme/il-ve-ilceleristatistik.aspx?m=ADIYAMAN> (Erişim tarihi 15.04.2025).
- Verma P.K. Srivastava S.C. 2008. Diversity and distribution of epiphytic liverworts in Nilgiri Hills. *Proc Natl Acad Sci India Sect B Biol Sci* 78(B): 253–264.
- Verma P.K. Kumar V. Kaushik P.K. Yadav A. 2014. Bryophyte Invasion on Famous Archaeological Site of Ahom Dynasty 'Talatal Ghar' of Sibsagar, Assam (India) *Proc. Natl. Acad. Sci., India, Sect. B Biol. Sci.* (Jan–Mar 2014) 84(1): 71–74.
- Watt D. 2010. Managing Biological growth on building, 2010, <http://www.buildingconservation.com>. [Accessed 22 Oct 2012].
- Zengin E. 2023. Inundation risk assessment of Eastern Mediterranean Coastal archaeological and historical sites of Türkiye and Greece. *Environ Monit Assess* (2023) 195:968.



<http://dergipark.org.tr/tr/pub/anatolianbryology>

DOI: 10.26672/anatolianbryology.1703780

Anatolian Bryology
Anadolu Briyoloji
Dergisi
Research Article
e-ISSN:2458-8474
Online



Biyomonitör Karayosunları Kullanılarak Atmosferik Polisiklik Aromatik Hidrokarbonların ve İz Elementlerin Birikimlerinin Belirlenmesi: Kocaeli Örneği

Gülsüm KOÇAK¹*, Muhammet ÖREN¹, Hasan ÇABUK²

¹Zonguldak Bülent Ecevit Üniversitesi, Fen Fakültesi, Biyoloji Bölümü, Zonguldak, TÜRKİYE

²Zonguldak Bülent Ecevit Üniversitesi, Fen Fakültesi, Kimya Bölümü, Zonguldak, TÜRKİYE

Received: 21 May 2025

Revised: 10 June 2025

Accepted: 11 June 2025

Öz

Karayosunları, vasküler bitkilerle karşılaştırıldığında geniş alanlara dağılım göstermeleri, yapılarının bu bitkilere kıyasla az gelişmiş olması sebebiyle biyomonitör olarak sıklıkla tercih edilmektedir. Bu çalışmada, 52 lokaliteden toplanan *Hypnum cupressiforme* Hedw. ve 22 lokaliteden toplanan *Pseudoscleropodium purum* (Hedw.) M.Fleisch. kullanılarak, Kocaeli ilinin atmosferik polisiklik aromatik hidrokarbon (PAH) ve iz elementlerin konsantrasyon değerleri araştırılmıştır. Bu türlerdeki iz elementlerin analizleri indüktif eşleşmiş plazma-kütle spektrometresi (ICP-MS), PAH analizleri ise yüksek performanslı sıvı kromatografisi (HPLC) ile yapılmıştır. Çalışma sonucunda ortalama PAH konsantrasyon değeri 193.84 ng/g olarak tespit edilmiş olup, sırasıyla fenantren (60.98 ng/g) ve benzo[k]florenten (22.60 ng/g) en yüksek değere sahip iki bileşik olmuştur. İz element analiz sonuçlarında ise 4639.87 µg/g ile alüminyum en yüksek değere sahipken, 0.3 µg/g ile kadmiyum en düşük birikim gösteren ağır metal olmuştur. Konsantrasyon değerlerinin büyüken küçüğe Al>Fe>Zn>Cu>Cr>Pb>Ni>V>Sn>Co>Mo>As>Sb>Hg>Cd olacak şekilde sıralandığı tespit edilmiştir. Pearson korelasyon analizi (SPSS Version 19.0) ile iz elementler ve PAH'lar arasındaki ilişkiler incelenmiş ve ikisi arasında anlamlı ilişki olduğu belirlenmiştir. *H. cupressiforme* ve *P. purum* örneklerinin birikim konsantrasyonları *t* testi ile karşılaştırılmıştır. *t* testi analizi sonucunda iki tür arasında benz[a]antrasen ve benzo[a]piren hariç diğer parametreler için istatistiksel olarak anlamlı fark olduğu *H. cupressiforme*'nin daha fazla birikim yaptığı tespit edilmiştir.

Anahtar kelimeler: Biyolojik izleme, Kocaeli, karayosunu, iz elementler, polisiklik aromatik hidrokarbonlar

Determination of Atmospheric Polycyclic Aromatic Hydrocarbons and Trace Element Levels Using Moss Biomonitoring: A Case Study of Kocaeli

Abstract

Mosses are frequently preferred as biomonitors due to their distribution over wide areas and their underdeveloped structure compared to vascular plants. In this study, the concentration values of atmospheric polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) and trace elements in Kocaeli province were investigated using *Hypnum cupressiforme* Hedw. collected from 52 localities and *Pseudoscleropodium purum* (Hedw.) M.Fleisch. collected from 22 localities. The analysis of trace elements in these species was carried out by inductively coupled plasma-mass spectrometry (ICP-MS), and PAH analyses were carried out by high-performance liquid chromatography (HPLC). As a result of the study, the average PAH concentration value was determined to be 193.84 ng/g, and the two compounds with the highest values were phenanthrene (60.98 ng/g) and benzo[k]fluorene (22.60 ng/g), respectively. In the trace element analysis results, aluminum had the highest value with 4639.87 µg/g, while cadmium was the heavy metal with the lowest accumulation with 0.3 µg/g. It was determined that the concentration values were ranked from largest to smallest as Al>Fe>Zn>Cu>Cr>Pb>Ni>V>Sn>Co>Mo>As>Sb>Hg>Cd. The relationships between tracers and PAHs were examined using Pearson correlation analysis (SPSS Version 19.0), and it was determined that a significant relationship existed between the two. We compared the accumulation concentrations of *H. cupressiforme* and *P. purum* samples using a t-test. As a result of the t-test analysis, it was determined that there was a statistically significant difference between the two species for all parameters except benz[a]anthracene and benzo[a]pyrene, and *H. cupressiforme* accumulated more.

Keywords: Biomonitoring, Kocaeli, moss, trace elements, polycyclic aromatic hydrocarbons

* Corresponding author: glsmince4@gmail.com

To cite this article: Koçak G. Ören M. Çabuk H. 2025. Determination of Atmospheric Polycyclic Aromatic Hydrocarbons and Trace Element Levels Using Moss Biomonitoring: A Case Study of Kocaeli. *Anatolian Bryology*. 11:1, 33-43.



This work is licensed under a Creative Commons Attribution Non-Commercial 4.0 International License

1. Giriş

Bir organizmayı veya organizma grubunu çevreleyen koşulları ifade eden "Çevre" kelimesi, özellikle organizmanın büyüüp gelişmesi ve hayatta kalabilmesi için dış faktörlerin çeşitliliği olarak tanımlanmaktadır. Kara, su ve atmosferik oluşumların yanı sıra hayvanları, bitkileri ve abiyotik unsurları da kapsamaktadır. Son yıllarda iklim değişikliği ve çeşitli birçok faktörler ile birlikte hava kirliliğinin günümüzde oldukça yüksek seviyelere ulaştığı görülmektedir. Bu durum insanlar ve ekosistem için önemli bir çevre sorunu olmaktadır (Salo ve ark., 2016; Macedo-Miranda ve ark., 2024). Özellikle kentleşme ve sanayinin artmasıyla birlikte ağır metal ve PAH emisyonları gün geçtikçe kayda değer bir artış göstermektedir. Endüstriyel üretim, enerji üretimi, evsel ısınma, ulaşım ve metalurji gibi sektörler aracılığıyla her yıl atmosfere ağır metal ve PAH'ların yayılması gelecek zamanlar için birer tehdit oluşturmaktadır (Aizezi ve ark., 2025).

İnsan ve çevre sağlığını etkileyen hava kirliliğinin izlenmesi son yıllarda artış göstermiştir. Bu amaçla yapılacak araştırmalar için farklı yöntemler geliştirilmektedir. Bunlar arasında yer alan biyolojik izleme yönteminde (biomonitoring) kirleticilerin çok iyi biriktirici oldukları bilindiği için karayosunu, liken ve diğer biyoidikatör organizmalar sıklıkla kullanılmaktadır (Demkova ve ark. 2017). Örneğin, su mercimeği (*Lemna minor* L.), tarımsal ve evsel atık sulardan besinleri ve ağır metalleri geri kazanmak için tercih edilen önemli türlerden biridir (Radic ve ark., 2011; Rezanian ve ark., 2016). Özellikle briyofitler (karayosunları, boynuzotları ve ciğerotları), enstrümantal ölçümlerle elde edilemeyen farklı ağır metaller arasındaki etkileşimler ve canlı sistemler üzerindeki etkiler hakkında önemli bilgiler sağlamaktadır. Bu bitkiler, dünyada pek çok farklı doğal alanlarda bulunabildikleri gibi, endüstriyel ve kentsel alanlarda da rahatlıkla bulunabilmektedirler. Vasküler doku içermeyen ayrıca gelişmiş bir kutikula, gerçek kök, gövde ve yaprakları bulunmayan ilkel karasal bitkilerdir. Hayatta kalmaları için gereken besinleri tüm yüzeylerini kullanarak kendilerini çevreleyen sudan karşılamaktadır.

Bu ve bunun gibi daha birçok özelliklerinden dolayı hava kirliliği çalışmalarında biyomonitör olarak tercih edilmektedir. 1971 yılında Goodman ve Roberts tarafından tanıtılan "torba tekniği" özellikle kentsel alanlarda hava kirliliğini test etmede kullanılan yöntemlerden biri haline gelmiştir (Goodman ve Roberts, 1971; Arndt ve Planer-Friedrich, 2018). Bunun haricinde, bu çalışmada da tercih edilen diğer yaygın bir yöntem ise yerel

örnekleme yöntemidir (Uyar ve ark., 2007, 2008, 2009; Çabuk ve ark., 2014; Ören ve ark., 2021). Bu türler atmosferik kirleticilerin belirlenmesinde ve takip edilmesinde göstergeleri iyi sonuç veren canlılar olarak kullanılmaktadır (Oishi, 2022; Gomez-Ensastegui ve ark., 2025). Briyofitler, sadece atmosferik kirliliğin izlenmesi çalışmalarında değil, aynı zamanda su ortamlarındaki kirliliğinin izlenmesinde de kullanılmaktadırlar. Ayrıca kirlenmiş toprak ve sudan kurşun, çinko, bakır, krom, kadmiyum ve demir gibi ağır metalleri biriktirebilme kabiliyetleri nedeniyle yüksek fitoremediasyon potansiyeli göstermektedirler (Molnar ve ark., 2024; Gezahegn ve ark., 2024).

Periyodik tabloda geçiş elementleri arasında yer alan ağır metaller, yer kabuğunda doğal olarak bulunabilirken, insan faaliyetleri sonucunda zararlı seviyelere kadar ulaşabilmektedirler. Sanayinin gelişmesi ile birlikte; artan fabrikalar, madenci ve sanayi atıkları, kanalizasyon deşarjı, kentsel akış ve toprak erozyonu kirlilik sebeplerinin başında yer almaktadır. Kurşun, berilyum ve civa gibi bazı metaller tehlikeli kabul edilirken, mangan ve kadmiyum gibi metaller ise potansiyel tehlike sınıfında yer almaktadırlar. Bakır, arsenik, kurşun, kadmiyum, çinko, krom ve nikel gibi ağır metaller atık sularda çoğunlukla tespit edilen ağır metaller arasında yer almakta olup ve insan sağlığı ve çevre için tehdit oluşturmaktadır (Rice ve ark., 2014; Jomova ve ark., 2025; Behrooz ve ark., 2025). Bu nedenle ağır metaller, çevresel ve ekolojik araştırmalarda önemli bir konu haline gelmiştir (Macklin ve ark., 2023). Aynı zamanda eritme tesisleri, pestisit üretimi ve kimya endüstrisi, petrokimya tesisleri ve dökümhaneler gibi pek çok tesis aracılığıyla da insanlar bu metallere maruz kalmaktadır (Mitra ve ark., 2022). Ağır metal kirliliğinin toprak kalitesi, su kalitesi, gıda güvenliği, insan sağlığı ve biyolojik çeşitlilik gibi alanlarda ciddi tehdit oluşturası sonucu toprak ağır metal kirliliği ciddi çevre sorunlarından biri olmuştur (Han ve ark., 2025). Aynı zamanda havada fazla birikim göstermeleri sonucunda insanlar ve diğer canlılar tarafından solunması durumunda solunum yolu ve kardiyolojik hastalıklar ile kansere kadar gidebilen ciddi rahatsızlıklara neden olmaktadır. Bu kirleticilerin toksisitesi giderek artış göstererek tüm organizmalar için endişe kaynağı oluşturmaktadır (Mitra ve ark., 2022; Jomova ve ark., 2025).

Polisiklik Aromatik Hidrokarbonlar (PAH), iki veya daha fazla benzen halkasına sahiptir ve organik maddelerin tam yanmaması sonucu ortaya çıkan bileşik grubudur (Xu ve ark., 2024; Suresh ve ark., 2025). Doğal kaynaklı olarak orman yangınları

ve volkanik patlamalar, insan kaynaklı olarak ise motorlu taşıtlar ve sanayi kaynaklı yollarla ortaya çıkmaktadırlar. Toksik ve kalıcı olduklarından dolayı çevresel izleme çalışmalarında önemli olup takipleri yapılmaktadır. Amerikan Çevre Koruma Ajansı (EPA), 16 PAH bileşimini öncelikli kirleticiler listesine almıştır (Keith, 2015; Montano ve ark., 2025; Dhara ve ark., 2025). Bu maddeler DNA ile etkileşime girerek mutajenik ve kanserojen etki gösterebilmektedir. İnsanların birincil yollardan PAH'lara maruziyeti sigara kullanımı, kirli ortam havasının solunması ve kirlenmiş olan gıdaların tüketilmesidir. Yapılan çalışmalarda analiz yöntemleri arasında HPLC-FL, GC-MS, HPLC-UV ve GC-FID gibi kromatografik yöntemler yer almaktadır (Barbosa ve ark., 2023). Zonguldak merkez ve Ereğli ilçesinde *Hypnum cupressiforme* türünde HPLC-UV kullanılarak yapılan çalışmada PAH değişimleri incelenmiştir. Çalışma sonucunda toplam PAH konsantrasyon değerleri Zonguldak merkezde 78.1-1693.5 ng/g, Ereğli ilçesinde ise 15.2-275.1 ng/g olarak tespit edilmiştir (Çabuk ve ark., 2014). Zonguldak'ta termik santrallerin olduğu Çatalağzı bölgesinde yapılan çalışmada ise 53.7-1707.9 ng/g aralığında tespit edilmiştir (Ören ve ark., 2021).

Diğer bir çalışmada ise iki yaygın tür olan *Hylocomium splendens* (Hedw.) Schimp. ve *Pleurozium schreberi* (Brid.) Mitt. hava izleme çalışmaları için tercih edilmektedir. Ayrıca son yapılan çalışmalardan birinde *Isothecium stoloniferum* (Brid.) Grout da yaygın kullanılan türlerden birisi olmuştur (Cowden ve Aherne, 2019). Toksik elementler arasında yer alan Kadmiyum (Cd), Krom (Cr), Nikel (Ni), Arsenik (As), Kobalt (Co), Bakır (Cu), Çinko (Zn), Civa (Hg) ve Kurşun (Pb) gibi elementler önemli kirleticiler arasında yer almaktadır. Dolaylı yollardan besin zincirine kadar ulaşabilmektedir. *Hypnum cupressiforme* ile birlikte *Bryum*

argenteum, *Pottia truncata*, *Dicranella heteromalla* ve *Marchantia polymorpha* türlerinde yüksek konsantrasyonlarda Cr, Cd ve Zn birikim yaptığı bildirilmiştir (Singh ve ark. 2020; Zinicovscaia ve ark., 2021; Batan ve ark., 2012, 2021; Çiçekliyurt ve Yayıntaş, 2022). Uyar ve arkadaşları tarafından *H. cupressiforme* ve *P. purum* türleri ile yapılan farklı bir çalışmada ise yedi elementin kirlilik değerleri belirlenmiş ve ağır metal birikim oranları yüksek olandan düşük olana olacak şekilde (Fe, Pb, Cr, Ni, Cu, Co, As) sıralanmıştır (Uyar ve ark., 2008).

Birinci yazarın yüksek lisans tezinden üretilmiş olan bu çalışmada, Kocaeli ilinde iz elementlerin ve PAH'ların atmosferik birikim değerleri, belirlenen iki farklı karayosunu türü *H. cupressiforme* ve *P. purum* kullanılarak araştırma yapılmıştır. Çalışma sonucunda elde edilen veriler istatistiksel olarak değerlendirilmiştir.

2. Materyal ve Metot

2.1 Araştırma alanı

Bu çalışma, ülkemizin önemli geçiş yolu üzerinde bulunan, limanlar, havalimanı, son yıllarda artan sanayileşme ile birlikte devlet demiryolları, D100 karayolu ve TEM otoyolunu barındıran Kocaeli ilinde yapılmıştır. Kocaeli ili bölge olarak Marmara Bölgesi'nde yer almaktadır (Şekil 1-). İzmit Körfezi'nin kuzeyindeki büyük bir alanda konumlanan il, güneyden kuzeye doğru eğimli yapıda olup az engebeli bir alana sahiptir. Ayrıca Türkiye'nin nüfus yoğunluğu en fazla olan ili İstanbul'a yakınlığı, limanı ve farklı ulaşım imkanlarına sahip olduğu için önemli bir cazibe merkezi olmuştur. TÜİK 2024 verilerine göre il nüfusu 2.130.006 kişi olarak kayda geçmiştir (URL 1). Tüm bu önemli özelliklerinden dolayı ildeki nüfus artmıştır. Nüfustaki bu artış da kirliliğin artmasına sebep olmuştur.



Şekil 1. Kocaeli il haritası ve Kocaeli ilinden bir görünüm.

	29.63403			29.95611			29.57691	
12	40.78775 29.56489	155 m	30	40.94296 29.83577	315 m	48	40.81121 29.70632	460 m
13	40.80796 29.55957	285 m	31	40.85627 29.85603	450 m	49	40.81341 29.59795	290 m
14	40.80211 29.53476	40 m	32	40.87756 29.80736	370 m	50	40.83925 29.63695	325 m
15	40.77705 29.56200	150 m	33	40.92337 29.74205	260 m	51	40.78241 29.71110	130 m
16	40.83738 29.53717	225 m	34	40.92320 29.64316	390 m	52	40.78526 29.48236	130 m
17	40.84589 29.50610	150 m	35	40.89719 29.64316	360 m			
18	40.87821 29.46601	240 m	36	40.89863 29.73676	360 m			



Şekil 3. A) *Hypnum cupressiforme*, B) *Pseudoscleropodium purum*

Arazi çalışması tamamlandıktan sonra her iki türünde uygun koşullarda plastik torbalarda saklanıp laboratuvara getirilmesi sağlanmıştır.

2.3. Örneklerin analizler için hazırlanması

Laboratuvara getirilen örnekler toprak, taş, toz, farklı bitki kısımları gibi yabancı maddelerden arındırılarak, laboratuvar koşullarında kurutulmuştur. Kurutulduktan sonra PAH ve iz element analizlerinin yapılabilmesi için örneklerin yeşil kısımları öğütme cihazı ile öğütülerek analizler yapılana kadar +4 °C’ de soğutucuda saklanmıştır.

2.4. PAH analizi

Türlerin PAH ekstraksiyonları ve kromatografik analizlerinin yapılması literatürde yer alan yöntemlere göre tamamlanmıştır (Çabuk ve ark., 2014). Öğütülerek hazırlanan örneklerden 3'er g tartılarak 500 mL'lik erlenlere alınmıştır. Daha sonra PAH'lar ultrasonik banyo için 200 mL diklorometan ile 30 dakika ekstrakte edilip organik faza alınmıştır. Bu faz vakum altında 1 mL kadar kalıncaya kadar uçurulma işlemi uygulanmıştır. Ekstraksiyon esnasında PAH'larla birlikte organik çözücüye geçmesi muhtemel farklı organik maddelerin önlenmesi için kromatografik analiz

yapılmadan önce kolon kromatografisi tekniği kullanılmıştır. Cam kolonun dip kısmına cam pamuğu yerleştirildikten sonra üzerine hava kabarcığı oluşturmeyecek şekilde 2 g silika jel doldurulmuştur. Sabit fazın şartlandırılması için kolondan 30 mL *n*-pentan:diklorometan (DCM) geçirilerek kullanıma uygun hale getirilmiştir. Daha sonra uçurma işlemi tamamlanmış, 1 mL'lik kısım kolona yüklenmiş ve PAH'lar 20 mL *n*-pentan: DCM (1:1) çözücü karışımı ile geri kazanımı sağlanmıştır.

Vakum altında PAH'ları içeren organik faz yaklaşık 1 mL kalıncaya kadar uçurulmuştur. İşlem sonunda kalan çözücü, azot gazı (N₂) altında kuruluk sağlanana kadar uçurulmuştur (Akyüz ve Çabuk, 2009). Tüm örnekler analizler tamamlanana kadar +4 °C’ de soğutucuda muhafaza edilmiştir.

2.5. İz element analizi

İz element analizleri için uygun ortam şartlarında saklanan karayosunu örneklerine analiz öncesinde mikrodalga ile çözünürleştirme işlemi yapılmıştır. Bu işlem için örnekler mikrodalga'nın kuru ve temiz teflon parçalama haznelerine konulmuştur. Daha sonra örnekler üzerine 2 mL hidrojen peroksit (H₂O₂) ve 7 mL nitrik asit (konsantre HNO₃) ilave

edilerek parçalama işlemi tamamlanmıştır. Parçalanan örnekler deiyonize su ile 10 mL'ye seyreltilmiştir. Zonguldak Bülent Ecevit Üniversitesi, Bilim ve Teknoloji Uygulama ve Araştırma Merkezi'nde (ARTMER) örneklerin iz element analizleri yapılmıştır. Karayosunu örneklerindeki eser element (Al, As, Mo, Co, V, Cu, Fe, Zn, Cd, Sn, Hg, Pb, Cr, Ni, Sb) birikimlerinin ölçümü için ICP-MS-Perkin Elmer NexION 300D cihazı tercih edilmiştir. Kalibrasyon işleminde liken referans materyali BCR 482 tercih edilmiştir.

2.6. İstatistik

Çalışma sonuçlarının istatistiksel analizinde SPSS 19 paket programından yararlanılmıştır ve sonuçların

karşılaştırılmasında ise korelasyon analizi, *t*-testi yapılmıştır.

3. Tartışma ve Sonuç

Çalışma alanından 52 noktadan toplanan *H. cupressiforme* türüne ait iz element birikim değerlerine ait veriler Tablo 2 ve Tablo 3'de verilmiştir. Sonuçlar incelendiğinde ortalama birikim miktarları en yüksek 4639.87 µg/g ile Al, en az birikim ise 0.36 µg/g ile Cd'a ait olduğu bulunmuştur. Analizleri yapılan iz elementlerin ortalama birikim değerlerine göre bir sıralama yapıldığında miktarları; Al, Fe, Zn, Cu, Cr, Pb, Ni, V, Sn, Co, Mo, As, Sb, Hg, Cd şeklindedir.

Tablo 2. *H. cupressiforme* örneğindeki ağır metal birikimlerine ait istatistiksel veriler.

ppm (mg/kg kuru ağırlık)	N	Ortalama± Standart sapma	Medyan	Minimum	Maksimum
Al	52	4639.87±3214.23	3766.32	1090.22	16980.59
As	52	0.84±0.93	0.45	0.12	5.21
Co	52	2.04±1.40	1.58	0.30	6.19
Cu	52	18.90±19.50	14.01	4.05	136.20
Zn	52	56.01±56.51	28.20	10.39	281.22
Mo	52	0.96±0.63	0.84	0.23	3.88
Cd	52	0.36±0.29	0.28	0.11	1.87
Sn	52	2.19±1.43	1.74	0.02	6.11
Hg	52	0.42±0.43	0.26	0.10	2.12
Pb	52	13.18±10.36	9.40	2.64	44.30
Cr	52	17.09±12.54	13.00	3.83	61.78
Fe	52	3379.77±2097.01	2912.17	127.29	9029.18
Ni	52	9.27±5.98	7.31	3.20	29.88
V	52	8.79±7.83	6.03	1.67	35.34
Sb	52	0.51±0.88	0.31	0.08	6.50

Tablo 3. *H. cupressiforme* örneklerinde ağır metal birikim değerleri arasındaki korelasyon katsayıları.

	Al	As	Co	Cu	Zn	Mo	Cd	Sn	Hg	Pb	Cr	Fe	Ni	V	Sb
Al	1.00														
As	0.76**	1.00													
Co	0.73**	0.65**	1.00												
Cu	0.57**	0.43**	0.67**	1.00											
Zn	0.48**	0.45**	0.45**	0.76**	1.00										
Mo	0.66**	0.44**	0.79**	0.89**	0.59**	1.00									
Cd	0.45**	0.33*	0.53**	0.50**	0.63**	0.55**	1.00								
Sn	-0.04	-0.11	-0.12	-0.16	-0.31*	0.07	-0.11	1.00							
Hg	-0.11	-0.09	0.03	-0.13	-0.20	-0.09	-0.09	-0.30*	1.00						
Pb	0.65**	0.58**	0.75**	0.77**	0.70**	0.81**	0.75**	-0.18	-0.11	1.00					
Cr	0.78**	0.69**	0.75**	0.74**	0.61**	0.85**	0.58**	0.12	-0.23	0.75**	1.00				
Fe	0.61**	0.57**	0.64**	0.50**	0.33*	0.61**	0.57**	0.12	-0.12	0.63**	0.75**	1.00			
Ni	0.71**	0.73**	0.67**	0.60**	0.57**	0.67**	0.51**	0.16	-0.18	0.58**	0.88**	0.68**	1.00		
V	0.77**	0.85**	0.64**	0.42**	0.45**	0.52**	0.57**	0.072	-0.15	0.61**	0.81**	0.73**	0.89**	1.00	
Sb	0.45**	0.37**	0.57**	0.93**	0.63**	0.80**	0.38**	-0.08	-0.05	0.60**	0.62**	0.40**	0.56**	0.34*	1.00

İz elementlerin birbiriyle ilişkili olanları yıldız (*) işaretiyle gösterilmiştir. Sn ve Hg metalleri hariç diğer metallerin kendi aralarında pozitif bir ilişki olduğu görülmektedir. Kalayın sadece Hg ve Zn, Civanın ise sadece Sn ile aralarında istatistiksel olarak negatif yönde bir ilişki bulunmuştur (Tablo 3). Aralarında pozitif korelasyon olan elementlerin, birlikte hareket ettiği ve benzer kirletici kaynaklardan geliyor olabileceği söylenebilir.

Analizler sonucunda *H. cupressiforme* için PAH bileşikleri arasında PHE (60.98 ng/g), BkF (22.60 ng/g), FLT (18.18 ng/g) değerleri en yüksek bileşiklerdir iken ANT (3.47 ng/g), BaP (4.13 ng/g), IcdP (7.32) değerleri en düşük bileşiklerdir. Sonuçlar incelendiğinde, PAH değerlerine ait standart sapma değerlerinin aritmetik ortalama değerlerinden düşük olduğu gözlenmiştir. Ortanca ve aritmetik ortalama değerleri birbirine yakın

olduğunda, PAH değerleri normal dağılım göstermektedir (Akyüz ve Çabuk, 2009). Kocaeli ilinde belirlenen 52 noktadan toplanan *H. cupressiforme* örneklerindeki toplam PAH konsantrasyonu ortalamasının 193.94 ng/g olduğu Tablo 4.'te verilmiştir.

Korelasyon analizi sonuçlarına göre Kocaeli örneklerindeki birikim değerleri açısından PAH bileşikler arasında kuvvetli ilişkiler ($p<0.01$) görülmektedir (Tablo 5). Sonuçlar yorumlandığında ise ortaya çıkan bu ilişkiler kirletici kaynaklarının benzer olabileceğini göstermektedir.

Tablo 4. *H. cupressiforme* örneğindeki PAH konsantrasyonlarına ait istatistiksel veriler.

PAH (ng/g kuru ağırlık)	N	Ortalama $\pm$ Standart sapma	Medyan	Minimum	Maksimum
PHE	52	60.98 $\pm$ 38.22	51.23	12.91	188.53
ANT	52	3.47 $\pm$ 5.52	1.78	0.34	33.25
PYR	52	13.66 $\pm$ 9.67	11.80	3.57	62.82
FLT	52	18.18 $\pm$ 16.27	14.85	3.45	111.97
BaA	52	9.45 $\pm$ 8.81	7.68	1.58	61.19
CHY	52	10.46 $\pm$ 7.44	8.99	1.91	35.55
BbF	52	16.81 $\pm$ 14.30	12.48	4.90	86.45
BkF	52	22.60 $\pm$ 17.31	16.04	5.90	102.54
BaP	50	4.13 $\pm$ 2.93	3.43	1.13	18.47
DahA	52	13.08 $\pm$ 9.86	10.25	4.26	57.55
IcdP	44	7.32 $\pm$ 6.97	4.77	1.24	35.62
BghiP	52	15.98 $\pm$ 11.56	11.52	3.14	51.06
Σ PAH	52	193.94 $\pm$ 110.58	167.88	67.15	724.21

Tablo 5. *H. cupressiforme* örneklerindeki PAH'lar arası korelasyon katsayıları.

	PHE	ANT	PYR	FLT	BaA	CHY	BbF	BkF	BaP	DahA	IcdP	BghiP	TPAH
PHE	1.00												
ANT	0.43**	1.00											
PYR	0.35**	0.35**	1.00										
FLT	0.38**	0.43**	0.86**	1.00									
BaA	0.28*	0.47**	0.73**	0.78**	1.00								
CHY	0.27*	0.18	0.48**	0.65**	0.56**	1.00							
BbF	0.31*	0.42**	0.70**	0.72**	0.78**	0.51**	1.00						
BkF	0.30*	0.38**	0.62**	0.63**	0.72**	0.42**	0.91**	1.00					
BaP	0.26	0.22	0.29*	0.35*	0.23	0.57**	0.49**	0.46**	1.00				
DahA	0.29	0.39**	0.46**	0.50**	0.46**	0.52**	0.66**	0.53**	0.75**	1.00			
IcdP	0.30*	0.33*	0.50**	0.54**	0.56**	0.45**	0.67**	0.63**	0.39**	0.68**	1.00		
BghiP	0.35**	0.34*	0.43**	0.48**	0.57**	0.40**	0.75**	0.73**	0.42**	0.64**	0.85**	1.000	
TPAH	0.68**	0.56**	0.76**	0.81**	0.77**	0.62**	0.86**	0.81**	0.54**	0.70**	0.73**	0.76**	1.00

Avrupa'da karayosunları ile yapılan çalışmalarda kentsel ve endüstriyel alanlarda, kırsala göre PAH konsantrasyonlarının daha yüksek çıktığı bulunmuştur (Holoubek ve ark., 2000; Viskari, 2000; Orlinski, 2002; Ötvös ve ark., 2004; Galuszka, 2007; Migaszewski et al. 2009.). PAH konsantrasyonları çalışılan bölgelere göre farklılık göstermektedir. Bunun nedeni çalışma yapılan alanların iklimsel özelliklerinin, coğrafik yapısının, taşıt yoğunluğunun, endüstriyel faaliyetlerin farklı olmasından kaynaklanmaktadır.

Arazide 22 noktadan birlikte toplanan *H. cupressiforme* ve *P. purum* türlerinin birikim değerleri karşılaştırıldığında Al ve Fe elementlerinin birikimlerinin her iki tür içinde ilk iki sırayı aldığı görülmektedir (Tablo 6). Kalay dışındaki elementlerin ortalama birikim değerleri açısından türler arasında istatistiksel olarak anlamlı fark olduğu görülmektedir ($p<0.01$). Ağır metal değerleri incelendiğinde *H. cupressiforme* türünde

en fazla birikim yapan alüminyum 4421.78 $\mu\text{g/g}$ olurken ikinci sırada 3145.74 $\mu\text{g/g}$ ile demir yer almaktadır. İki tür birbiriyle karşılaştırıldığında ise *H. cupressiforme* de birikimlerin daha yüksek olduğu söylenebilir. *H. cupressiforme* en düşük konsantrasyona sahip kadmiyumu 0.27 $\mu\text{g/g}$ olarak biriktirirken, *P. purum* ise civayı 0.05 $\mu\text{g/g}$ olarak bünyesinde biriktirmiştir.

Kocaeli ilinde 2012 yılında biyomonitör liken türü kullanılarak yapılan çalışmada bölgedeki ağır metal birikim değerleri araştırılmıştır. Çalışmada Kadmiyum, Mangan, Krom, Bakır, Nikel, Kurşun ve Çinko elementlerinin atmosferik birikim değerleri çalışılmıştır. Dilovası ilçesinin en yoğun kirliliğe sahip alan olduğu görülmüştür. Çinko (Zn) değeri 967.33 ppm olarak bulunmuştur. Ayrıca Pb ve Cd değerleri, temiz alanlara göre 3-5.8 kat farklı ölçülmüştür. Bu bölgedeki sanayinin yoğunluğu, kirliliğin sebebi olarak gösterilmiştir (Demiray ve ark., 2012). İki türün 22 noktadan alınarak elde

edilen PAH konsantrasyonlarına ait değerler Tablo 7’de verilmiştir. Ortalama TPAH konsantrasyonları *H. cupressiforme*’de 175.12 iken *P. purum*’da 91.17 olarak bulunmuştur. Analiz edilen PAH bileşiklerinin ortalamalarının BaA ve BaP hariç

diğer bileşikler açısından istatistiksel olarak farklı olduğu bulunmuştur ($p<0.05$) ve *H. cupressiforme*’nin PAH bileşiklerini daha yüksek oranda biriktirdiği görülmektedir.

Tablo 6. İki türün ağır metal birikim değerlerinin karşılaştırılması

<i>H. cupressiforme</i> (µg/g)					<i>P. purum</i> (µg/g)			
	N	Ortalama	Std Sapma	Değer aralığı	Ortalama	Std. Sapma	Değer aralığı	t testi
<i>Al</i>	22	4421.78	3361.52	1306.7-16980.5	794.34	792.65	136.59-3310.46	4.81**
<i>As</i>	22	0.62	0.74	0.13-3.61	0.1	0.12	0-0.63	3.21**
<i>Co</i>	22	1.85	1.41	0.3-5.14	0.33	0.29	0.007-1.26	4.86**
<i>Cu</i>	22	13.55	9.24	4.05-42.76	3.72	1.75	1.08-7.35	4.78**
<i>Zn</i>	22	38.3	34.16	11.12-124.34	11.48	7.73	0.07-27.53	3.51**
<i>Mo</i>	22	0.81	0.47	0.23-2.19	0.32	0.15	0.18-0.88	4.54**
<i>Cd</i>	22	0.27	0.16	0.12-0.87	0.12	0.09	0.02-0.43	3.80**
<i>Sn</i>	22	2.2	1.49	0.02-6.11	1.94	0.98	0.8-4.18	0.66
<i>Hg</i>	22	0.49	0.49	0.1-1.56	0.05	0.02	0.03-0.11	4.15**
<i>Pb</i>	22	9.17	7.63	2.64-39.61	2.36	1.39	0.66-6.88	4.01**
<i>Cr</i>	22	13.98	10.2	3.83-47	4.82	4.05	1.61-20.82	3.82**
<i>Fe</i>	22	3145.74	2089.78	127.29-8404.13	693.88	664.45	136.69-2978.79	5.12**
<i>Ni</i>	22	7.77	4.28	3.2-19.81	2.85	1.91	1.27-9.01	4.81**
<i>V</i>	22	6.8	5.79	1.67-25.3	1.51	1.29	0.27-5.03	4.09**
<i>Sb</i>	22	0.32	0.19	0.08-0.72	0.07	0.03	0.01-0.14	5.85**

Tablo 7. İki türün PAH konsantrasyon değerlerinin karşılaştırılması.

<i>H. cupressiforme</i> (µg/g)					<i>P. purum</i> (µg/g)			
	N	Ortalama	Std. Sapma	Değer aralığı	Ortalama	Std. Sapma	Değer aralığı	t testi
PHE	22	54.48	30.71	1589-153.22	29.41	18.68	9.26-97.72	3.19*
ANT	22	2.39	1.81	0.34-8.27	1.2	1.23	0.17-5.72	2.50*
PYR	22	13.7	6.8	3.57-25.24	6.64	6.6	1.45-28.82	3.27*
FLT	22	16.36	8.43	3.65-30.13	10.2	10.79	2.55-51.14	2.01*
BaA	22	8.28	3.85	1.58-14.27	4.61	2	2.03-9.95	3.88
CHY	22	8.91	4.03	1.91-15.63	6.97	3.84	1.35-15.09	1.59*
BbF	22	15.96	8.85	5.11-41.99	6.93	4.93	1.17-20.11	4.08*
BkF	22	20.31	10.21	8.03-47.58	9.04	5.6	1.84-19.58	4.43*
BaP	21	4.04	2.05	1.36-9.13	1.53	0.5	0.96-3.21	5.08
DahA	19	12.49	7.72	5.32-36.87	7.86	5.2	3.95-24.21	1.76*
IcdP	22	6.4	6.74	2.01-35.62	4.19	3.9	1.12-13.01	1.29*
BghiP	22	13.69	7.97	3.14-42.5	8.2	7.82	1.69-40.08	2.25*
TPAH	22	175.12	66.71	67.66-331.36	91.17	55.04	23.05-256.75	4.44*

* Korelasyon 0.05 düzeyinde anlamlı.

Tayvan’da yapılan bir çalışmada toplam PAH miktarının fazla çıkmasının en önemli etkenleri arasında o bölgede araç trafiğinin yoğunluğu olduğu belirtilmiştir (Fang ve ark., 2004). İzmir’de yapılan diğer bir çalışmada ise kırsal ve kentsel alanlardan örnekleme yapılarak on dört PAH türü incelenmiş ve BaA(BaA+CHY) oranı 0.35’ten daha düşük bulunmuş ve sebebi trafikten kaynaklı yoğun emisyon olarak verilmiştir (Demircioğlu ve ark., 2011). Hong ve arkadaşlarının çalışmasında her mevsimde dört farklı bölgeden örnekler toplanmış ve 15 PAH’ın analizi yapılmıştır. Bunlar arasında en fazla kış mevsiminde 32.6 ng/m³ olarak birikim yapıldığı gözlenmiştir. Fenantren, piren, floranten ve krisen her mevsimde birikimleri gözlenirken,

kaynak olarak motorlu araçlar ve endüstri emisyonlarının neden olduğu gösterilmiştir (Hong ve ark., 2007).

Çalışma sonuçlarına göre toplam PAH konsantrasyonları 300 ng/g’dan büyük olan noktalar sanayileşmenin yoğun olduğu Dilovası bölgesinde yer alırken, 100 ng/g’dan küçük olan noktalar ise kırsal ya da kırsala yakın olan sanayinin ve nüfusun az olduğu bölgelerde bulunmaktadır. Ağır metallerin birikimlerinde de benzer sonuçlar görülmektedir. Kocaeli örneklerinde PAH ve ağır metal bileşiklerinin aralarında yüksek korelasyon olması kaynaklarının benzer olduğunu göstermektedir. Bu sonuçlar alanda biyomonitör

likenler kullanılarak yapılan çalışmanın sonuçları örtüşmekte olup atmosferik kirleticilerin birikimlerinin yüksek olduğu bölge Dilovası olarak tespit edilmiştir (Demiray ve ark., 2012).

Deklarasyon

Yazar katkıları: Fikir/Kavram, MÖ, HÇ, GK; Tasarım ve dizayn, GK, MÖ, HÇ; Denetleme danışmanlık, MÖ, HÇ, GK; Kaynaklar, GK, MÖ, HÇ; Malzemeler, GK, MÖ, HÇ; Veri toplama ve/veya işleme, GK, MÖ, HÇ; Analiz ve/veya yorum, GK, MÖ, HÇ; Literatür taraması, GK, MÖ, HÇ; Yazım aşaması, GK, MÖ, HÇ; Eleştirel inceleme, GK, MÖ, HÇ.

Çıkar çatışması: Yazarların bu yazının içeriğiyle ilgili olarak beyan edecekleri hiçbir rekabet çıkarı yoktur.

Finansman: Birinci yazarın yüksek lisans tezinden üretilen bu çalışma Zonguldak Bülent Ecevit Üniversitesi, Bilimsel Araştırma Projeleri tarafından 2015-84906727-03 numaralı proje ile desteklenmiştir.

Etik onay: Bu araştırma, insan veya hayvan deneklerini içermemektedir ve bu nedenle etik onay gerektirmemektedir.

Not: Çalışma verileri 11-15 Mayıs 2017 tarihlerinde Kayseri’de düzenlenen Uluslararası Ekoloji Sempozyumunda ve 26-27 Nisan 2018 tarihlerinde Ankara’da düzenlenen Uluslararası Avrasya Biyolojik ve Kimyasal Bilimler Konferansında sözlü bildiri olarak sunulmuş ve kongre özet kitabında özet bildiri olarak basılmıştır.

Kaynaklar

- Aizezi N. Ye Y. Chen Z. Liu Y. 2025. Impact of soldering temperatures on heavy metal and dust emissions: A LIBS-based environmental pollution analysis. *Spectrochimica Acta Part B: Atomic Spectroscopy*. 107124.
- Akyüz M. Çabuk H. 2009. Meteorological Variations of PM_{2.5}/PM₁₀ Concentrations and Particle-Associated Polycyclic Aromatic Hydrocarbons in The Atmospheric Environment of Zonguldak, Turkey. *Journal of Hazardous Materials*. 170:1, 13-21.
- Arndt J. Planer-Friedrich B. 2018. Moss bag monitoring as screening technique to estimate the relevance of methylated arsine emission. *Science of the Total Environment*. 610, 1590-1594.
- Batan N. Özdemir T. Mendil D. 2012. Determination of Heavy Metal Concentration of Mosses in Degirmendere

- Valley of Trabzon Province of Turkey. *Asian Journal of Chemistry*. 24:1, 193-196.
- Batan N. Özdemir T. Saralioğlu E. Akçay N. Mendil D. 2021. Determination of Heavy Metal Levels in Some Moss Samples Collected from Near the Highways in Burdur Province. *Anatolian Bryology*. 7:1, 33-43.
- Barbosa J. F. Rocha B.A. Souza M.C. Bocato M.Z. Azevedo L.F. Adeyemi J.A. Santana A. Campiglia A. D. 2023. Polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs): updated aspects of their determination, kinetics in the human body, and toxicity. *Journal of Toxicology and Environmental Health, Part B*. 26:1, 28-65.
- Behrooz R. D. Gkaras S. K. Kaskaoutis D. G. 2025. Atmospheric heavy metals and human health. *Current Opinion in Environmental Science & Health*. 100607.
- Cowden P. Aherne J. 2019. Interspecies comparison of three moss species (*Hylocomium splendens*, *Pleurozium schreberi*, and *Isoetes stoloniferum*) as biomonitors of trace element deposition. *Environmental Monitoring and Assessment*. 191: 1-13.
- Çabuk H. Kılıç M.S. & Ören M. 2014. Biomonitoring of polycyclic aromatic hydrocarbons in urban and industrial environments of the Western Black Sea Region, Turkey. *Environmental monitoring and assessment*. 186, 1515-1524.
- Çiçekliyurt M. M. H. Yayintas O. T. 2022. DNA methylation in bryophytes as a biomarker for monitoring environmental pollution. *Indian Journal of Experimental Biology (IJEB)*. 60:11, 870-874.
- Demiray A. D. Yolcubal I. Akyol N. H. Çobanoğlu G. 2012. Biomonitoring of airborne metals using the Lichen *Xanthoria parietina* in Kocaeli Province, Turkey. *Ecological indicators*. 18: 632-643.
- Demircioglu E. Sofuoglu A. Odabasi M. 2011. Atmospheric concentrations and phase partitioning of polycyclic aromatic hydrocarbons in Izmir, Turkey. *CLEAN–Soil, Air, Water*. 39:4, 319-327.
- Demková L. Baranová B. Oboňa J. Árvay J. & Lošák T. 2017. Assessment of air pollution by toxic elements on petrol stations using moss and lichen bag technique. 8, 355-361.
- Dhara A. Dutta R. 2025. A review on sources and distribution of polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) in wetland ecosystem: focusing on plant-biomonitoring and phytoremediation. *Environmental Science and Pollution Research*. 1-23.

- Fang G. C. Wu Y. S. Fu P. P. C. Yang I. L. Chen M. H. 2004. Polycyclic aromatic hydrocarbons in the ambient air of suburban and industrial regions of central Taiwan. *Chemosphere*. 54:4, 443-452.
- Gałaszka A. 2007. Distribution patterns of PAHs and trace elements in mosses *Hylocomium splendens* (Hedw.) BSG and *Pleurozium schreberi* (Brid.) Mitt. from different forest communities: a case study, south-central Poland. *Chemosphere*. 67:7, 1415-1422.
- Gezahegn A. Bohnett E. Mammo S. 2024. The role of mosses in 'clean and green' phytoremediation technology: a review paper. *BioMetals*. 1-13.
- Gómez-Enastegui C. Avila-Pérez P. García-Rivas J.L. Barrera-Díaz C.E. Ortiz-Oliveros H.B. & Martínez-Gallegos S. 2025. Evaluation of an aquatic liverwort and terrestrial moss as biomonitors of heavy metals associated with particulate matter. *Scientific Reports*. 15:1, 4127.
- Goodman G.T. Roberts T.M. 1971. Plants and soils as indicators of metals in the air. *Nature*. 231:5301, 287-292.
- Han Y. Kou J. Jiang B. Li J. Liu C. Lei S. Xiao H. Feng, C. 2025. Bryophytes adapt to open-pit coal mine environments by changing their functional traits in response to heavy metal-induced soil environmental changes-*Journal of Hazardous Materials*. 482, 136613.
- Jomova K. Alomar S. Y. Nepovimova E. Kuca K. Valko M. 2025. Heavy metals: toxicity and human health effects. *Archives of Toxicology*. 99:1, 153-209.
- Keith, L. H. (2015). The source of US EPA's sixteen PAH priority pollutants. *Polycyclic Aromatic Compounds*. 35:2-4, 147-160.
- Macedo-Miranda M.G. Barrera-Díaz C.E. Avila-Pérez P. López-Solórzano E. Ortiz-Oliveros H.B. & Zavala-Arce R.E. 2024. Bioconcentration capacity of moss *Leskea angustata* Tayl., for heavy metals and its application in the atmospheric biomonitoring of a metropolitan area. *Atmospheric Environment*. 331, 120579.
- Macklin M. G. Thomas C. J. Mudhatkal A. Brewer P. A. Hudson-Edwards K. A. Lewin J. Scussolini P. Eilander D. Lechner A. Mangalaa K. R. Owen J. Kuş G. Kemp D. 2023. Impacts of metal mining on river systems: a global assessment. *Science*. 381:6664, 1345-1350.
- Mitra S. Chakraborty A. J. Tareq A. M. Emran T. B. Nainu F. Khusro A. Idris A. M. Khandaker M. U. Osman H. Alhumaydhi F. A. Simal-Gandara, İ. 2022. Impact of heavy metals on the environment and human health: Novel therapeutic insights to counter the toxicity. *Journal of King Saud University-Science*. 34:3, 101865.
- Molnar E. Odagiu A. Balint C. Burduhos P. Iederan C. Braşovean I. & Malnas C. 2024. Testing Biomonitoring Potential of Bryophytes. Note II: The Interrelations Between the Heavy Metal Content Identified in the Soil of Different Areas of Harghita County. *ProEnvironment Promediu*. 17:60, 208-214.
- Montano L. Baldini G. M. Piscopo M. Liguori G. Lombardi R. Ricciardi M. Esposito G. Pinto G. Fontanarosa C. Spinelli M. Palmieri I. Sofia D. Brogna C. Carati C. Esposito M. Gallo P. Amoresano A. Motta O. 2025. Polycyclic Aromatic Hydrocarbons (PAHs) in the Environment: Occupational Exposure, Health Risks and Fertility Implications. *Toxics*. 13:3, 151.
- Oishi Y. (2022). Biomonitoring of transboundary pollutants using moss in Japan's mountains. *Environmental Science and Pollution Research*. 29:10, 15018-15025.
- Orliński R. 2002. Multipoint moss passive samplers assessment of urban airborne polycyclic aromatic hydrocarbons: concentrations profile and distribution along Warsaw main streets. *Chemosphere*. 48:2, 181-186.
- Ötvös E. Kozák I. O. Fekete J. Sharma V. K. Tuba Z. 2004. Atmospheric deposition of polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) in mosses (*Hypnum cupressiforme*) in Hungary. *Science of the Total Environment*. 330:1-3, 89-99.
- Ören M. Koçak G. & Çabuk H. 2021. Zonguldak Çatalağzı Bölgesinde Bazı Atmosferik Polisiklik Aromatik Hidrokarbonların ve İz Elementlerin Karayosunları Kullanılarak Araştırılması. *Anatolian Bryology*. 7:1, 44-52.
- Öztürk M.Z. Çetinkaya G. Aydın S. 2017. Köppen-Geiger iklim sınıflandırmasına göre Türkiye'nin iklim tipleri. *Coğrafya Dergisi*, 35: 17-27.
- Radić S. Stipaničev D. Cvjetko P. Rajčić M.M. Širac S. Pevaljek-Kozlina B. & Pavlica M. 2011. Duckweed *Lemna minor* as a tool for testing toxicity and genotoxicity of surface waters. *Ecotoxicology and environmental safety*. 74:2, 182-187.
- Rezania S. Taib S.M. Din M.F.M. Dahalan F.A. Kamyab H. 2016. Comprehensive review on phytotechnology: heavy metals removal by diverse aquatic plants species from wastewater. *Journal of hazardous materials*. 318: 587-599.
- Rice K. M. Walker Jr E. M. Wu M. Gillette C. Blough E. R. 2014. Environmental mercury

- and its toxic effects. *Journal of preventive medicine and public health*. 47:2, 74.
- Salo M. Hiedanpää J. Karlsson T. Ávila L.C. Kotilainen J. Jounela P. García R.R. 2016. Local perspectives on the formalization of artisanal and small-scale mining in the Madre de Dios gold fields, Peru. *The Extractive Industries and Society*. 3:4, 1058-1066.
- Singh R. Joshi H. Singh A. 2020. Bryophytes: Natural Biomonitor. In *Natural Products Chemistry*. Apple Academic Press. 139-153.
- Suresh A. Soman V. KR, A. Rahman K. H. 2025. Sources, toxicity, fate and transport of polyaromatic hydrocarbons (PAHs) in the aquatic environment: A Review. *Environmental Forensics*. 26:1, 35-57.
- URL 1. Türkiye İstatistik Kurumu. Website: <https://data.tuik.gov.tr/Bulten/Index?p=Adrese-Dayali-Nufus-Kayit-Sistemi-Sonuclari-2024-5378> [Retrieved: 29.04.2025].
- URL 2. Google Haritalar [Harita]. Website: <https://www.google.com.tr/maps> [Retrieved: 25. 04.2016].
- Uyar G. Ören M. İnce M. 2007. Atmospheric Heavy Metal Deposition in Düzce Province by Using Mosses as Biomonitor. *Fresenius Environmental Bulletin*. 16:2, 145-153.
- Uyar G. Ören M. Yildirim Y. & Öncel S. 2008. Biomonitoring of metal deposition in the vicinity of Ereğli steel plant in Turkey. *Environmental Forensics*. 9:4, 350-363.
- Uyar G. Avcıl E. Ören M. Karaca F. Öncel M.S. 2009. Determination of Heavy Metal Pollution in Zonguldak, Turkey, by Moss Analysis (*Hypnum cupressiforme*). *Environmental Engineering Science*. 26:1, 183-194.
- Zinicovscaia I. Hramco C. Chaligava O. Yushin N. Grozdov D. Vergel K. Duca G. 2021. Accumulation of potentially toxic elements in mosses collected in the Republic of Moldova. *Plants*. 10:3, 471.
- Xu X. Liu X. Wang S. Zou Y. Zhang J. Liang L. Wen C. Li Y. Xu X. He X. Liu G. Xu, X. 2024. Relationship between PAH4 formation and thermal reaction products in model lipids and possible pathways of PAHs formation. *Journal of Hazardous Materials*. 465, 133374.



<http://dergipark.org.tr/tr/pub/anatolianbryology>

DOI: 10.26672/anatolianbryology.1705187

Anatolian Bryology
Anadolu Briyoloji
Dergisi
Research Article
e-ISSN:2458-8474
Online



Phytochemical profiling of *Brachythecium glareosum* (Bruch ex Spruce) Schimp. and preliminary *in silico* assessment of antifungal potential

Zafer Çambay¹*, Harun USLU², Kevser ÖZDEMİR BAYÇINAR³, Bünyamin GÖKTAŞ^{2,4},
Muhammed GÜNGÖREN⁵, Mevlüt ALATAŞ⁶

¹ Firat University, Vocational School of Health Services, Department of Medical Services and Technique, Elazığ, TÜRKİYE

² Firat University, Faculty of Pharmacy, Department of Pharmaceutical Chemistry, Elazığ, TÜRKİYE

³ Firat University, Faculty of Pharmacy, Department of Pharmacognosy, Elazığ, TÜRKİYE

⁴ Anadolu University, Department of Pharmaceutical Chemistry, Graduate School, Eskisehir, Türkiye

⁵ Firat University, Faculty of Pharmacy, Department of Pharmacognosy, Elazığ, TÜRKİYE

⁶ Mardin Artuklu University, Vocational School of Health Services, Department of Medical Services and Technique, Mardin, TÜRKİYE

⁶ Munzur University, Tunceli Vocational School, Tunceli, TÜRKİYE

Received: 23 May 2025

Revised: 17 June 2025

Accepted: 18 June 2025

Abstract

Phytochemical studies show that mosses can produce a range of bioactive chemicals that enhance defense mechanisms and ecological resilience. This study aims to investigate the phytochemical constituents and pharmacological potential of *Brachythecium glareosum* (Bruch ex Spruce) Schimp. to understand their bioactive potential and to stimulate future research into bryophyte-derived natural products. It also aims to be one of the first studies on *B. glareosum* in terms of phytochemicals and bioactivity. HPLC analysis revealed the presence of several phenolic compounds in the extract of *B. glareosum*. The study revealed the *in silico* antifungal potential of some phenolic compounds. It has been calculated that 2,5-Dihydroxybenzoic acid and 3,4-Dihydroxybenzoic acid compounds will inhibit Cytochrome P450 14Alpha-Sterol Demethylase (Cyp51) of *Mycobacterium tuberculosis* at the micromolar level. The study suggests that using more advanced methods to analyze *B. glareosum* could help find more useful compounds that can be used for treatment. Further biological assays are warranted to validate the antifungal activity indicated by *in silico* predictions.

Keywords: Bryophyte, Phytochemistry, Antifungal Activity, Phenolic Compounds, *In Silico*

Brachythecium glareosum (Bruch ex Spruce) Schimp. türünün fitokimyasal profillemesi ve *in silico* destekli antifungal potansiyelinin ön değerlendirmesi

Öz

Bu çalışma, *Brachythecium glareosum* (Bruch ex Spruce) Schimp.'un fitokimyasal bileşenlerini ve farmakolojik potansiyelini araştırmayı, biyoaktif potansiyellerini anlamayı ve briyofit türevi doğal ürünlerle ilgili gelecekteki araştırmaları teşvik etmeyi amaçlamaktadır. Ayrıca, fitokimyasal ve biyoaktivite açısından *B. glareosum* üzerine yapılan ilk çalışmalardan biri olmayı hedeflemektedir. HPLC analizi, *B. glareosum* özütünün bazı fenolik bileşiklerinin tespitini ortaya koymuştur. Bazı fenolik bileşiklerin *in silico* antifungal potansiyeli ortaya çıkarılmıştır. 2,5-Dihidroksibenzoik asit ve 3,4-Dihidroksibenzoik asit bileşiklerinin, *Mycobacterium tuberculosis*'in Sitokrom P450 14Alfa-Sterol Demetilaz'ını (Cyp51) mikromolar düzeyde inhibe ettiği hesaplanmıştır. Bu çalışma, *B. glareosum*'un fenolik profilinin daha geniş analitik tekniklerle genişletilmesinin terapötik açıdan önemli ek biyoaktif bileşikler ortaya çıkarabileceğini öne sürmektedir. *In silico* tahminlerle belirtilen antifungal aktiviteyi doğrulamak için daha fazla biyolojik analiz yapılması gerekmektedir.

Anahtar kelimeler: Briyofit, Fitokimyasal, Antifungal Aktivite, Fenolik Bileşikler, *In Silico*

* Corresponding author: zcambay@firat.edu.tr

To cite this article: Çambay Z. Uslu H. Özdemir Bayçınar K. Göktas B. Güngören M. Alataş M. 2025. Phytochemical profiling of *Brachythecium glareosum* (Bruch ex Spruce) Schimp. and preliminary *in silico* assessment of antifungal potential. *Anatolian Bryology*. 11:1, 44-51.



This work is licensed under a Creative Commons Attribution Non-Commercial 4.0 International License

1. Introduction

Bryophytes are a widely distributed and poorly studied group of plants worldwide, with an estimated number of 22,000-25,000 species (Asakawa and Ludwiczuk, 2013; Frahm, 2004). It is a moss belonging to the Bryophyta division, Bryopsida class, Hypnales order, Brachytheciaceae family. It is one of the 13 taxa of the *Brachythecium* genus in our country (Kürschner and Erdağ, 2021; Kürschner and Frey, 2011).

Bryophytes, including mosses, liverworts, and hornworts, are early land plants with remarkable biochemical diversity despite their relatively simple morphology. The genus *Brachythecium* (family: Brachytheciaceae) constitutes a prevalent and taxonomically diverse group among mosses (Ignatov and Huttunen, 2002). Species in this genus are increasingly being studied not just for their ecological services, but also for their potential and unique secondary metabolites. Some phytochemical investigations indicate that mosses can produce a range of bioactive chemicals, including phenolics, terpenoids, fatty acids, and sterols, which enhance their defensive mechanisms and ecological flexibility (Asakawa, 2007; Frahm, 2004).

Although the medical use of bryophytes seems to have been around for a few decades, these plants have been used as natural medicines for centuries, mostly in Asian countries (Asakawa, Tori, Masuya, and Frahm, 1990; Bodade, Borkar, Saiful, and Khobragade, 2008; Zinsmeister, Becker, and Eicher, 1991). Despite limited research, *Brachythecium* species have demonstrated potential antibacterial, antioxidant, and anti-inflammatory properties in preliminary screenings. In particular, *Brachythecium rutabulum* extracts exhibit inhibitory activity against prevalent bacterial and fungal pathogens, indicating their potential application in natural antimicrobial formulations. A study on methanolic extracts of 15 mosses showed that among the extracts *Brachythecium populeum* and *Brachythecium rutabulum* exhibit noteworthy antimicrobial potential, demonstrating inhibitory activity against bacteria including *Bacillus subtilis*, *Bacillus cereus*, *Escherichia coli*, *Pseudomonas aeruginosa*, and *Staphylococcus aureus*, as well as fungi such as *Aspergillus flavus*, *Candida albicans*, and *Trichophyton rubrum* (Kabadere, Birgi, Vatan-Öztopçu, İscen, and İlhan, 2021; Singh, Rawat, and Govindarajan, 2007). Furthermore, these extracts exhibit cytotoxic effects on human carcinoma cell lines and possess notable antioxidant properties (Ahmed et al., 2017; Klavina et al., 2015; Smolińska-Kondla et al., 2022). A comparative investigation on *Brachythecium populeum* revealed that the antioxidant activity (DPPH and ABTS) and

the total polyphenol and flavonoid levels of the ethanol extract exceeded the values of the water extract by more than threefold. Furthermore, the MTT assay indicated that neither extract exhibited cytotoxicity. The anti-inflammatory potential of the ethanol extract was assessed by measuring the suppression of nitric oxide and inflammatory cytokine production (Park and Lee, 2023).

The pharmacological properties of *Brachythecium* species are highly relevant to their secondary metabolite composition. It has been reported that compounds such as flavonoids, triterpenoids and aromatic acids identified in different moss species have free radical scavenging, cell proliferation inhibitory and enzyme inhibitory properties (Rios and Recio, 2005). The lipid and sterol content of mosses contributes to their structural integrity and interactions with biological membranes, suggesting that these substances may exhibit cytotoxic or protective effects in pharmaceutical applications (Klavina et al., 2015). The LC-HRESIMS analysis of the methanolic extract performed by Elkhateeb and Daba revealed that *Brachythecium velutinum* included flavonoids (hyperoside, robinetin, and scutellarein) and terpenes (bufotalin, dantaxusin A, moreollic acid, taxuspines B and C, dihydroisomorellin, etc.). Additionally, *Brachythecium rutabulum* was found to contain sterigmatocystin (a xanthene molecule) and propinquin B (a polyketide), both recognized for their cytotoxic properties, along with taxuspines B and C and schisantherin I. Furthermore in another study the HPLC results indicated that the phenolic acid content of the immature capsule extract of *Brachythecium rutabulum* comprised gallic acid, vanillic acid, and caffeic acid, whereas the shoot extract contained gallic acid and trans-cinnamic acid. Following the hydrolysis of the extracts, a significant quantity of ferulic acid was identified (Davidson, Harborne, and Longton, 1989; Elkhateeb and Daba, 2020).

This study presents a preliminary phytochemical screening of *B. glareosum*, aiming to identify key phenolic compounds and assess their potential antifungal interactions through computational docking analyses. To our knowledge, this is the first such study on this species.

2. Materials and Methods

2.1. Plant material and extraction process

The powdered plant was macerated with 70% ethanol for 3 days by rotating on a rotavapor for 1 hour. After filtering, it was evaporated to dryness on a rotavapor. The yield of the extract was determined as 8.50%. The research materials were collected from Amcabey Alabalık Surrounding, Ulukışla

(Niğde), located in the C13 (Figure 1). Square in Turkey according to the Henderson (Henderson, 1961) grid system. *B. glareosum*; It is a taxon that spreads in dry basic soils, rocks, coasts, grasses and open forest areas, and loves semi-arid and semi-

neutral shade environments (Dierssen, 2001; Smith, 2004) (Table 1). The bryophyte specimen (*B. glareosum*) used in the study is preserved in the bryophyte collection of ALATAŞ (Tunceli) with the Herbarium number ALT 4632.

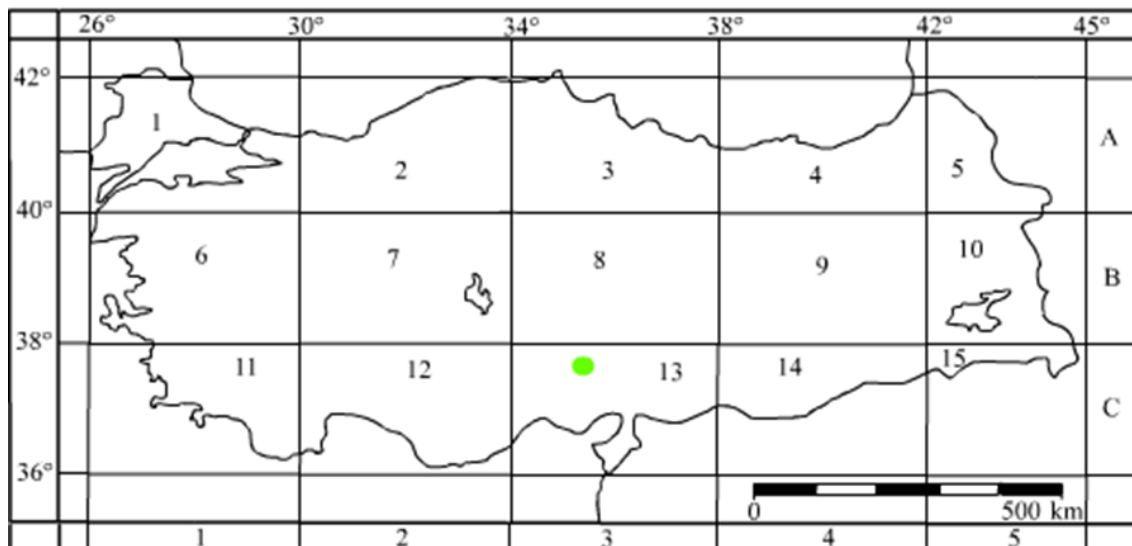


Figure 1. According to the Turkish grid system, the locality where the bryophyte sample was taken

Table 1. Locality information

Locality	Altitude (m)	Date	GPS Record
Amcabey Alabalık Surroundings, Ulukışla, Niğde (Green Dot)	1216	13.09.2024	34°41'28.80"E, 37°28'47.27"N

2.2. Phenolic content

HPLC grade methanol was purchased from J.T. Baker, Acetonitrile was purchased from Isolab and all other chemicals were purchased from Merck. 8.5mg (425 mg/ml) of the aboveground parts of *B. glareosum* was taken and closed in an airtight bottle. Alliance e2695 HPLC device and C18 (250x4.56mm.5µ) column were used to determine the phenolic compounds of the aboveground parts of *B. glareosum*. Phosphoric acid (pH 2) and Methanol (90): Acetonitrile (10) were used as mobile phases. The flow rate was set as 0.8 ml/min. The wavelength was determined as 280 nm and a Diode array detector was used. The injection volume was 20 µL and the temperature was 30°C. The results were taken with the Empower 3 program (Pirisi, Cabras, Cao, Migliorini, and Muggelli, 2000; Veneziani et al., 2018).

2.3. Molecular docking

The compounds detected in the phenolic components of *B. glareosum* were plotted to get SMILES from PubChem (<https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov>). The two substances found in the highest amounts in the extract were identified and the molecular docking process was applied to these substances. Energy

minimization of two components were performed with the ChemOffice software. To evaluate 1EA1-antifungal activity, molecular docking studies were performed using the standard procedure to determine the binding modes and docking scores of the two compounds detected in *B. glareosum* extract two phenolic components at the active sites of the 1EA1 (Podust, Poulos, and Waterman, 2001). The macromolecule crystal structures was retrieved from the Protein Data Bank server (<https://www.rcsb.org/>, accessed 23 May 2025) and optimized with Schrödinger Maestro (Maestro, 2024). Molecular docking was performed with both Autodock and Autodock Vina programs (Eberhardt, Santos-Martins, Tillack, and Forli, 2021; Huey, Morris, Olson, and Goodsell, 2007). Since we had previously worked with this macromolecule for 1EA1, Fluconazole (Pdb ID: TPF) was re-docked into the target site of the macromolecule to validate the docking program and the RMSD value was found to be appropriate (<1) (Unver, Uslu, Gurhan, and Goktas, 2024).

3. Results and Discussion

3.1. Phenolic content

According to the results of the applied HPLC analysis, 7 phenolic components were determined

B. glareosum extract (Table 2). Two of these compounds were detected at very high concentrations compared to the others. 3,4-Dihydroxybenzoic acid was found at 16.897 ppm and 2,5-Dihydroxybenzoic acid was found at 6.848 ppm. Other compounds obtained were detected in the range of 2.335 ppm to 0.094 ppm (Table 2).

3.2. Molecular docking

The active binding sites of the macromolecule (Pdb ID: 1EA1) have been previously determined in the protein data bank (Podust et al., 2001). Docking studies were performed to see the interaction modes

of the two phenolic compounds detected at the highest concentration in the *B. glareosum* extract with the active site of the macromolecule. Binding types and associated residues were generated in detail by Maestro Software (Table 3, Figure 2-5). Some residues previously identified as important for the interaction Mycobacterium tuberculosis in complex with fluconazole were described in detail in our previous study (Göktaş et al., 2024; Unver et al., 2024). The interaction modes with 1EA1 for 2,5-Dihydroxybenzoic acid and 3,4-Dihydroxybenzoic acid were visualized in 2D and 3D with the Maestro program (Maestro, 2024).

Table 2. Chemical compositions of the phenolic components of *B. glareosum* extract.

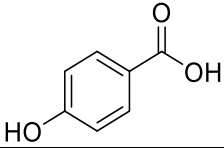
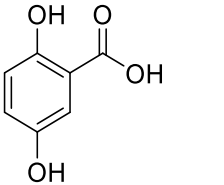
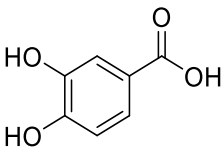
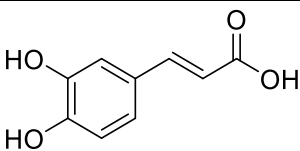
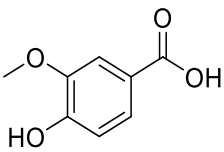
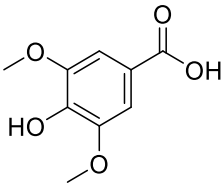
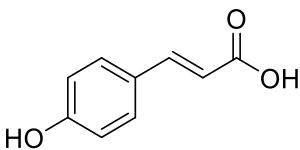
No	Compound	Chemical Structure	ppm	R ²
1	4-Hydroxybenzoic acid		0.681	0.999800
2	2,5-Dihydroxybenzoic acid		6.848	0.999979
3	3,4-Dihydroxybenzoic acid		16.897	0.997677
4	Caffeic acid		0.346	0.999713
5	Vanillic acid		2.335	0.999671
6	Syringic acid		1.266	0.983057
7	<i>p</i> -Quamaric acid		0.094	0.999736

Table 3. Molecular docking scores and estimated inhibition constants of Chemical compositions of phenolic components of *B. glareosum* extract and 1EA1.

Compounds	Autodock Results		Vina Results
	Estimated Inhibition Constant, Ki	Best Docking Score	Best Docking Score
2,5-Dihydroxybenzoic acid	88.91 μ M	-5.53	-6.2
3,4-Dihydroxybenzoic acid	82.84 μ M	-5.57	-6.3

μ M: micromolar, Docking Score: Estimated Free Energy of Binding (kcal/mol)

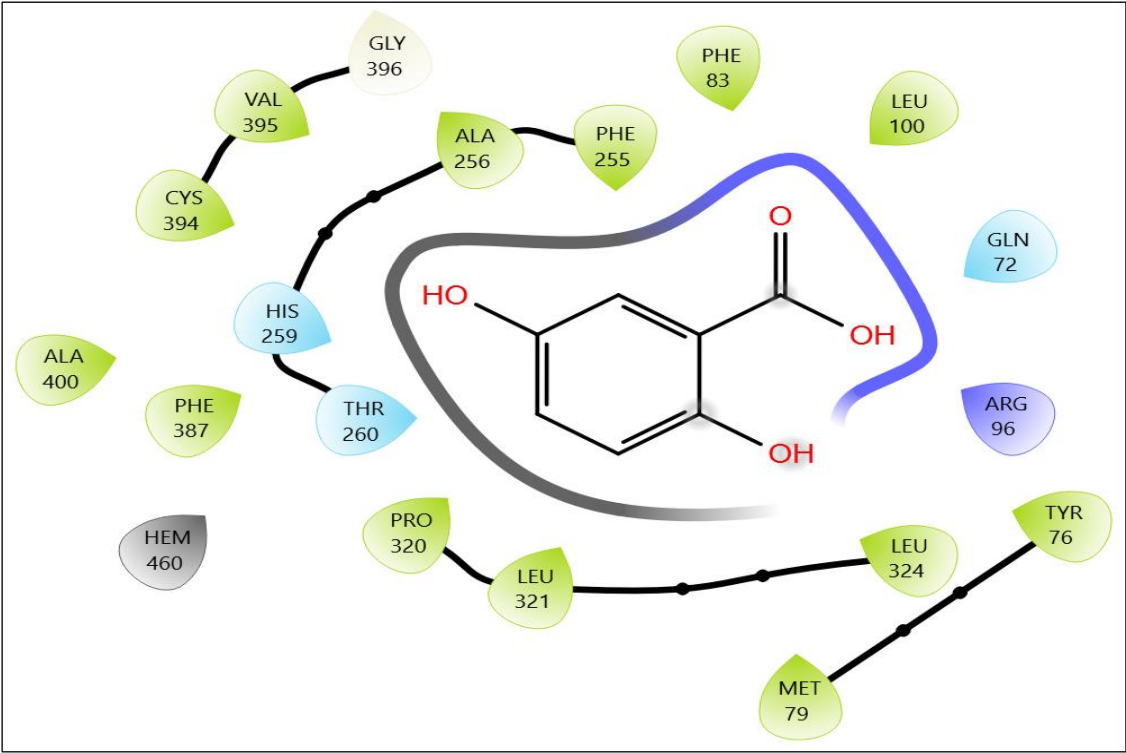


Figure 2. 2D interaction diagram with 1EA1 for 2,5-Dihydroxybenzoic acid.

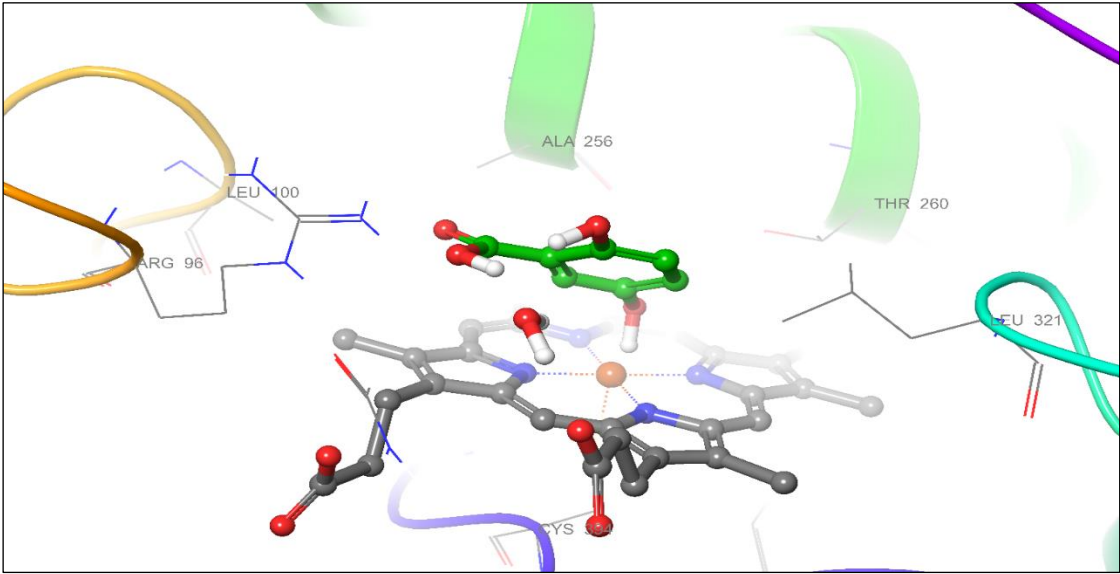


Figure 3. 3D interaction diagram with 1EA1 for 2,5-Dihydroxybenzoic acid.

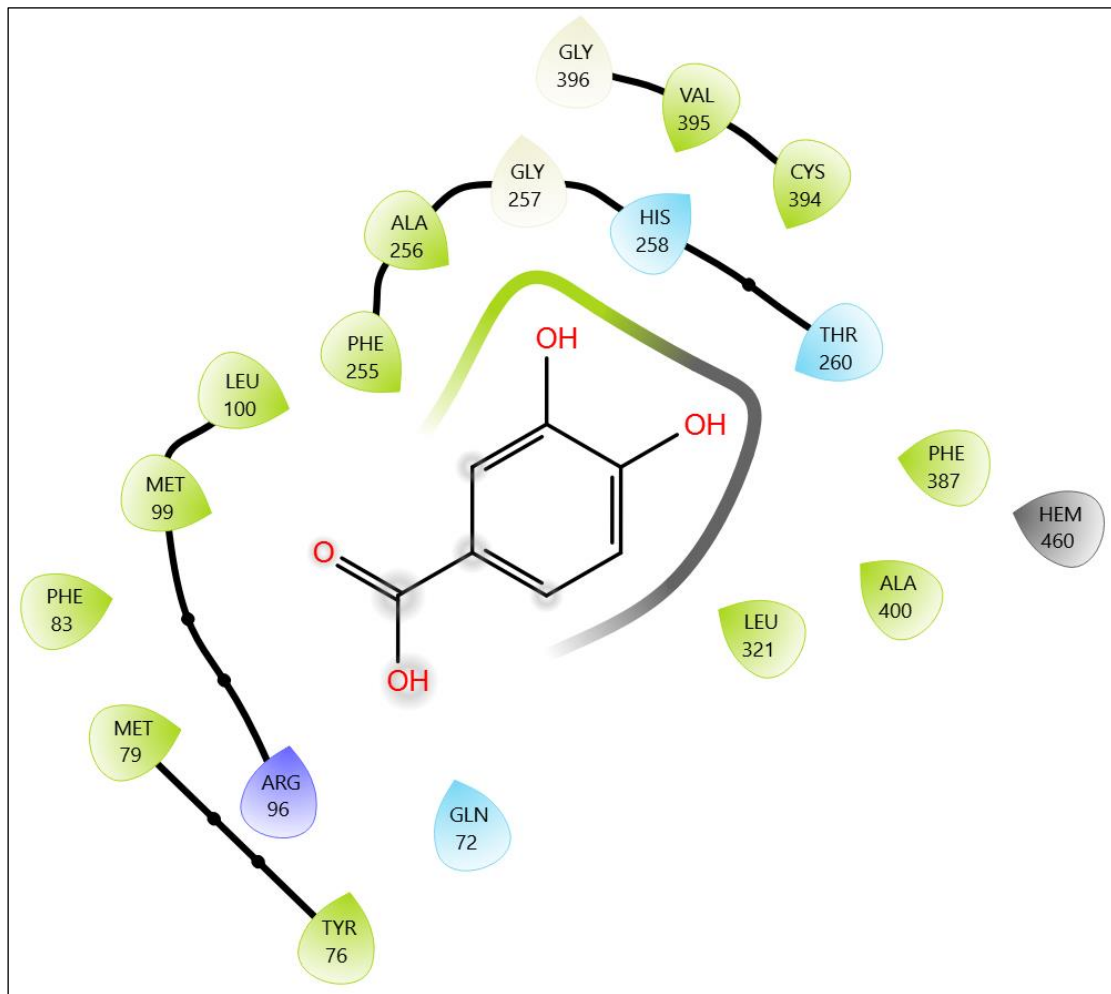


Figure 4. 2D interaction diagram with 1EA1 for 3,4-Dihydroxybenzoic acid.

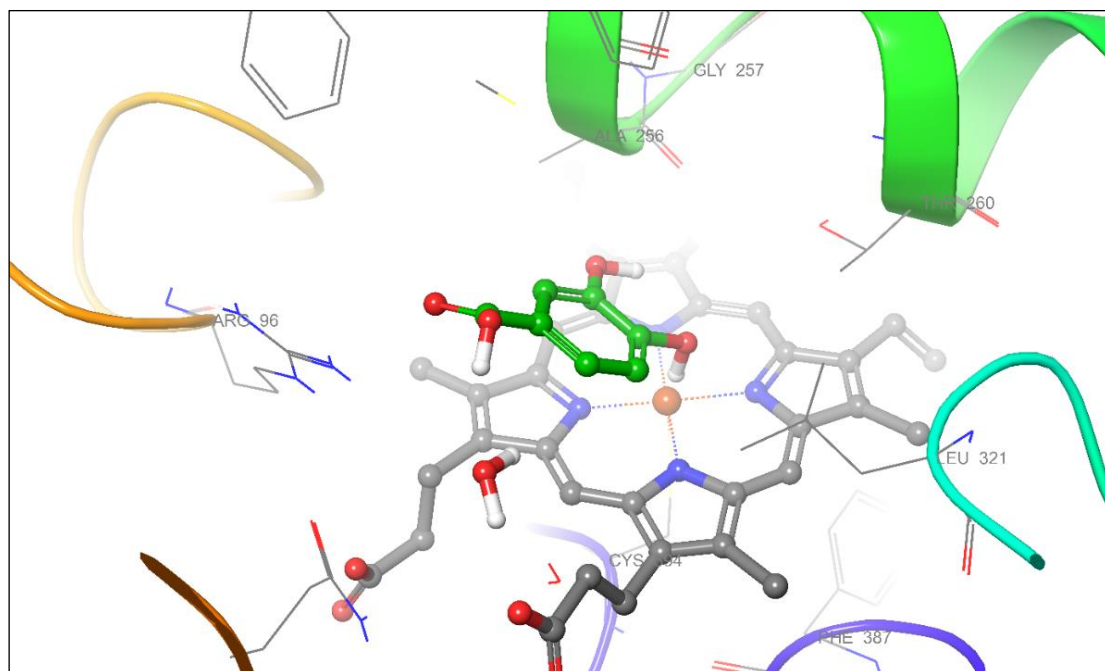


Figure 5. 3D interaction diagram with 1EA1 for 3,4-Dihydroxybenzoic acid.

In conclusion, this study was carried out to reveal the *in silico* antifungal potential of phenolic components of *B. glareosum* extract. HPLC analysis revealed the detection of some phenolic compounds. Molecular docking study revealed dock scores and interacting residues. Compounds 2,5-Dihydroxybenzoic acid and 3,4-Dihydroxybenzoic acid were computationally found to inhibit Mycobacterium Tuberculosis Cytochrome P450 14Alpha-Sterol Demethylase (Cyp51) at micromolar levels. Although molecular dock scores were good with 1EA1 selected for antifungal activity study, it was determined that no interaction such as hydrogen bonding, pi interaction was observed when the relevant images were examined. If the phenolic content determination can be expanded in terms of the number of compounds, antifungal activity research can be improved in this respect.

In conclusion, this study, in which some phenolic contents of *B. glareosum* were determined and its antifungal activity was investigated *in silico*, will constitute a resource for other studies to be conducted in the future.

Declaration

Author contributions: Concept, ZÇ; Conception and design, ZÇ, HU; Supervision consultancy, MA; Resources, BG, KÖB; Materials, MA, ZÇ; Data collection and/or processing, ZÇ, KÖB; Analysis and/or interpretation, MG, HU, BG; Literature search, ZÇ, KÖB, MA; Writing stage, ZÇ; Critical review, MA, ZÇ.

Conflict of interest: The authors have no competing interests to declare regarding the content of this article.

Funding: The authors declare that no funding, grant or other support was received during the preparation of this article.

Ethical approval: This research did not involve human or animal subjects and therefore does not require ethical approval.

References

Ahmed E. F. Elkhateeb W. A. Taie H. A. Rateb M. E. Fayad W. 2017. Biological capacity and chemical composition of secondary metabolites from representatives Japanese lichens. *Journal of Applied Pharmaceutical Science*. 7:1, 098-103.
Asakawa Y. 2007. Biologically active compounds from bryophytes. *Pure and Applied Chemistry*. 79:4, 557-580.

Asakawa Y. Ludwiczuk A. 2013. Bryophytes: liverworts, mosses, and hornworts: extraction and isolation procedures. *Metabolomics tools for natural product discovery: Methods and protocols*. 1-20.
Asakawa Y. Tori M. Masuya T. Frahm J.-P. 1990. Ent-sesquiterpenoids and cyclic bis (bibenzyls) from the german liverwort *Marchantia polymorpha*. *Phytochemistry*. 29:5, 1577-1584.
Bodade R. Borkar P. Saiful A. Khobragade C. 2008. In vitro screening of bryophytes for antimicrobial activity.
Davidson A. Harborne J. Longton R. 1989. Identification of hydroxycinnamic and phenolic acids in *Mnium hornum* and *Brachythecium rutabulum* and their possible role in protection against herbivory. *The Journal of the Hattori Botanical Laboratory*. 67: 415-422.
Dierssen K. 2001. 2001. Distribution, ecological amplitude and phytosociological characterization of European bryophytes. *Bryophytorum Bibliotheca* 56.
Eberhardt J. Santos-Martins D. Tillack A. F. Forli S. 2021. AutoDock Vina 1.2. 0: New docking methods, expanded force field, and python bindings. *Journal of chemical information and modeling*. 61:8, 3891-3898.
Elkhateeb W. A. Daba G. M. 2020. Occurrence of terpenes, polyketides, and tannins in some Japanese lichens and green mosses. *Egyptian Pharmaceutical Journal*. 19:3, 216-223.
Frahm J.P. 2004. Recent developments of commercial products from bryophytes. *The bryologist*. 107:3, 277-283.
Göktas B. Osmaniye D. Levent S. Özkan B. N. S. Özkay Y. Kaplancıklı Z. A. 2024. Design, synthesis, and investigation of biological activities of new triazole derivatives with antifungal effect. *Journal of Molecular Structure*. 1310, 138277.
Henderson D. M. 1961. Contribution to the bryophyte flora of Turkey. *Notes from the Royal Botanic Garden Edinburgh*. 10, 279-301.
Huey R. Morris G. M. Olson A. J. Goodsell D. S. 2007. A semiempirical free energy force field with charge-based desolvation. *Journal of computational chemistry*, 28:6, 1145-1152.
Ignatov M. Huttunen S. 2002. *Brachytheciaceae* (Bryophyta)-a family of sibling genera. *Arctoa*. 11: 245-296.
Kabadere S. Birgi F. Vatan-Öztopçu P. İscen C. F. İlhan S. 2021. Some Biological Activities of the Moss *Brachythecium populeum* (Hedw.)

- Bruch, Schimp. & W. Gumbel (Bryophyta). Gazi University Journal of Science. 1-1.
- Klavina L. Springe G. Nikolajeva V. Martsinkevich I. Nakurte I. Dzabijeva D. Steinberga I. 2015. Chemical composition analysis, antimicrobial activity and cytotoxicity screening of moss extracts (Moss Phytochemistry). *Molecules*. 20:9, 17221-17243.
- Kürschner H. Erdağ A. 2021. Bryophyte locality data from the Near and Middle East 1775-2019 Bryophyta. Vol. 4. Hiperyayın. İstanbul.
- Kürschner H. Frey W. 2011. Liverworts, mosses and hornworts of southwest Asia (Marchantiophyta, Bryophyta, Anthocerotophyta). Nova Hedwigia. Beihefte, Beih. 139.
- Maestro S. 2024. Schrödinger Release 2024-3: LLC, New York, NY.
- Park S.-N. Lee O. H. 2023. Antioxidant and Anti-Inflammatory Activity of *Brachythecium populeum* Extract. *Korean Journal of Clinical Laboratory Science*, 55:3, 174-183.
- Pirisi F. M. Cabras P. Cao C. F. Migliorini M. Muggelli M. 2000. Phenolic compounds in virgin olive oil. 2. Reappraisal of the extraction, HPLC separation, and quantification procedures. *Journal of agricultural and food chemistry*. 48:4, 1191-1196.
- Podust L. M. Poulos T. L. Waterman M. R. 2001. Crystal structure of cytochrome P450 14 α -sterol demethylase (CYP51) from *Mycobacterium tuberculosis* in complex with azole inhibitors. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 98:6, 3068-3073.
- Rios J.-L. Recio M. C. 2005. Medicinal plants and antimicrobial activity. *Journal of ethnopharmacology*. 100:1-2, 80-84.
- Singh M. Rawat A. Govindarajan R. 2007. Antimicrobial activity of some Indian mosses. *Fitoterapia*. 78:2, 156-158.
- Smith A. J. E. 2004. *The moss flora of Britain and Ireland*: Cambridge university press.
- Smolińska-Kondla D. Zych M. Ramos P. Waławek S. Stebel A. 2022. Antioxidant potential of various extracts from 5 common European mosses and its correlation with phenolic compounds. *Herba Polonica*. 68:2, 54-68.
- Unver T. Uslu H. Gurhan I. Goktas B. 2024. Screening of phenolic components and antimicrobial properties of *Iris persica* L. subsp. *persica* extracts by in vitro and in silico methods. *Food Science & Nutrition* 12:9, 6578-6594.
- Veneziani G. Esposto S. Taticchi A. Urbani S. Selvaggini R. Sordini B. Servili M. 2018. Characterization of phenolic and volatile composition of extra virgin olive oil extracted from six Italian cultivars using a cooling treatment of olive paste. *LWT*, 87, 523-528.
- Zinsmeister H. D. Becker H. Eicher T. 1991. Bryophytes, a source of biologically active, naturally occurring material? *Angewandte Chemie International Edition in English*. 30:2, 130-147.



<http://dergipark.org.tr/tr/pub/anatolianbryology>

DOI: 10.26672/anatolianbryology.1705249

Anatolian Bryology
Anadolu Briyoloji
Dergisi
Research Article
e-ISSN:2458-8474
Online



Detection of some phenolic content of *Grimmia ovalis* (Hedw.) Lindb. and investigation of its antimicrobial activity with molecular docking technique

Zafer Çambay¹ , Harun USLU² , Bünyamin GÖKTAŞ^{2,3} , Kevser ÖZDEMİR BAYÇINAR⁴ ,
Ümmügülüm TÜKENMEZ EMRE⁵ , Mevlüt ALATAŞ⁶ 

¹ Fırat University, Vocational School of Health Services, Department of Medical Services and Technique, Elazığ, TÜRKİYE

² Fırat University, Faculty of Pharmacy, Department of Pharmaceutical Chemistry, Elazığ, TÜRKİYE

³ Anadolu University, Department of Pharmaceutical Chemistry, Graduate School, Eskişehir, TÜRKİYE

⁴ Fırat University, Faculty of Pharmacy, Department of Pharmacognosy, Elazığ, TÜRKİYE

⁵ Mardin Artuklu University, Vocational School of Health Services, Department of Medical Services and Technique, Mardin, TÜRKİYE

⁶ Munzur University, Tunceli Vocational School, Tunceli, TÜRKİYE

Received: 23 May 2025

Revised: 17 June 2025

Accepted: 18 June 2025

Abstract

This study aims to investigate the phenolic compounds and pharmacological potential of *Grimmia ovalis* (Hedw.) Lindb. to understand their bioactive potential and to pioneer future research. It also aims to be one of the first studies on *G. ovalis*'s *in silico* bioactivity. HPLC analysis revealed the detection of some phenolic compounds in *G. ovalis* extract. The study revealed the *in silico* antimicrobial potential of some phenolic compounds. We calculated that compounds of 2,5-dihydroxybenzoic acid and caffeic acid would inhibit *Staphylococcus aureus* UDP-N-acetylenolpyruvylglucosamine reductase (MurB) at micromolar levels. We concluded that they interacted with residues crucial for antimicrobial activity on the mentioned macromolecule.

Keywords: Bryophyte, Grimmiaceae, Antimicrobial Activity, Phenolic Compounds, Molecular Docking

Grimmia ovalis (Hedw.) Lindb. Türünün Bazı Fenolik Bileşiklerinin Belirlenmesi ve Moleküler Yerleştirme Tekniği ile Antimikrobiyal Aktivitesinin Araştırılması

Öz

Bu çalışma, *Grimmia ovalis* (Hedw.) Lindb.'in fenolik bileşenlerini ve farmakolojik potansiyelini araştırmayı, biyoaktif potansiyellerini anlamayı ve gelecekteki araştırmalara öncü olmayı amaçlamaktadır. Bununla beraber *in silico* biyoaktivite açısından *G. ovalis* üzerine yapılan ilk çalışmalardan biri olmayı hedeflemektedir. HPLC analizi, *G. ovalis* özütünün bazı fenolik bileşiklerinin tespitini ortaya koymuştur. Bazı fenolik bileşiklerin *in silico* antimikrobiyal potansiyeli ortaya çıkarılmıştır. 2,5-Dihidroksibenzoik asit ve Kafeik asit bileşiklerinin, *Staphylococcus aureus* UDP-N-asetilenolpiruvil glukozamin redüktaz (MurB) üzerinde mikromolar düzeyde inhibisyon yapacağı hesaplanmıştır. Bahsi geçen makromolekül üzerinde antimikrobiyal aktivite için önemli olan kalıntılar ile etkileşime girdiği sonucuna varılmıştır.

Anahtar kelimeler: Briyofit, Antimikrobiyal Aktivite, Fenolik Bileşikler, Moleküler Doklama.

* Corresponding author: zcambay@firat.edu.tr

To cite this article: Çambay Z. Uslu H. Göktaş B. Özdemir Bayçınar K. Tükenmez Emre Ü. Alataş M. 2025. Detection of some phenolic content of *Grimmia ovalis* (Hedw.) Lindb. and investigation of its antimicrobial activity with molecular docking technique. *Anatolian Bryology*. 11:1, 52-58.



This work is licensed under a Creative Commons Attribution Non-Commercial 4.0 International License

1. Introduction

Bryophytes, or non-vascular plants, comprise a substantial and varied category that includes mosses, liverworts, and hornworts, and inhabit numerous ecological niches in terrestrial environments. The genus *Grimmia*, part of the family Grimmiaceae, is a significant ecological group of mosses, predominantly located on rocks and arid surfaces in temperate and hilly areas. However, despite their prevalence in ecosystems, studies on the phytochemical contents and pharmacological potential of *Grimmia* species are quite limited (Delgadillo Moya, 2015; Glime, 2007; Hardman, 2007).

Bryophytes have recently garnered significant scientific interest due to their unique secondary metabolites and resilience to extreme environmental conditions. The displayed features indicate a promising source of bioactive compounds with therapeutic applications (Asakawa and Ludwiczuk, 2018; Rios and Recio, 2005). Research focused on the *Grimmia* genus remains limited.

Initial research indicates that certain *Grimmia* species, including *Grimmia pilifera*, exhibit significant antibacterial and antioxidant properties, potentially attributable to the presence of flavonoids, diterpenes, and other phenolic chemicals (Barwant and Tripathi, 2023; Elibol et al., 2011; Peters et al., 2018). In addition, some species of this genus are considered to have the potential to be a source in the formulation of antibacterial drugs.

The aim of this study is to obtain information on the *in silico* antimicrobial activity of phenolic compounds obtained from the extract of *G. ovalis*. Furthermore, to our knowledge, this study is intended to be one of the first studies on the phytochemical and bioactivity of *G. ovalis*. This will help us understand how it can be used in pharmacology and open the door to future uses in natural product drug discovery.

2. Materials and Methods

2.1. Plant material and extraction process

The powdered plant was macerated with 70% ethanol for 3 days by rotating on a rotavapor for 1h. After filtering, it was evaporated to dryness on a rotavapor. The yield of the extract was determined as 6.15%.

The research materials were collected from Dolin Surroundings (Niğde), located in the C13 (Figure 1). Square in Turkey according to the Henderson (Henderson, 1961) grid system. It is a moss belonging to the Bryophyta division, Bryopsida class, Grimmiiales order, Grimmiaceae family. It is one of the 33 taxa of the *Grimmia* genus in our country (Kürschner and Frey, 2011). *G. ovalis* is a taxon that generally spreads cosmopolitantly on rocks and loves semi-neutral, arid and open environments (Table 1). The bryophyte specimen (*G. ovalis*) used in the study is preserved in the bryophyte collection of ALATAŞ (Tunceli) with the Herbarium number ALT 4620.

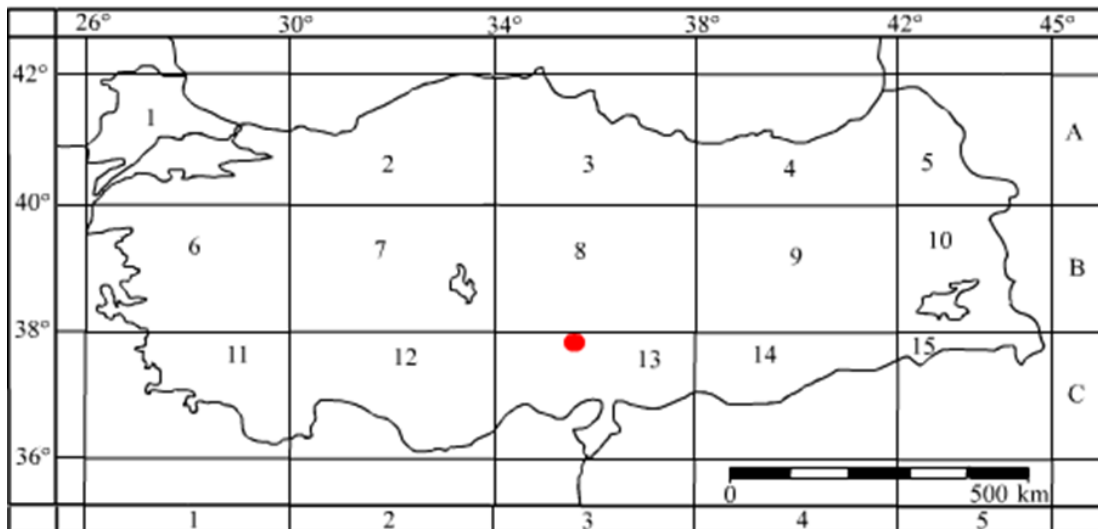


Figure 1. According to the Turkish grid system, the locality where the *Grimmia* sample was taken

Table 1. Locality information

Locality	Altitude (m)	Date	GPS Record
Dolin Surroundings, Niğde (Red Dot)	1690	14.09.2024	34°43'6.37"E, 37°53'40"N

2.2. Phenolic content

HPLC grade methanol was purchased from J.T. Baker, Acetonitrile was purchased from Isolab and all other chemicals were purchased from Merck. 8.0 mg (399.75 mg/ml) of the aboveground parts of *G. ovalis* was taken and closed in an airtight bottle. Alliance e2695 HPLC and C18 column (250 x 4.56mm, 5 μ) was used to determine the phenolic compounds of the aboveground parts of *G. ovalis*. Phosphoric acid (pH 2) and Methanol:Acetonitrile (90:10) were used as mobile phases. The flow rate was set as 0.8 ml/min. The wavelength was determined as 280 nm and photodiode array (PDA) detector was used. The injection volume was 20 μ L and the temperature was 30°C. The results were obtained with the Empower 3 program (Pirisi, Cabras, Cao, Migliorini, and Muggelli, 2000; Veneziani et al., 2018).

2.3. Molecular docking

The compounds detected in the phenolic components of *G. ovalis* were plotted to get SMILES from PubChem (<https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov>). The two substances found in the highest amounts (2,5-Dihydroxybenzoic acid and Caffeic acid) in the extract were identified and the molecular docking process was applied to these substances. Energy minimization of two components were performed with the ChemOffice software. To evaluate 1HSK-antimicrobial activity, molecular docking studies were performed using the standard procedure to determine the binding modes and docking scores of the two compounds detected in *G. ovalis* extract two phenolic components at the active sites of the 1HSK (Benson et al., 2001). The macromolecule crystal structures was retrieved from the Protein Data Bank server (<https://www.rcsb.org/>, accessed 20 May 2025) and optimized with Schrödinger Maestro (Maestro, 2024). Molecular docking was performed with both Autodock and Vina softwares (Eberhardt, Santos-Martins, Tillack, and Forli, 2021; Huey, Morris, Olson, and Goodsell, 2007). Since we had previously worked with this macromolecule for 1HSK, FAD was re-docked into the target site of the macromolecule to validate the docking program and the RMSD value was found to be appropriate (<2) (Unver, Uslu, Gurhan, and Goktas, 2024).

3. Results and Discussion

3.1. Phenolic content

According to the results of the applied HPLC analysis, 6 phenolic components were determined *G. ovalis* extract (Table 2). Two of these compounds were detected at very high

concentrations compared to the others. 2,5-Dihydroxybenzoic acid was found at 1.219 ppm and Caffeic acid was found at 0.492 ppm and. Other compounds obtained were detected in the range of 0.251 ppm to 0.030 ppm.

3.2. Molecular docking

The active binding sites of the macromolecule (Pdb ID: 1HSK) have been previously determined in the protein data bank (Benson et al., 2001). Docking studies were performed to see the interaction modes of the two phenolic compounds (2,5-Dihydroxybenzoic acid and Caffeic acid) detected at the highest concentration in the *G. ovalis* extract with the active site of the macromolecule. Binding types and associated aminoacids were generated in detail by Maestro Software (Table 3-4, Figure 2-5). Some residues previously identified as important for the interaction Staphylococcus aureus UDP-N-acetylenolpyruvylglucosamine reductase (MurB) were described in detail in previous study (Benson et al., 2001; Unver et al., 2024). In the receptor, waters around the previously identified active site FAD (10Å) were left and all other water molecules were removed. The regular spacing of the grid boxes was determined to be 0.375 Å centered on FAD (40x40x40 Å³). The interaction modes with 1HSK for 2,5-Dihydroxybenzoic acid and Caffeic acid were visualized in 2D and 3D with the Maestro program.

In conclusion, this study was carried out to reveal the *in silico* antimicrobial potential of phenolic components of *G. ovalis* extract. HPLC analysis revealed the detection of some phenolic compounds. Molecular docking study revealed dock scores and interacting residues. Molecular docking scores were good with 1HSK, which was selected for the antimicrobial activity study. In addition, some of the interactions observed and reported to be important between 1HSK and the cofactor (FAD) in previous studies were also observed in the two phenolic compounds we obtained and used in molecular docking studies. These interactions were hydrogen bonding with ASN80 and GLY146 for 2,5-Dihydroxybenzoic acid, and hydrogen bonding with TYR77, ASN80 and SER143 for Caffeic acid.

Consequently, this study, in which some phenolic contents of *G. ovalis* were determined and its antimicrobial activity was investigated by molecular docking technique, will constitute a resource for such studies on bryophytes in the future.

Table 2. Chemical compositions of the phenolic components of *G. ovalis* extract.

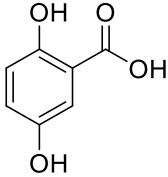
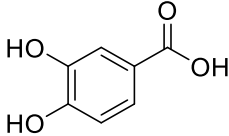
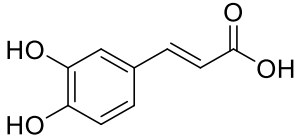
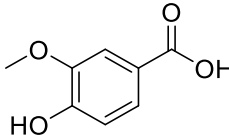
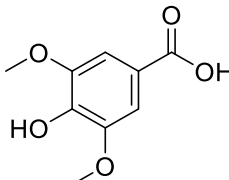
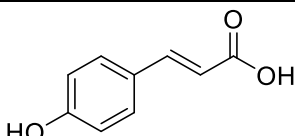
No	Compound	Chemical Structure	ppm	R ²
1	2,5-Dihydroxybenzoic acid		1.219	0.999979
2	3,4-Dihydroxybenzoic acid		0.251	0.997677
3	Caffeic acid		0.492	0.999713
4	Vanillic acid		0.161	0.999671
5	Syringic acid		0.071	0.983057
6	<i>p</i> -Qumaric acid		0.03	0.999736

Table 3. Molecular docking scores and estimated inhibition constants of Chemical compositions of phenolic components of *G. ovalis* and 1HSK.

Compounds	Autodock Results		Vina Results
	Estimated Inhibition Constant, Ki	Best Docking Score	Best Docking Score
2,5- Dihydroxybenzoic acid	24.63 µM	-6.29	-6.8
Caffeic acid	5.94 µM	-7.13	-7.5

µM: micromolar, Docking Score: Estimated Free Energy of Binding (kcal/mol)

Table 4. Interacting residues and interaction types of two phenolic components of *G. ovalis* with 1HSK.

Compounds	Autodock Results	
	Interacting Residues	Interaction Types
2,5- Dihydroxybenzoic acid	ASN80	Hydrogen Bond
	GLY146	Hydrogen Bond
	SER143	Hydrogen Bond
Caffeic acid	TYR77	Hydrogen Bond
	ASN80	Hydrogen Bond
	SER143	Hydrogen Bond

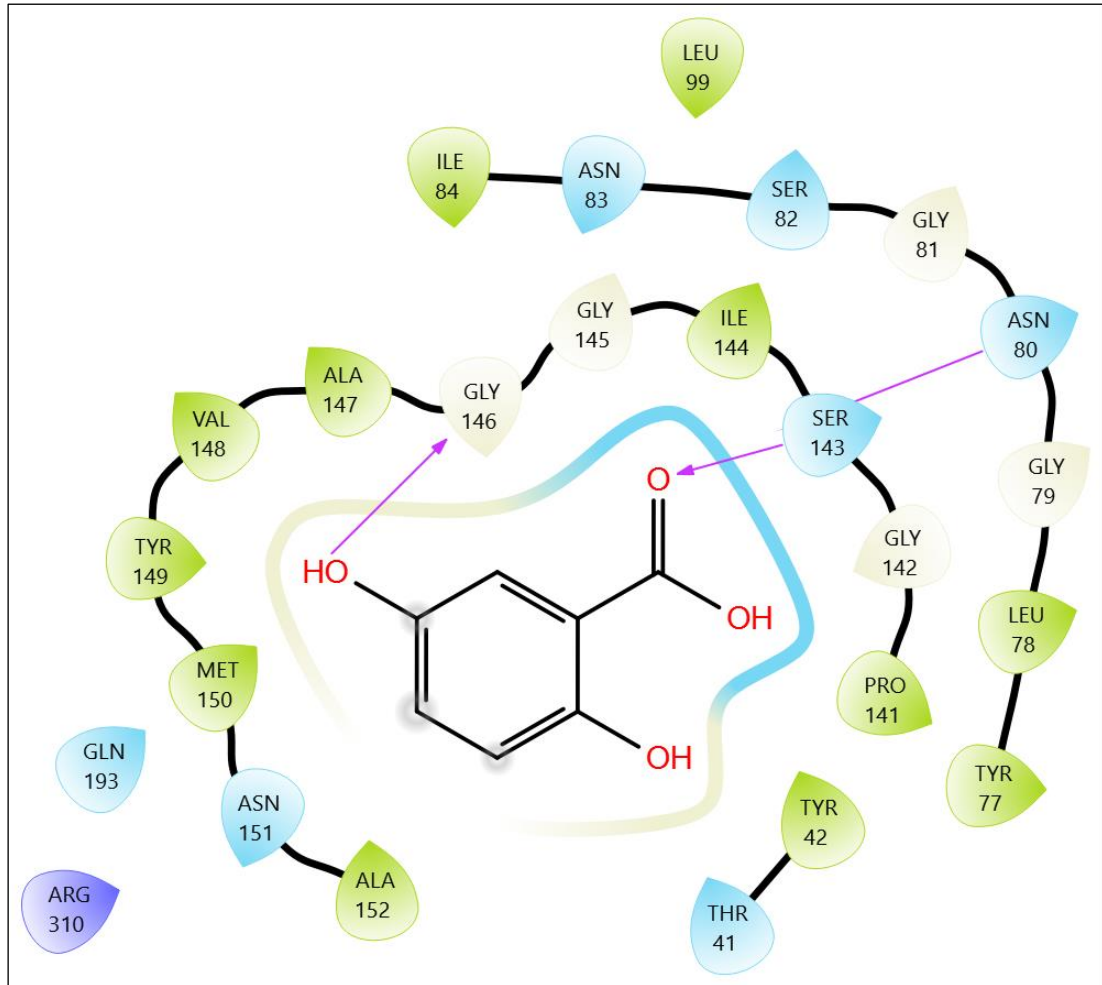


Figure 2. 2D interaction diagram with IHSK for 2,5-Dihydroxybenzoic acid (Purple arrow: H-Bonds).

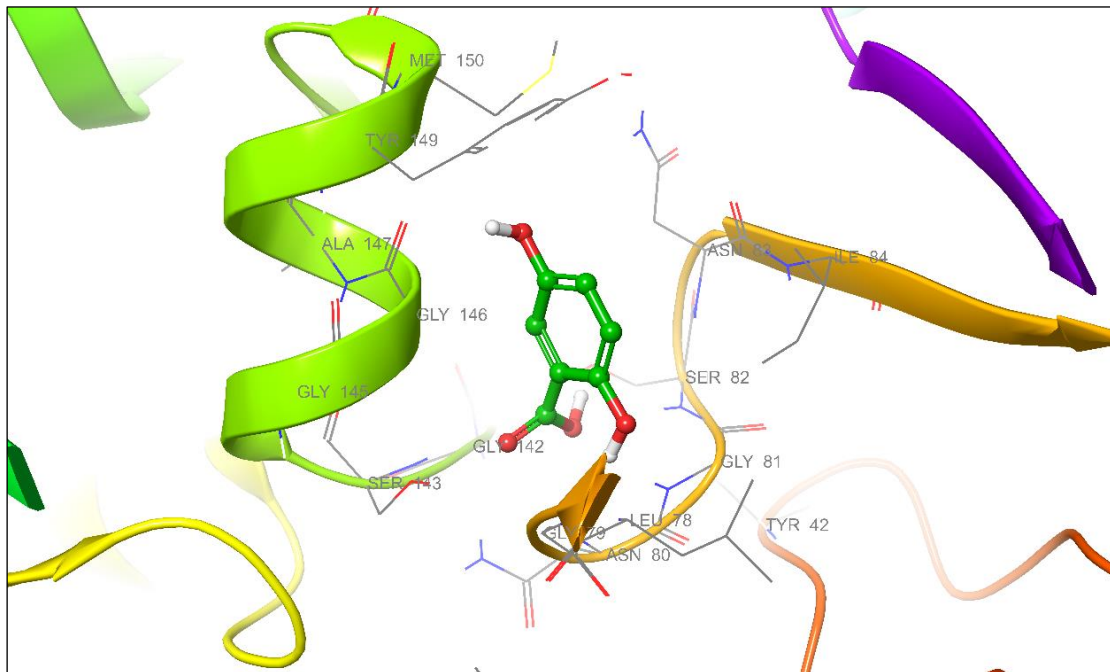


Figure 3. 3D interaction diagram with IHSK for 2,5-Dihydroxybenzoic acid.

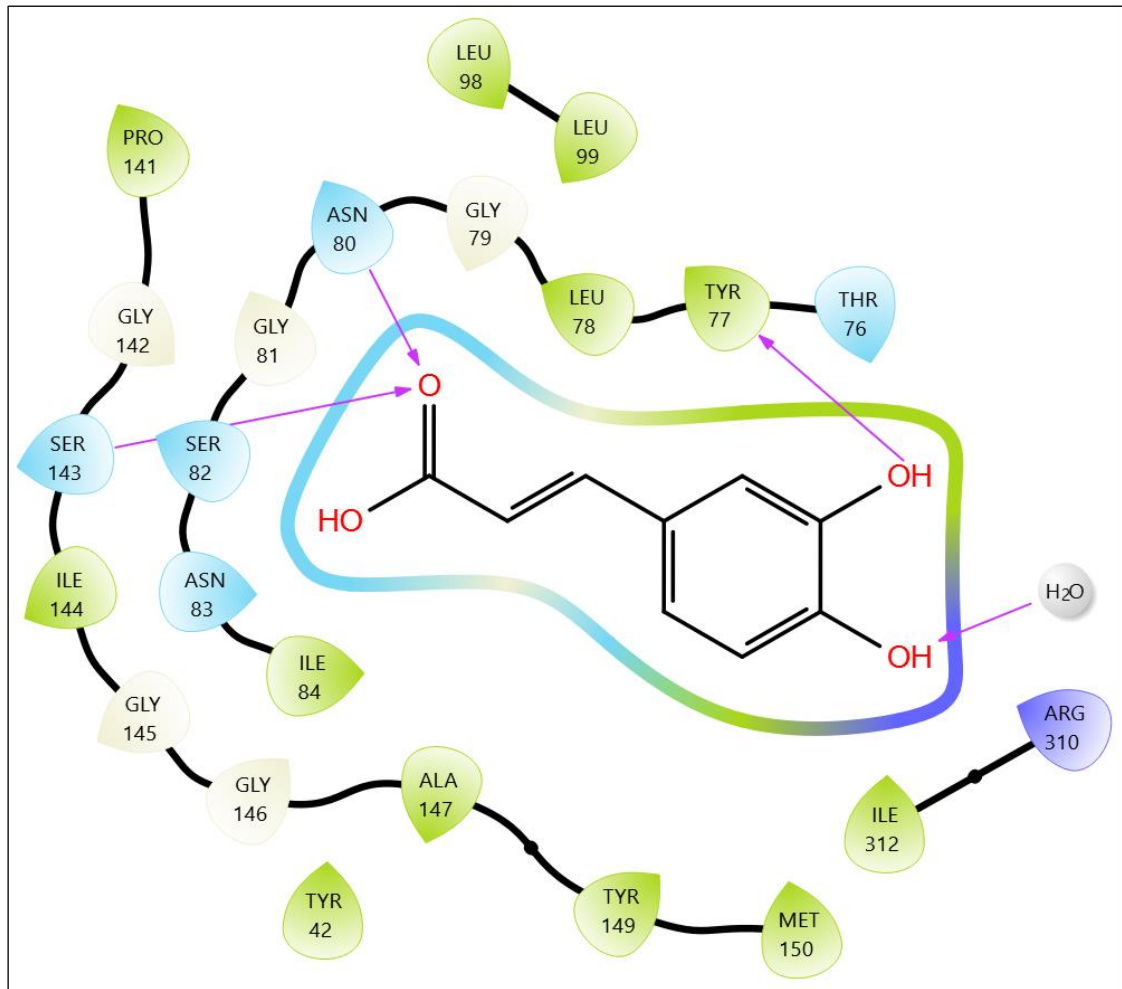


Figure 4. 2D interaction diagram with 1HSK for Caffeic acid (Purple arrow: H-Bonds).

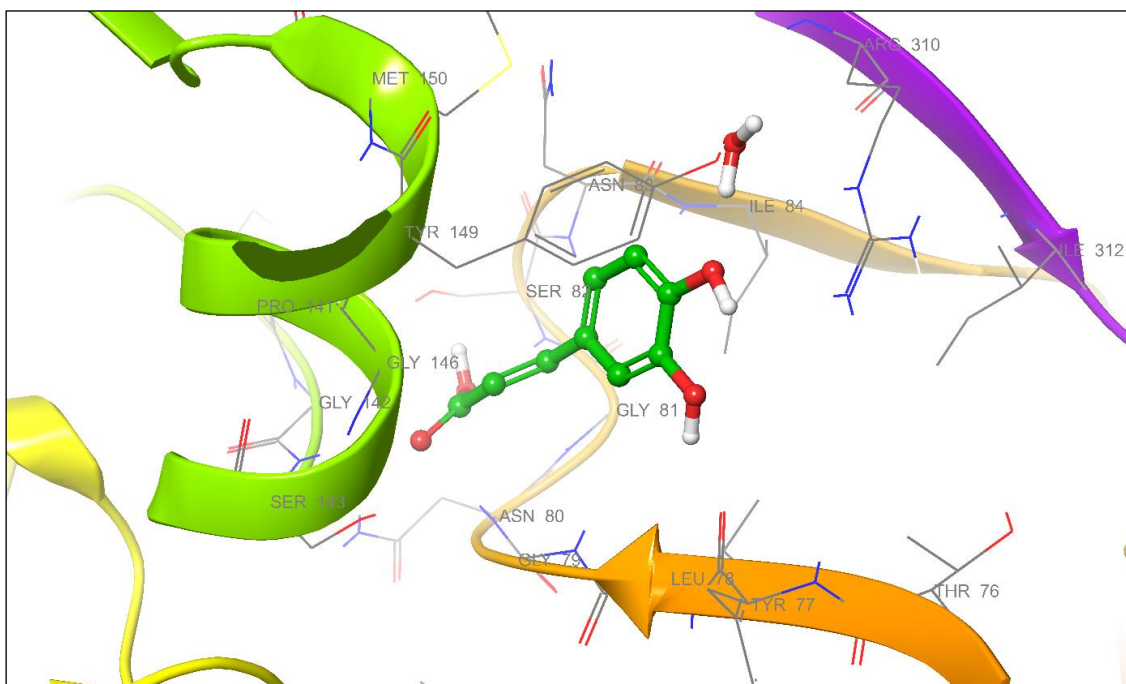


Figure 5. 3D interaction diagram with 1HSK for Caffeic acid.

Declaration

Author contributions: Concept, ZÇ; Conception and design, ZÇ, MA, HU; Supervision consultancy, MA; Resources, BG, KÖB, ÜTE; Materials, MA, ZÇ, ÜTE; Data collection and/or processing, ZÇ, KÖB, BG; Analysis and/or interpretation, ZÇ, HU, BG; Literature search, ZÇ, KÖB, MA; Writing stage, ZÇ; Critical review, MA, ZÇ.

Conflict of interest: The authors have no competing interest to declare regarding the content of this article.

Funding: The authors declare that no funding, grant or other support was received during the preparation of this article.

Ethical approval: This research did not involve human or animal subjects and therefore does not require ethical approval.

References

- Asakawa Y. Ludwiczuk A. 2018. Chemical Constituents of Bryophytes: Structures and Biological Activity. *J Nat Prod.* 81:3, 641-660. doi:10.1021/acs.jnatprod.6b01046.
- Barwant M. Tripathi S. 2023. Research in Mycology Series-II (Issue June). Blue Duck Publications. Srinagar.
- Benson T. E. Harris M. S. Choi G. H. Cialdella J. I. Herberg J. T. Martin J. P. Baldwin E. T. 2001. A Structural Variation for MurB: X-ray Crystal Structure of *Staphylococcus aureus* UDP-N-Acetylenolpyruvylglucosamine Reductase (MurB). *Biochemistry.* 40:8, 2340-2350. doi:10.1021/bi002162d.
- Delgadillo Moya C. 2015. *Grimmia* (Grimmiaceae, Bryophyta) in the Neotropics. Ciudad Universitaria, Delegación Coyoacán.
- Eberhardt J. Santos-Martins D. Tillack A. F. Forli S. 2021. AutoDock Vina 1.2. 0: New docking methods, expanded force field, and python bindings. *Journal of chemical information and modeling.* 61:8, 3891-3898.
- Elilob B. Ezer T. Kara R. Çelik G. Y. Çolak E. 2011. Antifungal and Antibacterial effects of some Acrocarpic Mosses. *African Journal of Biotechnology.* 10:6, 986-989.
- Glime J. 2007. Bryophyte ecology. Volume 1: Physiological ecology. Michigan Technological University and the International Association of Bryologists. In: Houghton.
- Hardman A. 2007. Terrestrial lichen and bryophyte communities of the Blue Mountains in Northeast Oregon.
- Henderson D. M. 1961. Contribution to the bryophyte flora of Turkey. Notes from the Royal Botanic Garden Edinburgh. 10, 279-301.
- Huey R. Morris G. M. Olson A. J. Goodsell D. S. 2007. A semiempirical free energy force field with charge-based desolvation. *Journal of computational chemistry.* 28:6, 1145-1152.
- Kürschner H. Frey W. 2011. Liverworts, mosses and hornworts of southwest Asia (Marchantiophyta, Bryophyta, Anthocerotophyta). Nova Hedwigia. Beihefte, Beih. 139.
- Maestro S. 2024. Schrödinger Release 2024-3: LLC, New York, NY.
- Peters K. Gorzalka K. Bruelheide H. Neumann S. 2018. Seasonal variation of secondary metabolites in nine different bryophytes. *Ecology and Evolution.* 8:17, 9105-9117.
- Pirisi F. M. Cabras P. Cao C. F. Migliorini M. Muggelli M. 2000. Phenolic compounds in virgin olive oil. 2. Reappraisal of the extraction, HPLC separation, and quantification procedures. *Journal of agricultural and food chemistry.* 48:4, 1191-1196.
- Rios J.-L. Recio M. C. 2005. Medicinal plants and antimicrobial activity. *Journal of ethnopharmacology,* 100:1-2, 80-84.
- Unver T. Uslu H. Gurhan I. Goktas B. 2024. Screening of phenolic components and antimicrobial properties of *Iris persica* L. subsp. *persica* extracts by in vitro and in silico methods. *Food Science & Nutrition.* 12:9, 6578-6594.
- Veneziani G. Esposto S. Taticchi A. Urbani S. Selvaggini R. Sordini B. Servili M. 2018. Characterization of phenolic and volatile composition of extra virgin olive oil extracted from six Italian cultivars using a cooling treatment of olive paste. *LWT.* 87: 523-528.



<http://dergipark.org.tr/tr/pub/anatolianbryology>

DOI: 10.26672/anatolianbryology.1707180

Anatolian Bryology
Anadolu Briyoloji
Dergisi
Research Article
e-ISSN:2458-8474
Online



Ankara, Bolu ve Eskişehir Briyofit Floralarına Katkılar

Güray UYAR¹ , Muhammet ÖREN² 

¹Ankara Hacı Bayram Veli Üniversitesi, Polatlı Fen Edebiyat Fakültesi, Biyoloji Bölümü, Polatlı-Ankara, TÜRKİYE

²Zonguldak Bülent Ecevit Üniversitesi, Fen Fakültesi, Biyoloji Bölümü, Zonguldak, TÜRKİYE

Received: 27 May 2025

Revised: 20 June 2025

Accepted: 23 June 2025

Özet

Bu çalışmada, Ankara'nın kuzeybatı ilçeleri Beypazarı, Gündül, Nallıhan, Bolu'nun Kıbrısçık ilçesi ve Eskişehir'in Mihalicçık İlçesinin briyofit florası araştırılmıştır. Araştırma bölgesi, İç Anadolu bölgesinde Ankara'nın kuzey batısında ve batısında step vejetasyonu ile orman vejetasyonları arasında bir geçiş kuşağında bulunmakta olup, Henderson'un Türkiye Kareleme sistemine göre de A2 ve B7 kareleri içerisinde yer almaktadır. Sahip olduğu iklimsel özellikleri ve kendine has topoğrafik yapısı sayesinde floristik açıdan oldukça zengin olan bu bölgenin, şimdiye kadar briyofloristik yapısının aydınlatılması için detaylı bir çalışma yapılmamıştır. Bu eksikliği gidermek amacıyla 2022 yılının Mayıs ve Ekim aylarında araştırma alanının 38 farklı lokalitesinden yaklaşık 800 briyofit örneği toplanmıştır. Toplanan örneklerin değerlendirilmesi sonucunda, bölgeden ciğerotlarından 12 familya ve 12 cinse ait 20 takson ve karayosunlarından ise 31 familya ve 71 cinse ait 166 takson olmak üzere, toplamda 186 tür ve tür altı düzeyde bulunan briyofit taksonu tespit edilmiştir. Bu taksonlardan, *Ptychostomum cyclophyllum* (Schwägr.) J.R.Spence bu çalışma ile Türkiye'den ikinci kez rapor edilmiştir. Ayrıca 14 takson A2 karesi, 9 takson ise B7 karesi için yeni kayıttır.

Anahtar kelimeler: Karayosunları, ciğerotları, flora, Türkiye

Contribution to the Bryophyte Flora of Ankara, Bolu and Eskişehir

Abstract

In this study, the bryophyte flora of the northwestern districts (Beypazarı, Gündül, and Nallıhan) of Ankara, the Kıbrısçık district of Bolu, and the Mihalicçık district of Eskişehir were investigated. The research region is located in a transition zone between steppe vegetation and forest vegetation in the northwest and west of Ankara in the Central Anatolia region, and according to the Henderson grid system, the region is located within the A2 and B7 squares. Until now, detailed study has not been carried out to find out the bryofloristic composition of this region, which is very rich in floristic terms thanks to its climatic characteristics and unique topographical structure. To compensate for this gap, approximately 800 bryophyte samples were collected from 38 different localities of the research area in May and October 2022. As a result of the examination of these specimens, including 20 liverwort taxa belonging to 12 families and 12 genera and 166 moss taxa belonging to 31 families and 71 genera, a total of 186 species and subspecies-level bryophyte taxa were identified from the region. Among them, *Ptychostomum cyclophyllum* (Schwägr.) J.R.Spence was reported for the second time in Türkiye. Additionally, we recorded 14 new taxa in the A2 square and 9 new taxa in the B7 square.

Keywords: Mosses, liverworts, flora, Türkiye

* Corresponding author: gurayuyar@hotmail.com

To cite this article: Uyar G. Ören M. 2025. Contribution to the Bryophyte Flora of Ankara, Bolu and Eskişehir. *Anatolian Bryology*. 11:1, 59-71.



This work is licensed under a Creative Commons Attribution Non-Commercial 4.0 International License

1. Giriş

Türkiye'nin florası, dağlar, ormanlar, bozkırlar ve kumullar gibi farklı habitatları içermesi nedeniyle oldukça çeşitli ve zengindir. Ayrıca, Türkiye, botanik çeşitliliğine katkıda bulunan üç farklı fitocoğrafik bölgenin kesişim noktasında yer almaktadır. Bu sebeplerden ötürü, Türkiye'nin florası inanılmaz sayıda endemik takson barındırır. Türkiye'nin bitki yaşamı yalnızca ekolojik olarak değil, aynı zamanda kültürel ve ekonomik olarak da önemlidir. Şimdiye kadar küçük ve çok gösterişli olmayan vejetatif yapıları nedeniyle, çiçekli bitkileri kadar değer görmese de briyofitler de gösterişli bitkilerin yaşadığı habitatlarda yaşarlar ve Türkiye biyoçeşitliliğine katkıda bulunurlar. Ayrıca, genellikle bozulmuş habitatlara yerleşen ve ilk koloni oluşturarak ekosistem sağlığına katkıda bulunan ilk bitki grubudur.

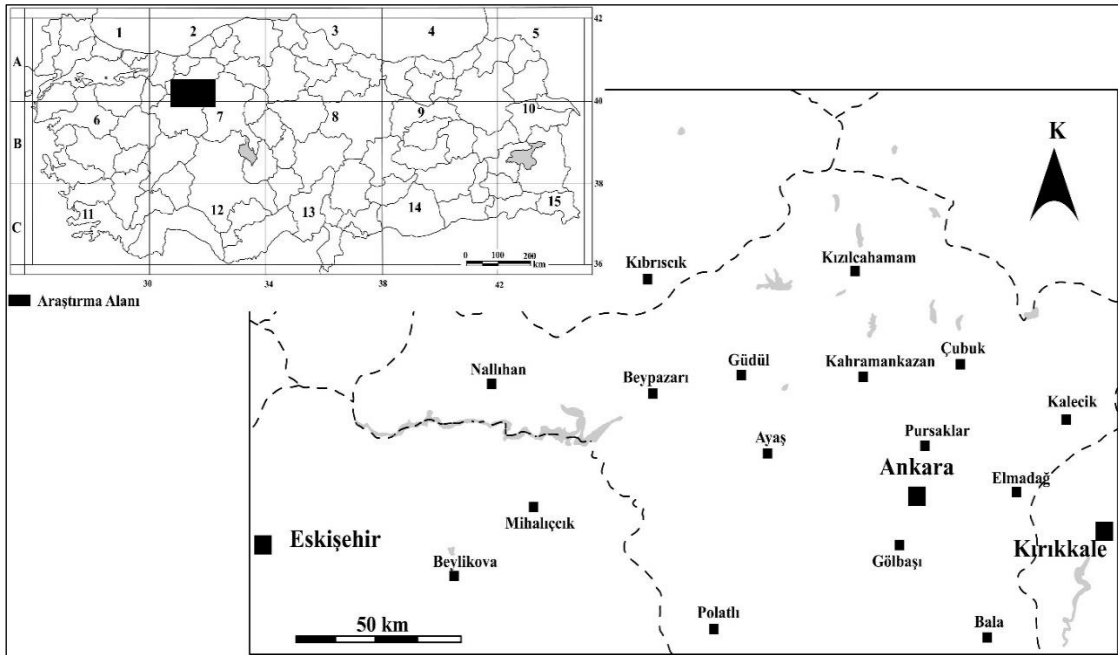
Briyofitler, evrimleşen en eski kara bitkilerindendir. Bu bitki grubu; karayosunları, ciğerotlarını ve boynuz otlarını içeren üç ana bölümden oluşur. Bu çalışmanın amacı Ankara'nın kuzeybatı ilçeleri (Beypazarı, Güdül, Nallıhan), Bolu'nun Kıbrısçık ilçesi ve Eskişehir'in Mihalıççık ilçesinin briyofit floralarına katkı sağlamaktır. Batı Karadeniz ile İç Anadolu Bölgesi arasında geçiş konumunda bulunan araştırma alanı, iklim özellikleri ve kendine özgü topoğrafik yapısı nedeniyle oldukça zengin bir bitki örtüsüne sahiptir. Ayrıca birçok endemik ve nadir bitki türüne de ev sahipliği yapmaktadır. Floristik açıdan oldukça zengin olan bu bölgede tohumlu bitkiler konusunda çok sayıda çalışma yapılmış ve

bölgenin tohumlu bitki florası büyük ölçüde ortaya çıkarılmıştır (Aksoy, 2009; Aydoğdu, 1993; Çakır, vd., 2015; Çelik, 2013; Doğan-Güner ve Duman, 2006; Ergin, 2010; Erik, vd., 1998; Güner, 2000; Karaman, 2004; Pazarcıkçı, 1998; Tarıkahya-Elçi ve Erik, 2005; Türker, 1990; Yılmaz, 1996). Ancak bu bölgede bugüne kadar briyofit florası konusunda herhangi bir çalışma yapılmamıştır.

1.1 Araştırma alanı

Çalışmaya konu olan briyofit örneklerinin toplanma noktaları; Ankara'nın Beypazarı, Nallıhan ve Güdül, Eskişehir ilinin Mihalıççık ve Bolu'nun Kıbrısçık ilçeleri sınırları içerisinde. Örnekleme noktalarından 12, 13 ve 14. noktalar, Henderson (1961) kareleme sistemine göre B7 karesi içerisinde yer alırken diğer noktalar A2 karesinde yer almaktadır (Şekil 1).

Araştırma bölgesinde Üst Miyosen-Paleosen yaşlı Kırmır formasyonu geniş bir alanı kaplamaktadır. Bu formasyon yaygın olarak jips ve kil taşından oluşurken, kum taşı ve kısmen de çamur taşı içermektedir. Sarıyar civarında Üst miyosen yaşlı kireçtaşları bulunmaktadır (Karadenizli, 1995). Nallıhan civarında görülen Paleosen yaşlı kayalar, bazalttan riyolite değişen içeriktedirler. Güdül ilçesinde Tersiyer volkanikleri ve Neojen göl formasyonları geniş alanları kaplamaktadır (URL 2). Alanın genelinde miyosen göl serisinde jipsler haricinde bazalt, andezit, obsidien, tuf ve aglomera oluşumları görülür (Kalafatçıoğlu ve Uysallı, 1965).

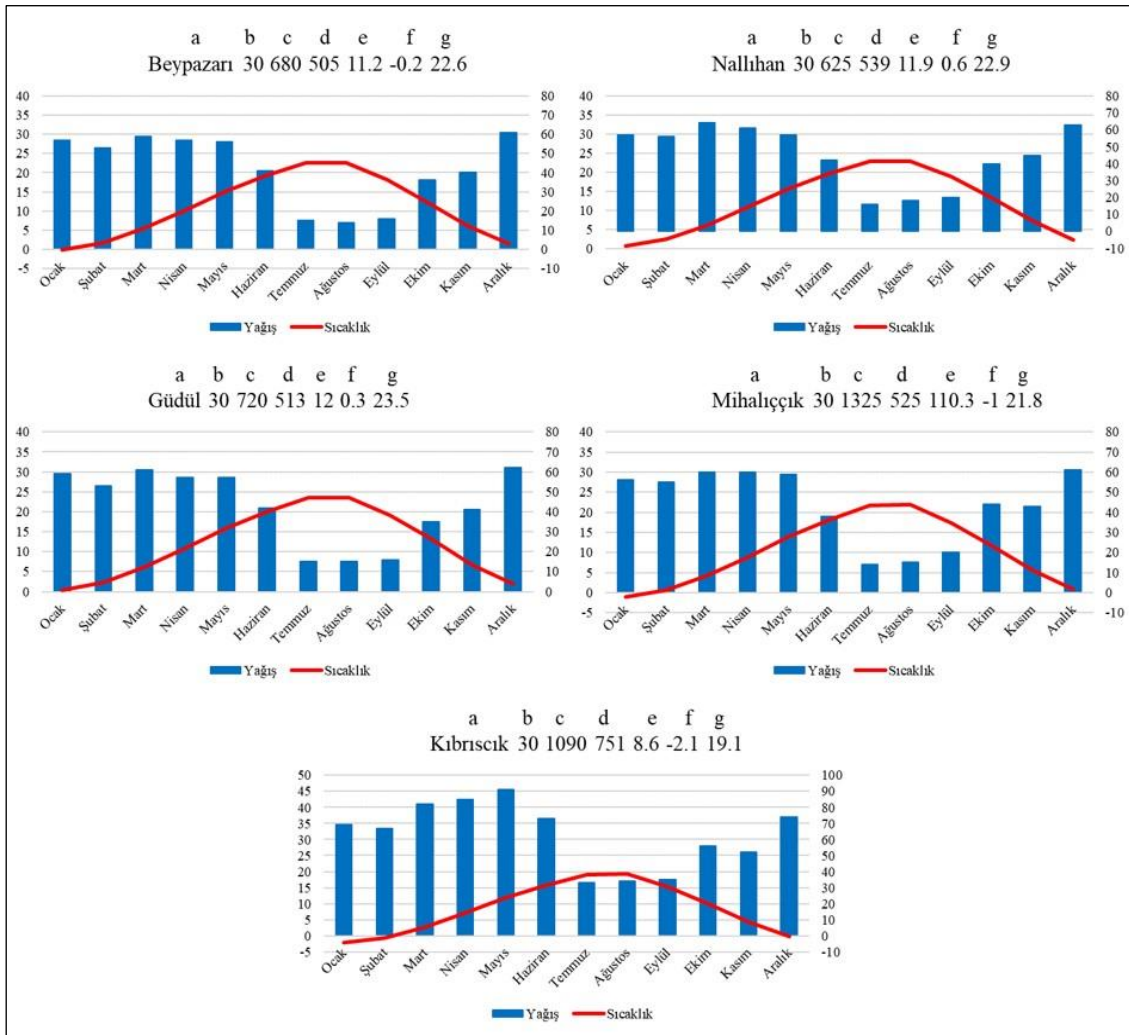


Şekil 1. Araştırma alanının harita üzerindeki konumu ve Henderson (1961) karelemesi.

Alanda step ekosisteminin hakim olduğu alanlarda kahverengi bozkır toprakları geniş yayılım göstermektedir. Kuzey kesimlerde Karadeniz geçiş kuşağını oluşturan ormanlık alanlarda ise kahverengi orman toprakları, derelerin yavaşladığı düz alanlarda alüvyonlu topraklar görülmektedir. Bunun haricinde göl formasyonlarında kumlu, kireçli ve killi topraklar hakimdir (URL 2, 3).

Çalışma alanı sınırları içerisinde yer alan Beypazarı, Nallıhan ve Gündül ilçelerinde Köppen sınıflandırmasına göre (Köppen, 1936), “kış ılık, yazı çok sıcak ve kurak iklim” olarak da tanımlanan “Csa” tipi iklim görülmektedir. Bu ilçelerin genelinde yıllık ortalama sıcaklık 11-12°C ve yıllık toplam yağış 500-550 mm aralığındadır.

Alanda rakımı genel olarak daha yüksek olan Mihaliççık (1325 m) ve Kıbrısık (1090 m) ilçelerinde ise yine Köppen’e göre “Csb” olarak sınıflandırılan bir iklim tipi görülmektedir. “Kış ılık, yazı ılık ve kurak iklim” olarak da tanımlanan bu tipte yazlar, “Csa” iklim tipine göre daha serin geçmektedir. Bu iki ilçenin yıllık sıcaklık ortalaması 8-10°C aralığındadır. Mihaliççık ilçesi yıllık yağış miktarı bakımından diğer ilçelerle benzer bir ortalamaya sahipken (525 mm), Kıbrısık ilçesi 751 mm yağış ile alanın en nemli bölgesidir. Çalışma alanı sınırları içerisinde yer alan ilçelere ait 1991-2021 tarihleri arasındaki verilerden yola çıkılarak hazırlanmış ombrotermik iklim diyagramları Şekil-2’de görülmektedir (URL1).



Şekil 2: Çalışma alanının sınırlarına giren ilçe merkezlerinin ombrotermik iklim diyagramı.

[a: meteoroloji istasyonunun adı, b: gözlem yapılan yıl sayısı, c: istasyonun deniz seviyesinden yüksekliği, d: yıllık toplam yağış miktarı (mm), e: yıllık ortalama sıcaklık (°C), f: en soğuk ayın minimum sıcaklık ortalaması (°C), g: en sıcak ayın maksimum sıcaklık ortalaması (°C).]

Araştırma alanında tarım alanları, step vejetasyonu, kayalık vejetasyon, irili ufaklı akarsular, sulak alanlar ve ormanlar yer almaktadır. Alanda baskın ağaç ve çalı türleri *Abies nordmanniana* subsp. *equi-trojani* (Asch. & Sint. ex Boiss.) Coode & Cullen, *Pinus nigra* J.F.Arnold, *Pinus sylvestris* L., *Populus tremula* L., *Quercus pubescens* Willd., *Q. cerris* L., *Juniperus oxycedrus* L., *J. excelsa* M.Bieb., *J. foetidissima* Willd., *Crataegus monogyna* Jacq. *Paliurus spina-christi* Mill., *Rosa canina* L., *Berberis crataegina* DC., *Prunus spinosa* L., *Pistacia atlantica* Desf.,'dir. Dere kenarlarında ise *Salix alba* L., *Populus nigra* L., *Populus tremula* L., *Platanus orientalis* L., *Elaeagnus angustifolia* L. türlerine bazı noktalar da *Alnus glutinosa* (L.) Gaertn. eşlik etmektedir (Çakır ve ark., 2015; Çimen ve Ekici, 2023; Tarıkahya ve Erik, 2005)

2. Materyal ve Metod

Ankara, Bolu ve Eskişehir illeri sınırları içerisinde yer alan 38 noktadan 2022 yılı Mayıs ve Ekim aylarında briyofit örnekleri toplanmıştır. Örnek noktalarının seçiminde yükselti, vejetasyon, habitat ve substrat farklılıklarına dikkat edilmiştir. Örnekler bulundukları substratlardan bir çakı yardımı ile alınarak etiket bilgileri ile birlikte plastik torbalara konmuştur. Arazi boyunca bu torbalarda muhafaza edilen örnekler laboratuvara getirilerek havadar ve gölgeli bir ortamda kurutulmuştur. Örneklerin karakteristik özellikleri stereo mikroskop ve ışık mikroskopunda incelenerek teşhisleri yapılmıştır. Teşhis için çeşitli flora, revizyon ve monograflar gibi eserlerin yanında, briyofitler için hazırlanan bölgesel teşhis anahtarları kullanılmıştır (Blom, 1996; Brugués ve ark., 2007; Brugués ve Guerra, 2015; Greven, 2003; Guerra ve ark., 2006, 2010, 2014, 2018; Kürschner ve Erdağ, 2023; Lara ve ark., 2009; Lewinsky, 1993; Paton, 1999; Pedrotti, 2001, 2006; Smith, 1996, 2004). Bitki listesinin hazırlanmasında ve geçerli isimlerin kullanımında Hodgetts ve ark. (2020)'ların eseri dikkate alınmıştır. Kare kayıtları, il listelerine eklemeler ve türlerin Türkiye dağılımlarının belirlenmesinde ilgili literatürden yararlanılmıştır (Ariöz ve ark., 2012; Canlı ve ark., 2011; Çetin ve ark., 2002; Doğan, 2007; Ezer, 2017; Ezer ve ark., 2021; Kürschner ve Erdağ, 2021; Savaroğlu ve Tokur, 2006; Uyar ve Çetin, 2001; Uyar ve ark., 2022; Yücel & Magill, 1997; Yücel & Tokur, 1989; Yücel ve Ezer, 2017, 2018a, b).

Teşhisleri tamamlanan örnekler Zonguldak Bülent Ecevit Üniversitesi Briyofit Herbaryumu (ZNG) ve UYAR'ın briyofit koleksiyonunda (Polatlı-Ankara) muhafaza edilmektedir.

2.1 Lokalite listesi

1. Ankara, Gündül-Sorgun Yaylası yolu üzeri, Yeşilöz Vadisi, Çay Kenarı, *S. alba*, *P. atlantica*, *P. nigra*, *A. glutinosa*, 40°14'17.2"K 32°15'44.4"D, 693 m, 28.05.2022.
2. Ankara, Gündül-Sorgun Yaylası yolu, *Q. pubescens*, 40°17'08.3"K 32°16'14.3"D, 1111 m, 28.05.2022.
3. Ankara, Gündül-Sorgun Yaylası yolu, *P. nigra*, *J. oxycedrus*, *C. monogyna*, 40°18'23.9"K 032°15'40.8"D 1498 m, 28.05.2022.
4. Ankara, Gündül-Sorgun Yaylası yolu, *A. nordmanniana* subsp. *equi-trojani*, *P. sylvestris*, *P. tremula*, *J. excelsa*, 40°18'42.1"K 032°15'19.7"D, 1536 m, 28.05.2022.
5. Ankara, Gündül-Sorgun Yaylası, Zirve açıklığı, *P. nigra*, *P. sylvestris*, *A. nordmanniana* subsp. *equi-trojani*, *J. excelsa*, 40°18'30.6"K 032°15'04.8"D, 1568 m, 28.05.2022.
6. Ankara, Gündül, Sorgun Yaylası, dere kenarı, *S. alba*, *P. nigra*, 40°19'37.4"K 032°15'34.2"D 1224 m, 28.05.2022.
7. Ankara, Gündül-Sorgun Yaylası Tabiat Parkı, göl kenarı, sulak alan, *P. nigra*, 40°19'46.7"K 032°13'04.1"D, 1258 m, 28.05.2022.
8. Ankara, Beypazarı-Nallıhan Yolu, Çayırhan civarı, Step vejetasyonu, 40°06'38.5"K 031°45'48.2"D, 618 m, 29.05.2022.
9. Ankara, Beypazarı-Nallıhan Yolu, Çayırhan civarı, kayalık alan, Step vejetasyonu, 40°06'06.5"K 031°45'48.2"D, 483 m, 29.05.2022.
10. Ankara, Nallıhan Kuş Cenneti Tabiat Parkı, sulak alan, 40°06'28.1"K 031°36'08.0"D, 493 m, 29.05.2022.
11. Ankara, Nallıhan Kuş Cenneti civarı, step vejetasyonu, 40°06'07.8"K 031°35'11.2"D, 542 m, 29.05.2022.
12. Eskişehir, Mihaliçcik, Gürleyik Şelalesi, dere kenarı, 39°59'30.9"K 031°20'28.1"D, 736 m, 29.05.2022.
13. Eskişehir, Mihaliçcik, Gürleyik Şelalesi, dere kenarı, 39°59'17.1"K 031°20'28.1"D, 736 m, 29.05.2022.
14. Eskişehir, Mihaliçcik, Gürleyik Şelalesi, dere kenarı, 39°59'29.49"K 31°19'44.42"D, 750 m, 29.05.2022.
15. Eskişehir, Mihaliçcik – Beypazarı yolu, Sarıyar Beldesi civarı, *P. nigra*, *J. foetidissima*, , 40°03'11.0"K 031°24'23.7"D, 469 m, 29.05.2022.
16. Eskişehir, Mihaliçcik – Beypazarı yolu, Sarıyar Barajı civarı, nehir kıyısı, *P. orientalis*, 40°03'28.6"K 031°24'18.9"D, 393 m, 29.05.2022.

17. Ankara, Nallıhan, *P. sylvestris*, *P. nigra*, *J. excelsa*, *P. atlantica*, 40°09'45.8"K 031°21'24.3"D, 656 m, 30.05.2022.
18. Ankara, Nallıhan-Çayırhan arası, step vejetasyonu, 40°08'19.2"K 031°29'20.5"D, 606 m, 30.05.2022.
19. Ankara, Beypazarı, İnözü Vadisi, dere kenarı, *S. alba*, *P. nigra*, *Q. cerris*, 40°16'07.0"K 031°54'47.9"D, 1050 m, 30.05.2022.
20. Ankara, Beypazarı, Çokören Yaylası, Gölet kenarı, *P. sylvestris*, *P. nigra*, 40°22'16.3"K 032°01'33.5"D, 1395 m, 30.05.2022.
21. Ankara, Beypazarı, Saray Yaylası, *P. sylvestris*, *J. oxycedrus* L., 40°24'08.5"K 032°02'01.4"D, 1663 m, 30.05.2022.
22. Ankara, Beypazarı, Karaşar-Saray Yaylası arası, dere kenarı, kayalık açık alan, 40°21'01.6"K 032°00'35.1"D, 1663 m, 30.05.2022.
23. Ankara, Gündül, Sorgun Yaylası, dere kenarı, *S. alba*, *Populus nigra*, 40°19'39.2"K 032°15'36.1"D, 1229 m, 01.10.2022.
24. Ankara, Beypazarı, Gündül, Sorgun – Saray Yaylası arası, *P. nigra*, *P. sylvestris*, *S. alba*, *Populus nigra*, 40°20'08.5"K 032°10'39.9"D, 1329 m, 01.10.2022.
25. Ankara, Beypazarı, Kapaklı Yaban Hayatı Geliştirme Sahası, *P. nigra*, *P. sylvestris*, 40°19'46.9"K 032°08'48.2"D, 1431 m, 01.10.2022.
26. Ankara, Beypazarı, Kapaklı Yaban Hayatı Geliştirme Sahası civarı, *P. nigra*, *P. sylvestris*, *A. nordmanniana* subsp. *equi-trojani*, 40°21'03.0"K 032°05'59.7"D, 1570 m, 01.10.2022.
27. Ankara, Beypazarı, Kapaklı YHGS-Saray Yaylası arası, *P. nigra*, *P. sylvestris*, *A. nordmanniana* subsp. *equi-trojani*, *P. tremula*, 40°21'48.0"K 032°07'07.2"D, 1630 m, 01.10.2022.
28. Ankara, Beypazarı, Kapaklı YHGS-Saray Yaylası arası, Kindırlı Düzü, *P. nigra*, *P. sylvestris*, sulak sazlık alan, 40°21'58.7"K 032°08'20.6"D, 1670 m, 01.10.2022.
29. Ankara, Beypazarı, Kapaklı YHGS-Saray Yaylası arası, *P. sylvestris*, *A. nordmanniana* subsp. *equi-trojani*, sulak sazlık alan, 40°23'49.4"K 032°07'42.9"D, 1713 m, 01.10.2022.
30. Ankara, Beypazarı, Saray Yaylası, *P. nigra*, *P. sylvestris*, *A. nordmanniana* subsp. *equi-trojani*, 40°24'02.3"K 032°02'50.9"D, 1706 m, 01.10.2022.
31. Ankara, Beypazarı-Kıbrısık arası, Kerbanlar Köyü civarı, *S. alba*, *P. tremula*, *Q. pubescens*, *C. monogyna*, 40°17'19.8"K 031°56'05.3"D, 1543 m, 02.10.2022.
32. Ankara, Beypazarı-Kıbrısık arası, Burgaz Geçidi civarı, step vejetasyonu, *E. angustifolia*, *C. monogyna*, 40°20'02.1"K 031°56'38.0"D, 1657 m, 02.10.2022.
33. Ankara, Beypazarı-Kıbrısık arası, Bolu il Sınırı, Uşaklı Göl Yaylası civarı, gölet kenarı sulak alan, 40°20'47.1"K 031°55'46.5"D, 1552 m, 02.10.2022.
34. Bolu, Kıbrısık, Karacaören Köyü civarı, Cuma Deresi köprüsü, dere kenarı, *S. alba*, *Populus nigra*, 40°24'17.3"K 031°55'14.5"D, 1028 m, 02.10.2022.
35. Bolu, Kıbrısık-Karaşar arası, Alemdar Köyü civarı, yol kenarı, *Q. cerris*, *S. alba*, *Populus nigra*, 40°24'19.3"K 031°56'01.3"D, 1054 m, 02.10.2022.
36. Bolu, Kıbrısık civarı, yol kenarı, açık kayalık alan, *Q. cerris*, 40°24'14.2"K 031°52'08.9"D, 1141 m, 02.10.2022.
37. Bolu, Kıbrısık-Karaşar arası, *P. nigra*, *Q. cerris*, *J. oxycedrus*, *C. monogyna*, 40°22'18.1"K 031°55'03.2"D, 1308 m, 02.10.2022.
38. Bolu, Kıbrısık, Karagöl Tabiat Parkı, *P. nigra*, *C. monogyna*, *P. tremula*, 40°21'29.5"K 031°55'53.4"D, 1472 m, 02.10.2022.

3. Bulgular

Araştırma alanından toplanan briyofit örneklerinin teşhisi sonucunda Marchantiophyta bölümünden 12 familya ve 12 cinse ait 20, Bryophyta bölümünden 31 familya ve 71 cinse ait 166 tür/türaltı takson tespit edilmiştir. Bu taksonlar sistematik hiyerarşiye uygun olarak altta liste halinde verilmiştir. Listede kare kayıtları ve il için kayıtlar çeşitli işaretlerle gösterilmiştir. Ankara için (*), Bolu için (%), Eskişehir için (#), A2 karesi için (◇) ve B7 karesi için yeni olanlar (+) işareti ile gösterilmiştir.

Briyofloristik Liste

MARCHANTIOPHYTA

JUNGERMANNIOPSIDA Stotler & Crand.-Stotl.

Jungermanniales H.Klinggr.

Anastrophyllaceae L.Söderstr., De Roo & Hedd.

Barbilophozia hatcheri (A.Evans) Loeske – Lok. 26, 27; orman altı kaya ve toprak üzeri, ZNG10280.

Barbilophozia lycopodioides (Wallr.) Loeske – Lok. 26; orman altı kaya üzeri, ZNG10252.

Cephaloziellaceae Douin

Cephaloziella divaricata (Sm.) Schiffn. – Lok. 21, 24; nemli toprak ve diğer briyofitlerin üzerinden, ZNG10284.

Lophoziaceae Cavers

◇***Lophoziopsis excisa** (Dicks.) Konstant. & Vilnet (= *Lophozia excisa* (Dicks.) Dumort.) – Lok.

20, 26; kaya yarığı toprak ve kaya üzeri, ZNG10020.

Jungermanniaceae Rchb.

**Mesoptychia badensis* (Gottsche ex Rabenh.) L.Söderstr. & Váňa (= *Leiocolea badensis* (Gottsche ex Rabenh.) Schiffn.) – Lok. 27; yol kenarı toprak üzeri, ZNG10089.

#**Mesoptychia turbinata* (Raddi) L.Söderstr. & Váňa (= *Leiocolea turbinata* (Raddi) H.Buch) – Lok. 12, 13, 27; nemli kaya ve toprak üzeri, ZNG10057.

Lophocoleaceae Vanden Berghen

Lophocolea bidentata (L.) Dumort. – Lok. 24; orman altı nemli toprak ve kaya üzeri, ZNG10277.

Lophocolea heterophylla (Schrader) Dumort. – Lok. 20; gölet kenarı kaya üzeri, AHBV4255.

Lophocolea minor Nees – Lok. 20, 27; orman altı toprak üzeri, ZNG10088.

Plagiochilaceae Müll.Frib.

**Plagiochila porelloides* (Torr. ex Nees) Lindenb. – Lok. 26; dere kenarı kaya üzeri, ZNG10201.

Porellaceae Cavers

Porella cordaeana (Huebener) Moore – Lok. 3, 4, 21; orman altı kaya üzeri, ZNG10161.

Porella platyphylla (L.) Pfeiff. – Lok. 20, 26, 29; orman altı kaya üzeri, ZNG10216.

Radulaceae Müll.Frib.

Radula complanata (L.) Dumort. – Lok. 3, 27; taş ve kaya üzeri, ZNG10065.

Pelliales He-Nygrén

Pelliaceae H.Klinggr.

Apopellia endiviifolia (Dicks.) Nebel & D.Quandt (= *Pellia endiviifolia* (Dicks.) Dumort.) – Lok. 12; dere kenarı kaya ve toprak üzeri, AHBV4129.

MARCHANTIOPSIDA Cronquist, Takht. & W.Zimm.

Lunulariales H.Klinggr.

Lunulariaceae H.Klinggr.

Lunularia cruciata (L.) Dumort. ex Lindb. – Lok. 13; dere kenarı kaya üzeri, AHBV4259.

Marchantiales Limpr.

Marchantiaceae Lindl.

Marchantia polymorpha L. – Lok. 6, 20, 24; su kenarı toprak ve kaya üzeri, ZNG10237.

Ricciaceae Rchb.

♦**Riccia canaliculata* Hoffm. – Lok. 21, 28; yayla dere kenarı toprak ve torf üzeri, ZNG10279.

♦**Riccia fluitans* L. – Lok. 28; yayla dere kenarı toprak üzeri, ZNG10273.

**Riccia gougetiana* Durieu & Mont. – Lok. 21; yayla çayırılık alan toprak üzeri, AHBV4270.

Riccia sorocarpa Bisch. – Lok. 2, 32; toprak üzeri, ZNG10094

BRYOPHYTA Schimp.

POLYTRICHOPSIDA Doweld

Polytrichales M.Fleisch.

Polytrichaceae Schwägr.

Polytrichum juniperinum Hedw. – Lok. 4, 5, 21, 25, 27; toprak üzeri, ZNG10047.

BRYOPSIDA Pax

Encalyptales Dixon

Encalyptaceae Schimp.

Encalypta vulgaris Hedw. – Lok. 1, 11, 12; kaya çatlağı toprak üzeri, ZNG10106.

**Encalypta ciliata* Hedw. – Lok. 27; toprak üzeri, ZNG10413.

Funariales M.Fleisch.

Funariaceae Schwägr.

Funaria hygrometrica Hedw. – Lok. 3, 4, 8, 12, 21; kaya çatlağı ve toprak üzeri, AHBV 4242.

Dicranales H.Philib ex M.Fleisch.

Hymenolomataceae Ignatov & Fedosov

Hymenoloma crispulum (Hedw.) Ochrya (= *Dicranoweisia crispula* (Hedw.) Milde) – Lok. 4, 5, 25, 20, 26, 27; çürüyen kütük ve kaya üzeri, ZNG10043.

Flexitrichaceae Ignatov & Fedosov

Flexitrichum flexicaule (Schwägr.) Ignatov & Fedosov – Lok. 15; toprak üzeri, ZNG10407.

Dicranellaceae M.Stech

Dicranella varia (Hedw.) Schimp. – Lok. 12; dere kenarı taş üzeri, AHBV4100.

Fissidentaceae Schimp.

+**Fissidens crassipes* var. *warnstorffii* (M.Fleisch.) Brugg.- Nann. – Lok. 12; dere içi kalkerli kaya üzeri, AHBV 4248.

Dicranaceae Schimp.

Dicranum scoparium Hedw. – Lok. 4, 5, 24, 26, 37, 38; kaya ve toprak üzeri, ZNG10004.

Dicranum tauricum Sapjegin – Lok. 25, 27, 29; çürüyen kütük üzeri, ZNG10040.

Ditrichaceae Limpr.

Ceratodon conicus (Hampe) Lindb. – Lok. 3, 7, 32; toprak üzeri, ZNG10112.

Ceratodon purpureus (Hedw.) Brid. – Lok. 2, 3, 4, 5, 7, 21, 25, 26, 29, 30, 35, 37, 38; toprak üzeri, ZNG10024.

Trichodon cylindricus (Hedw.) Schimp. – Lok. 27; toprak üzeri, ZNG10087.

Pottiaceae Schimp.

Barbula unguiculata Hedw. – Lok. 31; toprak üzeri, ZNG10410.

#**Crossidium squamiferum* var. *pottioideum* (De Not.) Mönk. – Lok. 1, 9, 12; kaya ve toprak üzeri, ZNG10127.

Didymodon acutus (Brid.) K.Saito – Lok. 8, 9, 10, 11; kaya ve toprak üzeri, AHBV 4105.

+**Didymodon australasiae* (Hook. & Grev.) R.H.Zander – Lok. 12, 22; dere kenarı taş üzeri, AHBV 4246.

Didymodon insulanus (De Not.) M.O.Hill – Lok. 12, 25; dere kenarı kaya üzeri, ZNG10048.

Didymodon luridus Hornsch. – Lok. 9; sulak çayırılık alan kaya üzeri, ZNG10151.

#*Didymodon tophaceus* (Brid.) Lisa – Lok.12, 13; dere içi kalkerli kaya üzeri, *AHBV 4206*.

Didymodon vinealis (Brid.) R.H.Zander – Lok. 1, 9, 10, 11; kaya ve toprak üzeri, *ZNG10103*.

♦%*Gyroweisia reflexa* (Brid.) Schimp. – Lok. 34; nemli gölgeli kaya üzeri, *ZNG10409*

+#*Hydrogonium bolleanum* (Müll.Hal.) A.Jaeger (= *Barbula bolleana* (Müll.Hal.) Broth.) – Lok. 12; dere kenarı ıslak kalkerli kaya üzeri, *ZNG10395*.

Pseudocrossidium hornschruchianum (Schultz) R.H.Zander – Lok. 9; kaya yüzeyini örten toprak üzeri, *AHBV4282*.

Pterygoneurum ovatum (Hedw.) Dixon – Lok. 18; toprak üzeri, *ZNG10190*.

Syntrichia calcicola J.J.Amann – Lok. 9; kaya üzeri, *AHBV 4208*.

Syntrichia laevipila Brid. – Lok. 2; ağaç kökü üzeri, *ZNG10236*.

**Syntrichia latifolia* (Bruch ex Hartm.) Huebener – Lok. 1; dere kenarı söğüt ağacı üzeri, *ZNG10146*.

**Syntrichia minor* (Bizot) M.T.Gallego, J.Guerra, M.J.Cano, Ros & Sánchez-Moya – Lok. 2; 19; ağaç kabuğu üzeri, *ZNG10110*.

Syntrichia norvegica F.Weber – Lok. 4, 29; toprak ve kaya üzeri, *ZNG10222*.

Syntrichia princeps (De Not.) Mitt. – Lok. 1,2; kaya ve ağa kütüğü üzeri, *ZNG10133*.

Syntrichia ruraliformis (Besch.) Mans – Lok. 3, 10, 20, 22, 31, 37; toprak üzeri, *ZNG10175*.

Syntrichia ruralis (Hedw.) F.Weber & D.Mohr 2, 3, 4, 5, 8, 25, 26, 36; toprak üzeri, *ZNG10015*.

Syntrichia subpapillosissima (Bizot & R.B.Pierrot ex W.A.Kramer) M.T.Gallego & J.Guerra – Lok. 1; ağaç kütüğü üzeri, *ZNG10141*.

Syntrichia virescens (De Not.) Ochya – Lok. 2, 31; ağaç kabuğu üzeri, *ZNG10404*.

Tortula acaulon (With.) R.H.Zander – Lok. 3, 9, 11; toprak üzeri, *ZNG10118*.

Tortula lindbergii Broth. – Lok. 8; toprak üzeri, *ZNG10174*.

Tortula muralis Hedw. – Lok. 1; taş üzeri, *ZNG10124*.

**Tortula protobryoides* R.H.Zander (= *Protobryum bryoides* (Dicks.) J.Guerra & M.J.Cano) – Lok. 10, 17; açık alan toprak üzeri, *ZNG10183*.

Tortula schimperii M.J.Cano, O.Werner & J.Guerra – Lok. 4; toprak üzeri, *ZNG10157*.

Tortula subulata Hedw. – Lok. 1, 3, 4, 5, 20, 24, 29; kaya ve toprak üzeri, *ZNG10032*.

Eucladium verticillatum (With.) Bruch & Schimp. – Lok. 12; dere kenarı kalkerli kaya ve toprak üzeri, *AHBV4135*.

#*Gymnostomum aeruginosum* Sm. – Lok. 12; dere kenarı kalkerli kaya üzeri, *AHBV4160*.

Gymnostomum calcareum Nees & Hornsch. – Lok. 1, 13; dere kenarı kalkerli kaya üzeri,

AHBV 4231.

Gymnostomum viridulum Brid. – Lok. 13; kalkerli kay üzeri, *AHBV4141*.

Tortella flavovirens (Bruch) Broth. – Lok. 8; toprak üzeri, *AHBV 4088*.

Tortella squarrosa (Brid.) Limpr. – Lok. 1, 18, 21, 22; kaya üzeri, *ZNG10102*.

Trichostomum crispulum Bruch – Lok. 12; kaya yüzeyini örten toprak üzeri, *ZNG10166*.

Weissia brachycarpa (Nees & Hornsch.) Jur. – Lok. 14; toprak üzeri, *AHBV 4214*.

**Weissia condensa* (Voit) Lindb. – Lok. 17; toprak üzeri, *ZNG10414*.

Weissia controversa Hedw. – Lok. 5; toprak üzeri, *ZNG10402*.

Grimmiales M.Fleisch.

Grimmiaceae Arn.

**Racomitrium affine* (F.Weber & D.Mohr) Lindb. – Lok. 24; kaya üzeri, *ZNG10200*.

**Racomitrium elongatum* Ehrh. ex Frisvoll – Lok. 21; toprak üzeri, *AHBV 4073*.

Grimmia anodon Bruch & Schimp. – Lok. 1, 3, 8; kaya üzeri, *ZNG10176*.

♦**Grimmia incurva* Schwägr. – Lok. 2, 8, 25; dere kenarı kaya üzeri, *ZNG10022*.

Grimmia laevigata (Brid.) Brid. – Lok. 1, 9; kaya üzeri, *ZNG10104*.

Grimmia montana Bruch & Schimp. – Lok. 3, 20, 25, 26; kaya üzeri, *ZNG10041*.

**Grimmia muehlenbeckii* Schimp. – Lok. 25; kaya üzeri, *ZNG10028*.

Grimmia lisae De Not. – Lok. 19; kaya üzeri, *AHBV 4084*.

Grimmia nutans Bruch – Lok. 2, 10, 22; kaya üzeri, *ZNG10053*.

Grimmia ovalis (Hedw.) Lindb. – Lok. 1, 2, 3, 22, 25, 26, 31, 35, 36; kaya üzeri, *ZNG10010*.

♦**Grimmia plagiopodia* Hedw. – Lok. 1; kaya üzeri, *ZNG10162*.

Grimmia pulvinata (Hedw.) Sm – Lok. 1, 2, 5, 8, 9, 10, 24, 25, 37; kaya üzeri, *ZNG10054*.

Schistidium apocarpum (Hedw.) Bruch & Schimp. – Lok. 5, 36; kaya üzeri, *AHBV 4053*.

Schistidium brunnescens Limpr. – Lok. 26; dere kenarı kaya üzeri, *ZNG10204*.

Schistidium crassipilum H.H.Blom – Lok. 3; kaya üzeri, *ZNG10295*.

Schistidium elegantulum H.H.Blom – Lok. 5; kaya üzeri, *AHBV 4057*.

Schistidium rivulare (Brid.) Podp. – Lok. 12, 25, 26, 29; dere kenarı kaya üzeri, *ZNG10009*.

Bartramiales D.Quandt, N.E.Bell & M.Stech

Bartramiaceae Schwägr.

Bartramia ithyphylla Brid. – Lok. 5, 26, 27; orman kenarı kaya ve toprak üzeri, *ZNG10026*.

Philonotis caespitosa Jur. – Lok. 1, 3, 7, 21, 25; su kenarı toprak ve taş üzeri, *ZNG10084*.

Philonotis calcarea (Bruch & Schimp.) Schimp – Lok. 12; dere kenarı kalkerli kaya üzeri, *AHBV4343*.

**Philonotis capillaris* Lindb. – Lok. 20, 27; su kenarı toprak üzeri, *ZNG10085*.

Philonotis fontana (Hedw.) Brid. – Lok. 21, 29; su kenarı kaya üzeri, *ZNG10247*.

**Philonotis seriata* Mitt. – Lok. 6, 21; su kenarı kaya ve toprak üzeri, *AHBV 4092*.

Splachnales Ochyra

Meesiaceae Schimp.

◊**Leptobryum pyriforme* (Hedw.) Wilson – Lok. 30; dere kenarı toprak üzeri, *ZNG10256*.

Bryales Limpr.

Bryaceae Schwägr.

Bryum argenteum Hedw. – Lok. 1, 21, 36; kaya ve toprak üzeri, *ZNG10101*.

Bryum dichotomum Hedw. – Lok. 1, 6, 17, 23; kaya çatlağı ve toprak üzeri, *ZNG10098*.

Bryum ruderale Crundw. & Nyholm – Lok. 2; toprak üzeri, *AHBV 4218*.

◊**Bryum violaceum* Crundw. & Nyholm – Lok. 24; nemli toprak üzeri, *ZNG10003*.

Imbricbryum alpinum (Huds. ex With.) N.Pedersen – Lok. 3, 6, 21, 23, 29, 30, 32, 33; su kenarı kaya ve toprak, toprak üzeri, *ZNG10001*

Imbricbryum mildeanum (Jur.) J.R.Spence – Lok. 19; çayırlik alan toprak üzeri, *ZNG10408*.

◊**Imbricbryum muehlenbeckii* (Bruch & Schimp.) N.Pedersen – Lok. 23; dere kenarı toprak üzeri, *ZNG10251*.

**Ptychostomum bornholmense* (Wink.& R.Ruthe) Holyoak & N.Pedersen – Lok. 5; toprak üzeri, *AHBV 4069*.

Ptychostomum capillare (Hedw.) Holyoak & N.Pedersen – Lok. 1, 5, 10, 15, 33, 37, 38; ağaç kökü, toprak ve kaya üzeri, *ZNG10164*.

Ptychostomum creberrimum (Toylar) J.R.Spence & H.P.Ramsay – Lok. 7; taş üzeri, *AHBV 4043*.

◊**Ptychostomum cyclophyllum* (Schwägr.) J.R.Spence – Lok. 28; yayla sulak çayırlik-sazlık alan torf ve toprak üzeri, *ZNG10415*.

Ptychostomum elegans (Nees) D.Bell & Holyoak – Lok. 7, 9; toprak üzeri, *ZNG10406*.

Ptychostomum funkii (Schwägr.) J.R.Spence – Lok. 1; kaya çatlağı toprak üzeri, *ZNG10100*.

Ptychostomum imbricatulum (Müll.Hal.) Holyoak & N.Pedersen – Lok. 3, 4, 5, 7, 8, 18, 38, toprak üzeri, *ZNG10144*.

Ptychostomum moravicum (Podp.) Ros & Mazimpaka – Lok. 25, 26, 29, 31; kaya çatlağı ve toprak üzeri, *ZNG10000*.

Ptychostomum pallens (Sw. ex anon.) J.R.Spence – Lok. 25, 28; su kenarı toprak ve ağaç kütüğü üzeri, *ZNG10241*.

Ptychostomum pallescens (Schleich. ex Schwägr.) J.R.Spence – Lok. 23; dere kenarı taş üzeri, *ZNG10012*.

Ptychostomum pseudotriquetrum (Hedw.) J.R.Spence & H.P.Ramsay ex Holyoak & N.Pedersen – Lok. 12, 15, 29, 30; su kenarı kaya ve toprak üzeri, *ZNG10258*.

**Ptychostomum turbinatum* (Hedw.) J.R.Spence – Lok. 3; toprak ve taş üzeri, *AHBV4342*.

Mniaceae Schwägr.

Pohlia cruda (Hedw.) Lindb. – Lok. 5, 20, 26; dere kenarı kaya ve toprak üzeri, *ZNG10069*.

**Pohlia elongata* Hedw. – Lok. 24; dere kenarı çürüyen kütük ve toprak üzeri, *ZNG10042*.

**Pohlia melanodon* (Brid.) A.J.Shaw – Lok. 24; toprak üzeri, *ZNG10205*.

Pohlia nutans (Hedw.) Lindb. – Lok. 24; kaya yarığı toprak üzeri, *ZNG10212*.

+**Pohlia wahlenbergii* (F.Weber & D.Mohr) A.L.Andrews var. *wahlenbergii* – Lok. 6, 13, 20, 38; su kenarı toprak üzeri, *ZNG10401*.

+**Pohlia wahlenbergii* var. *calcarea* (Warnst.) E.F.Warb. – Lok. 12, 24; su kenarı kaya ve toprak üzeri, *ZNG10115*.

**Mnium spinulosum* Bruch & Schimp. – Lok. 27; toprak üzeri, *ZNG10097*.

Plagiomnium affine (Blandow ex Funck) T.J.Kop – Lok. 6, 29; orman altı nemli toprak ve taş üzeri, *ZNG10263*.

Orthotrichales Dixon

Orthotrichaceae Arn.

Lewinskya affinis (Schrud. ex Brid.) F.Lara, Garilleti & Goffinet – Lok. 22, 24, 31, 35; ağaç üzeri, *ZNG10006*.

Lewinskya laevigata (J.E.Zetterst.) F.Lara, Garilleti & Goffinet – Lok. 25, 26; dere kenarı kaya üzeri, *ZNG10052*.

Lewinskya rupestris (Schleich. ex Schwägr.) F.Lara, Garilleti & Goffinet – Lok. 1, 2, 14, 19, 22, 23, 25, 26, 32, 35; kaya üzeri, *ZNG10017*.

Lewinskya sordida (Sull. & Lesq. in Austin) F.Lara, Garilleti & Goffinet – Lok. 22; ağaç kabuğu üzeri, *ZNG10056*.

Lewinskya speciosa (Nees) F.Lara, Garilleti & Goffinet – Lok. 22. ağaç kabuğu üzeri, *ZNG10007*.

Lewinskya striata (Hedw.) F.Lara, Garilleti & Goffinet – Lok. 2, 22; ağaç üzeri, *ZNG10136*.

Nyholmella obtusifolia (Brid.) Holmen & E.Warncke – Lok. 19; söğüt ve kavak ağacı üzeri, *ZNG10111*.

Orthotrichum anomalum Hedw. – Lok. 1, 2, 19, 22; kaya ve ağaç kökü üzeri, *ZNG10109*.

**Orthotrichum bistratosum* (Schiffn.) Guerra – Lok. 25; dere kenarı kaya üzeri, *ZNG10225*.

Orthotrichum cupulatum Hoffm. ex Brid. var. *cupulatum* – Lok. 22; dere kenarı kaya üzeri, *ZNG10138*.

Orthotrichum cupulatum var. *riparium* Huebener – Lok. 22; dere kenarı kaya üzeri, *ZNG10137*.

Orthotrichum diaphanum Brid. – Lok. 2, 18; ağaç kabuğu üzeri, *ZNG10171*.

Orthotrichum pumilum Sw. ex anon. – Lok. 1, 2, 19, 31, 35, 37; ağaç üzeri, ZNG10170.

◊****Orthotrichum rivulare*** Turner. – Lok. 31; kaya üzeri, AHBV4310.

****Orthotrichum schimperi*** Hammar – Lok. 2; ağaç üzeri, ZNG10244.

◊****Orthotrichum sprucei*** Mont. – Lok. 2, 25; dere kenarı kaya üzeri, ZNG10125.

Pulviger a lyellii (Hook. & Taylor) Plášek, Sawicki & Ochyra – Lok. 2; ağaç üzeri, ZNG10122.

Aulacomniales N.E.Bell, A.E.Newton & D.Quandt

Aulacomniaceae Schimp.

Aulacomnium androgynum (Hedw.) Schwägr. – Lok. 20, 24; toprak, kaya çatlağı ve çürüyen kütük üzeri, ZNG10014.

Hypnales W.R.Buck & Vitt

Fontinalaceae Schimp.

Fontinalis antipyretica Hedw. – Lok. 6, 7, 12, 21, 24, 25, 26, 28, 29; dere içi kaya üzeri, ZNG10016.

Plagiotheciaceae M.Fleisch.

Plagiothecium denticulatum (Hedw.) Schimp. – Lok. 26; orman altı kaya yarığı toprak üzeri, ZNG10018.

+#***Plagiothecium nemorale*** (Mitt.) A.Jaeger – Lok. 12; dere kenarı kaya üzeri, AHBV4159.

Fabroniaceae Schimp.

◊****Fabronia pusilla*** Raddi – Lok. 1; kaya üzeri, ZNG10394.

Pterigynandraceae Schimp.

Pterigynandrum filiforme Hedw. – Lok. 2, 3, 20, 24, 26; kaya ve ağaç kökü üzeri, ZNG10019

Amblystegiaceae G.Roth

Amblystegium serpens (Hedw.) Schimp. – Lok. 31, 38; toprak ve taş üzeri, ZNG10400.

Cratoneuron filicinum (Hedw.) Spruce – Lok. 12, 13, 22; dere kenarı kaya üzeri, AHBV4237.

Palustriella commutata (Hedw.) Ochyra – Lok. 12; dere kenarı kalkerli kaya üzeri, ZNG10259.

Campyliadelphus chrysophyllus (Brid.) R.S.Chopra – Lok. 28; yayla sulak alan toprak üzeri, ZNG10240.

Drepanocladus aduncus (Hedw.) Warnst – Lok. 6, 12, 20, 21, 26, 28; su kenarı kaya ve toprak üzeri, ZNG10064.

+#***Hygroamblystegium fluviatile*** (Hedw.) Loeske – Lok.12; dere içi kaya üzeri, AHBV4351.

****Hygroamblystegium humile*** (P.Beauv.) Vanderp., Goffinet & Hedenäs – Lok. 1, 12; dere kenarı toprak ve kaya üzeri, AHBV 4253.

Leptodictyum riparium (Hedw.) Warnst – Lok. 1, 6, 13, 24; su kenarı kaya, toprak ve ağaç kökü üzeri, ZNG10254

Pseudoamblystegium subtile (Hedw.) Vanderp. & Hedenäs – Lok. 19; taş üzeri, ZNG10181.

Scorpidiaceae Ignatov & Ignatova

Sanionia uncinata (Hedw.) Loeske – Lok. 20, 27; orman altı toprak ve kaya üzeri, ZNG10005

Pseudoleskeaceae Schimp.

Lescuraea incurvata (Hedw.) E.Lawton – Lok. 4, 5, 20, 27; kaya ve toprak üzeri, ZNG10193.

Brachytheciaceae Schimp.

Eurhynchium striatum (Hedw.) Schimp. – Lok. 16, 20, 22; kaya üzeri, AHBV 4336.

****Pseudoscleropodium purum*** (Hedw.) M.Fleisch. – Lok. 4, toprak üzeri, AHBV 4335.

+#***Rhynchostegium confertum*** (Dicks.) Schimp. – Lok. 12; dere kenarı kaya üzeri, AHBV4146.

Rhynchostegium riparioides (Hedw.) Cardot – Lok. 12, 22; dere içi kaya üzeri, AHBV 4234.

Scorpiurium circinatum (Bruch) M.Fleisch. & Loeske – Lok. 20; kaya üzeri, AHBV 4050.

Oxyrrhynchium hians (Hedw.) Loeske – Lok.13; dere kenarı toprak üzeri, AHBV 4249.

****Oxyrrhynchium schleicheri*** (R.Hedw.) Röhl – Lok. 12; toprak üzeri, AHBV 4244.

Brachytheciastrum salicinum (Schimp.) J.D.Orgaz, M.J.Cano & J.Guerra – Lok. 2, 3, 4, 5, 24, 27; orman altı kaya, toprak ve ağaç üzeri, ZNG10034.

Brachytheciastrum velutinum (Hedw.) Ignatov & Huttunen – Lok. 34; ağaç üzeri, ZNG10411

Brachytecium albicans (Hedw.) Schimp – Lok. 3, 19, 22, 24, 26, 27, 31; toprak üzeri, ZNG10061.

Brachytecium glareosum (Bruch ex Spruce) Schimp. – Lok. 3, 4, 5, 6, 16, 21, 25, 27; orman altı kaya ve toprak üzeri, ZNG10062

Brachytecium mildeanum (Schimp.) Schimp. – Lok. 6, 34; su kenarı taş ve çürüyen kütük üzeri, ZNG10412

Brachytecium rivulare Schimp. – Lok. 6, 12, 15, 19, 22, 24, 25, 28, 29, 38; su kenarı taş ve toprak üzeri, ZNG10269

Brachytecium salebrosum (Hoffm. ex F.Weber & D.Mohr) Schimp. – Lok. 6, 20; taş ve toprak üzeri, AHBV 4098.

****Brachytecium tommasinii*** (Sendtn. ex Boulay) Ignatov & Huttunen – Lok. 20; toprak üzeri, ZNG10403

Eurhynchiastrum diversifolium (Schimp.) J.Guerra – Lok. 5, 20, 24, 25, 26, 27; toprak, kaya ve ağaç kökü üzeri, ZNG10071

Homalothecium aureum (Spruce) H.Rob – Lok. 2; kaya üzeri, AHBV4306.

Homalothecium lutescens (Hedw.) H. Rob. – Lok. 5, 22; AHBV 4068.

Homalothecium philippeanum (Spruce) Schimp. – Lok. 3, 24, 25; kaya üzeri, ZNG10021.

Homalothecium sericeum (Hedw.) Schimp. – Lok. 1, 2, 10, 16, 22, 25; kaya ve ağaç üzeri, ZNG10049.

Kindbergia praelonga (Hedw.) Ochyra – Lok. 27; ağaç kökü üzeri, ZNG10208

Hypnaceae Schimp.

Hypnum cupressiforme Hedw. var. *cupressiforme* – Lok. 20, 23, 25; kaya ve toprak üzeri, ZNG10044

Hypnum cupressiforme var. *lacunosum* Brid. – Lok. 1, 2, 5, 20, 24, 25; kaya, toprak ve ağaç kökü üzeri, ZNG10073.

♦**Hypnum cupressiforme* var. *subjulaceum* Molendo – Lok. 2; kaya üzeri, ZNG10135.

Hypnum resupinatum Taylor – Lok. 24; taş üzeri, ZNG10036.

Pylaisiadelphaceae Goffinet & W.R.Buck

**Platygyrium repens* (Brid.) Schimp. – Lok. 34; kaya üzeri, ZNG10405.

Pylaisiaceae Schimp.

Calliergonella cuspidata (Hedw.) Loeske – Lok. 6, 28, 38; su kenarı toprak üzeri, ZNG10239.

Leucodontaceae Schimp.

Leucodon sciuroides (Hedw.) Schwägr. – Lok. 1; kaya üzeri, ZNG10132

Lembophyllaceae Broth.

**Isothecium alopecuroides* (Lam. ex Dubois) Isov. – Lok. 26; orman altı kaya üzeri, ZNG10013

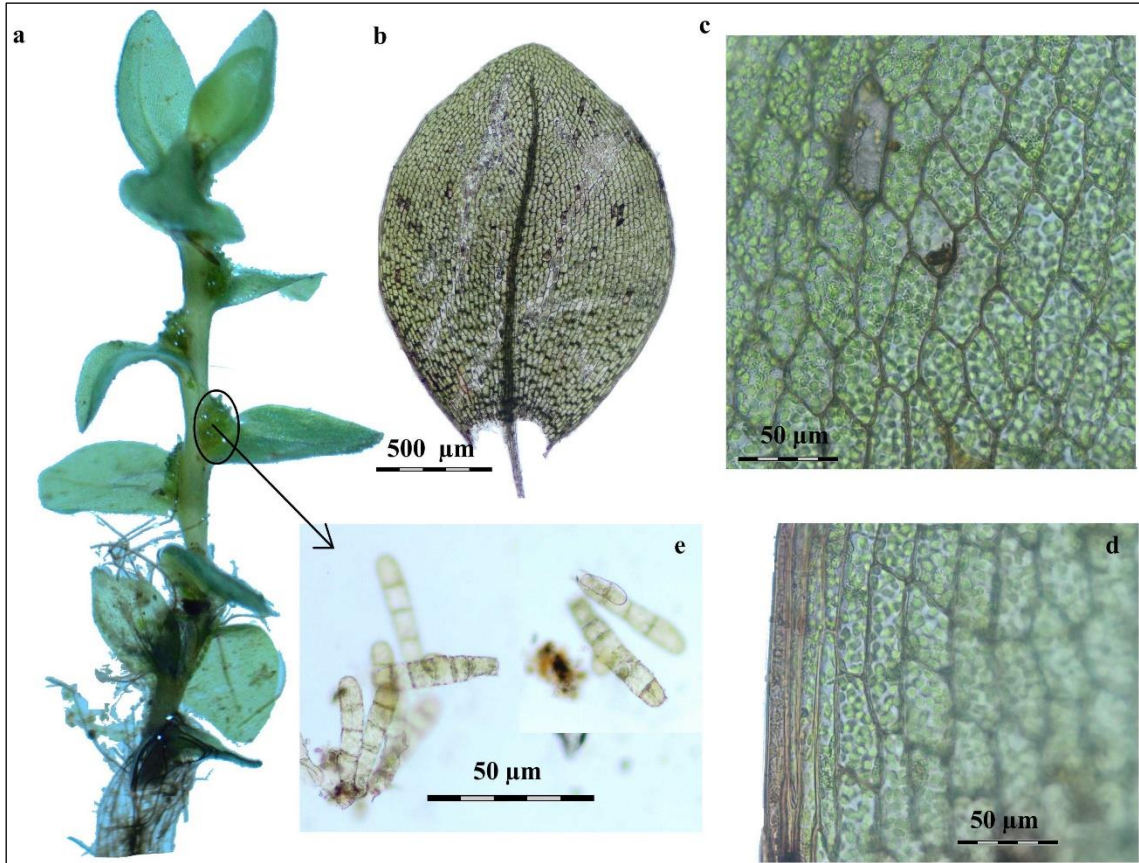
Anomodontaceae Kindb.

+*Anomodon viticulosus* (Hedw.) Hook. & Taylor – Lok. 12; dere kenarı kaya üzeri, AHBV4132.

4. Sonuçlar ve Tartışma

Çalışma alanına yapılan arazi çalışmaları sırasında toplanan yaklaşık 800 briyofit örneğinin teşhis edilmesi sonucunda 43 familya ve 83 cinse ait 186 tür ve tür altı takson tespit edilmiştir. Bu taksonlardan *P. cyclophyllum* Türkiye’den ikinci kez kaydedilmiştir.

P. cyclophyllum’un ilk kaydı Artvin ili Borçka ilçesi, Karçal Dağlarından verilmiştir (Erata ve ark., 2023). Bu tür yuvarlağımsı yaprakları ve bazen yaprak koltuklarında üretilen ipliksi gemmaları ile diğer yakın türlerden ayrılmaktadır (Hofmann ve Schröder 2017; Holyoak, 2021). Türün ilk kaydında gemmalardan bahsedilmemiştir (Şekil 3). Fakat bizim örneğimizde bol miktarda bulunmaktadır. Örnek Ankara ili Beypazarı ilçesinde Kındıralı Düzü’nde yer alan sulak sazlık bir alandan organik materyaller ve toprak üzerinden diğer briyofitlerle karışık olarak toplanmıştır. Yakınında bulunan türler; *Calliergonella cuspidata*, *Campyliadelphus chrysophyllus*, *Drepanocladus aduncus*, *Ptychostomum pallens*, *Riccia canaliculata*’dır.



Şekil 3. *Ptychostomum cyclophyllum*; a- habit, b- yaprak, c- yaprak ortası hücreleri, d- yaprak kenar hücreleri, e- axillar gemmalar.

Türkiye dağılımları açısından dikkate değer türlerde alandan tespit edilmiştir. Bu türler arasında *Riccia canaliculata* (? , Konya), *R. fluitans* (Sakarya, İzmir, Aydın), *Syntrichia minor* (Karabük, Ardahan, Muğla), *Grimmia incurva* (Niğde, Isparta), *Bryum violaceum* (Van, Niğde), *Imbriobryum muehlenbeckii* (Aydın, Muğla, Antalya, Hatay), *Ptychostomum bornholmense* (Bolu, Yalova, Eskişehir, Kırklareli), *Orthotrichum sprucei* (Sivas, Elazığ, Niğde, Aydın) yer almaktadır (Kürschner ve Erdağ, 2021).

Araştırma alanına giren iller ve kare kayıtları da çalışmada tespit edilmiştir. *Lophozia excisa*, *Mesoptychia badensis*, *M. turbinata*, *Plagiochila porelloides*, *Riccia canaliculata*, *R. fluitans*, *R. gougetiana*, *Encalypta ciliata*, *Syntrichia latifolia*, *S. minor*, *Tortula protobryoides*, *Weissia condensa*, *Racomitrium affine*, *Racomitrium elongatum*, *Grimmia incurva*, *G. muehlenbeckii*, *G. plagiopodia*, *Philonotis capillaris*, *P. seriata*, *Leptobryum pyriforme*, *Bryum violaceum*, *Imbriobryum muehlenbeckii*, *Ptychostomum bornholmense*, *P. cyclophyllum*, *P. turbinatum*, *Pohlia elongata*, *P. melanodon*, *Pohlia wahlenbergii* var. *calcareae*, *Mnium spinulosum*, *Orthotrichum bistratosum*, *O. rivulare*, *O. schimperii*, *O. sprucei*, *Fabronia pusilla*, *Hygroamblystegium humile*, *Oyrrhynchium schleicheri*, *Pseudoscleropodium purum*, *Brachythecium tommasinii*, *Hypnum cupressiforme* var. *subjulaceum*, *Platygyrium repens*, *Isoetecium alopecuroides* taksonları Ankara ili için yenidir. *Gyrowesia reflexa* ise Bolu ili için yenidir. Bu türler arasında *Lophozia excisa*, *Riccia canaliculata*, *R. fluitans*, *Gyrowesia reflexa*, *Grimmia incurva*, *G. plagiopodia*, *Leptobryum pyriforme*, *Bryum violaceum*, *Imbriobryum muehlenbeckii*, *Ptychostomum cyclophyllum*, *Orthotrichum rivulare*, *O. sprucei*, *Fabronia pusilla* ve *Hypnum cupressiforme* var. *subjulaceum* taksonları aynı zamanda A2 karesinden de ilk kez kaydedilmektedir (Ariöz ve ark., 2012; Canlı ve ark., 2011; Çetin ve ark., 2002; Doğan, 2007; Ezer, 2017; Ezer ve ark., 2021; Kürschner ve Erdağ, 2021, Uyar ve Çetin, 2001; Uyar ve ark., 2022)

Mesoptychia turbinata, *Apopellia endiviifolia*, *Lunularia cruciata*, *Crossidium squamiferum* var. *pottioideum*, *D. tophaceus*, *Gymnostomum aeruginosum* türleri Eskişehir ili için yeni iken; *Fissidens crassipes* var. *warnstorfii*, *Didymodon australasiae*, *Hydrogonium bolleanum*, *Pohlia wahlenbergii* var. *wahlenbergii*, *P. wahlenbergii* var. *calcareae*, *Plagiothecium nemorale*, *Hygroamblystegium fluviatile*, *Rhynchostegium confertum*, *Anomodon viticulosus* taksonları da hem Eskişehir hem de B7 karesi için yenidir

(Kürschner ve Erdağ, 2021; Savaroğlu ve Tokur, 2006; Yücel ve Magill, 1997; Yücel ve Tokur, 1989; Yücel ve Ezer, 2017, 2018a, b).

Çiğirötları alanda 12 familya ve 12 cinse ait 20 tür ile temsil edilmektedir. Bu türlerin familyalara göre dağılımına bakıldığında Ricciaceae 4, Lophocoleaceae 3 tür, Anastrophyllaceae, Porellaceae ve Jungermanniaceae ise 2 tür ile temsil edilirken diğer familyalarda bir tür ile temsil edilmektedir. En çok tür içeren iki cins ise 4 tür ile *Riccia* ve 3 tür ile *Lophocolea*'dır. Alanda Boynuzotlarına ait örnek bulunmamıştır.

Karayosunları 31 familya ve 71 cinse ait tür/tür altı kategoride toplam 166 takson ile temsil edilmektedir. Bunların familyalara göre dağılımına bakıldığında; en yüksek takson içeren familyalar Pottiaceae (38), Brachytheciaceae (21), Bryaceae (19), Grimmiaceae (17), Orthotrichaceae (17) olup, diğerlerinin temsiliyet oranı 10'un altındadır. 18 familya ise 1 takson içermektedir. En zengin cinsler ise; *Ptychostomum* (12), *Syntrichia* (10), *Grimmia* (10), *Orthotrichum* (9), *Lewinskya* (6), *Didymon* (6), *Tortula* (6), *Pohlia* (6), *Brachythecium* (6), *Schistidium* (5), *Philonotis* (5)'dur.

Araştırma alanında açık alanlarda en çok rastlanan türler; *Ceratodon purpureus*, *Didymodon vinealis*, *Syntrichia ruraliformis*, *S. ruralis*, *Grimmia anodon*, *G. montana*, *G. ovalis*, *G. pulvinata*, *Bryum dichotomum*, *Ptychostomum capillare*, *P. imbricatulum*, *Lewinskya rupestris*, *Orthotrichum anomalum*, *Brachythecium albicans*, *Eurhynchiastrium diversifolium*'dur. Ormanlık alanlarda *Dicranum scoparium*, *Tortula subulata*, *Bartramia ithyphylla*, *Ptychostomum moravicum*, *Orthotrichum pumilum*, *Pterigynandrum filiforme*, *Lescurea incurvata*, *Brachytheciastrium salicinum*, *Brachythecium glareosum*, *Homalothecium philippeanum*, *H. sericeum*, *Hypnum cupressiforme* var. *lacunosum*'dur. Dere ve su kenarlarında ise; *Schistidium rivulare*, *Philonotis caespitosa*, *Imbriobryum alpinum*, *Fontinalis antipyretica*, *Leptodictyum riparium*, *Brachythecium rivulare*, *Calliergonella cuspidata*'dır.

Bu çalışma ile Ankara, Eskişehir ve Bolu illerinin, A2 ve B7 karelerinin briyofit listeleri için yeni eklemeler yapılmıştır. Ayrıca türlerin Türkiye dağılımlarına katkılar sağlanmıştır.

Deklarasyon

Yazar katkıları: Fikir/Kavram, GU, MÖ; Tasarım ve dizayn, GU, MÖ; Denetleme danışmanlık, GU, MÖ; Kaynaklar, GU, MÖ; Malzemeler, GU, MÖ; Ver toplama ve/veya işleme, GU, MÖ; Analiz

ve/veya yorum, GU, MÖ; Literatür taraması, GU, MÖ; Yazım aşaması, GU, MÖ; Eleştirel inceleme, GU, MÖ.

Çıkar çatışması: Yazarların bu yazının içeriğiyle ilgili olarak beyan edecekleri hiçbir rekabet çıkarı yoktur.

Finansman: Yazarlar, bu yazının hazırlanması sırasında herhangi bir fon, hibe veya başka bir destek alınmadığını beyan ederler.

Etik onay: Bu araştırma, insan veya hayvan deneklerini içermemektedir ve bu nedenle etik onay gerektirmemektedir.

Kaynaklar

- Aksoy N. 2009. Karakiriş Dağı (Seben-Nallıhan) florası. Ormancılık Dergisi. 5:2, 104-120.
- Arıöz S. S. Kara R. Can S.M. Ezer T. 2012. The moss flora of Kirmir Valley (Güdül, Ankara/Turkey). Biological Diversity and Conservation. 5:1, 63-68.
- Aydoğdu M. 1993. Polatlı, Güdül ve Beypazarı (A3 Ankara) arasında kalan jipsli topraklarda yayılış gösteren bitki toplulukları üzerine gözlemler. Gazi Eğitim Fak. Dergisi. 1: 313-317.
- Blom H.H. 1996. A revision of the Schistidium apocarpum complex in Norway and Sweden. Bryophytorum Bibliotheca, Band 49. 334 p, Berlin, Stuttgart.
- Brugués M. Cros R.M. Guerra J. 2007. Flora Briofítica Ibérica Volume I, Uniersidad de Murcia. Sociedad Espanola de Briyologia Murcia. Murcia.
- Brugués M. Guerra J. 2015. Flora Briofítica Ibérica Volume 2, Uniersidad de Murcia, ISBN: 84- 608-2198-4, Sociedad Espanola de Briyologia Murcia, Murcia.
- Canlı K. Şimşek Ö. Ursavaş S. Çetin B. 2011. Karagöl (Çubuk, Ankara) mesire alanının bryofit (Bryophyta) florası. Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi. 4: 38-49.
- Çakır E. G., Akdoğan G. E., Meral G. 2015. Sarıçalı Dağı ve Çevresinin Nallıhan / Ankara Florası. Biological Diversity and Conservation. 8:3, 267-289.
- Çelik İ. 2013. Yassihöyük (Gordion) Florası (Polatlı/Ankara). Gazi Üniversitesi, Fen Bil. Enst., Yüksek Lisans Tezi, Ankara.
- Çetin B. Unç E. Uyar G. 2002. The moss flora of Ankara-Kızılcahamam-Çamkoru and Çamlıdere districts. Turkish Journal of Botany. 26:2, 91-101.
- Çimen A.Ö. Ekici M. 2023. Keltepe ve Sığır Yatağı Tepeleri ile (Beypazarı-Ankara, Türkiye) Çevresinin Florası. Bağbahçe Bilim Dergisi. 10:1, 136-165.
- Doğan-Güner E.V. Duman H. 2006. Nallıhan (Ankara) kuş cenneti florası. Ot Sist. Bot. Derg. 13:2, 49-90.
- Doğan H. 2007. Ankara-Kızılcahamam Soğuksu Milli Parkı Ciğerotları (Hepaticae) Florası. Yüksek Lisans Tezi. Ankara Üniversitesi, Ankara.
- Erata H. Batan N. Alataş M. Ezer T. 2023. *Trematodon* and *Ptychostomum* Species New to Turkey and South-West Asia. Biology Bulletin. 50:5, 890-894.
- Ergin E. 2010. Dedenindoruk Tepe (Beypazarı-Ankara) Florası. Gazi Üniversitesi, Fen Bil. Enst., Yüksek Lisans Tezi, Ankara.
- Erik S. Akaydın G. Göktaş A. 1998. Başkentin Doğal Bitkileri. ANÇEVA Ankara Valiliği Çevre Koruma Vakfı Başkanlığı. Ankara Üniv. Basımevi, Ankara.
- Ezer T. 2017. Contributions to the bryophyte flora of Turkey. Acta Biologica Turcica. 30:4, 128-133.
- Ezer T. Uyar G. Ören M. Alataş M. 2017. New national and regional bryophyte records, 52, 22. *Pohlia lutescens* (Limpr.) H. Lindb. Journal of Bryology. 39:3, 285-304.
- Glime J. 2021. Bryophyte Ecology. Volume 1-5, Ebook sponsored by Michigan Technological University and the International Association of Bryologists <https://digitalcommons.mtu.edu/oabooks/4>.
- Greven H.C. 2003. Grimmiads of The World. Backhuys Publishers. Leiden.
- Guerra J. Brugués M. Cano M.J. Cros R.M. 2010. Flora Briofítica Ibérica Volume 4. Uniersidad de Murcia, Sociedad Espanola de Briyologia Murcia. Murcia.
- Guerra J. Cano M.J. Brugués M. 2014. Flora Briofítica Ibérica Volume 5, Uniersidad de Murcia, Sociedad Espanola de Briyologia Murcia, Murcia.
- Guerra J. Cano M.J. Brugués M. 2018. Flora Briofítica Ibérica Volume 6, Uniersidad de Murcia, Sociedad Espanola de Briyologia Murcia, Murcia.
- Guerra J. Cano M.J. Cros R.M. 2006. Flora Briofítica Ibérica Volume 3. Uniersidad de Murcia, Sociedad Espanola de Briyologia Murcia. Murcia.
- Güner M.B. 2000. Doğandede Tepe ve Çevresi (Beypazarı) Florası. Gazi Üniversitesi, Fen Bil. Enst., Yüksek Lisans Tezi, Ankara.
- Hodgetts N.G. Söderström L. Blockeel T.L. Caspari S. Ignatov M.S. Konstantinova N.A. Lockhart N. Papp B. Schröck C. Sim-Sim M. Bell D. Blom H.H. Bruggeman-Nannenga M.A. Brugués M. Enroth J. Flatberg K.I. Garilleti R. Hedenäs L.

- Holyoak D.T. Hugonnot V. Kariyawasam I. Köckinger H. Kučera J. Lara F. Porley R.D. 2020. An annotated checklist of bryophytes of Europe, Macaronesia and Cyprus. *Journal of Bryology*. 42:1, 1-116.
- Hofmann H. Schröder W. 2017. *Bryum cyclophyllum* (Schwägr.) Bruch Schimp. In: Swissbryophytes Working Group (Hrsg.), www.swissbryophytes.ch: Moosflora der Schweiz, accessed: 15.10.2022.
- Holyoak D.T. 2021. European Bryaceae. A Guide to the Species of the Moss Family Bryaceae in Western & Central Europe and Macaronesia. Pisces Publications, Newberry, Berkshire, UK, 344 p.
- Kalafatçıoğlu A. Uysallı H. 1964. Beypazarı - Nallıhan - Seben Civarının Jeolojisi. *Bulletin of the Mineral Research and Exploration*. 62:62, 1-11.
- Karadenizli L. 1995. Beypazarı havzası (Ankara Batısı) Üst Miyosen-Pliyosen jipsli serilerinin sedimantolojisi. *Türkiye Jeoloji Bülteni*. 38:1, 63-74.
- Karaman S. 2004. Dua Tepe (Polatlı-Ankara) Florası. Gazi Üniversitesi, Fen Bil. Enst., Yüksek Lisans Tezi, Ankara.
- Köppen W. 1936. Das geographische System der Klimate (The geographic system of climates). In: Köppen, W., & Geiger, R. (eds), *Handbuch der Klimatologie*, Bd. 1, Teil C. – Borntraeger, Berlin, Germany, 1-44.
- Kürschner H. Erdağ A. 2021. Bryophyte locality data from the Near and Middle East 1775-2019. Vol. 1-6. Hiperyayın. İstanbul.
- Kürschner H. Erdağ A. 2023. Türkiye Karayosunları Florası (İstanbul: Hiperyayın), p. 605.
- Lara F. Garilleti R. Medina R. Mazimpaka V. 2009. A new key to the genus *Orthotrichum* Hedw. in Europe and the Mediterranean region. *Cryptogamie, Bryologie*. 30:1, 129-142.
- Lewinsky J. 1993. A synopsis of the genus *Orthotrichum* Hedw. (Musci, Orthotrichaceae). *Bryobrothera*. 2, 1-59.
- Paton J. 1999. The Liverworts Flora of the British Isles, ISBN: 0-946589-60-7, 626 pp, Harley Books, England.
- Pazarcıkçı B.B. 1998. Sarıyar Barajı Gölü Çevresinin Floristik Yönden Araştırılması. Gazi Üniversitesi, Fen Bil. Enst., Yüksek Lisans Tezi, Ankara.
- Pedrotti C.C. 2001. Flora dei muschi d'Italia (Sphagnopsida, Andreaeopsida, Bryopsida, I parte). Antonio delfino Editore medicina-scienze. Roma.
- Pedrotti C.C. 2006. Flora dei muschi d'Italia. Bryopsida (II parte). Antonia Delfi no Editore medicina-scienze. Roma.
- Savaroğlu F. Tokur S. 2006. The Moss Flora (Musci) of the Sündiken Mountains. *Turkish Journal of Botany*. 30: 137-148.
- Smith A.J.E. 1996. The Liverworts of Britain and Ireland, ISBN: 0-521-42473-9, 384 pp. Cambridge University Press, Cambridge.
- Smith A.J.E. 2004. The Moss Flora of Britain and Ireland. Second Edition, ISBN: 0-52181640-8, 1012 pp, Cambridge University Press, Cambridge.
- Tarıkahya B. Erik S. 2005. Flora of Kirmir Valley (Güdül, Ankara). *Turkish Journal of Botany*. 29:6, 435-461.
- Türker H. 1990. Ayaş, Güdül, Beypazarı ve Polatlı Arasında Kalan Bölgenin Florası. Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Ankara.
- URL1. <https://en.climate-data.org/asia/turkey/ankara/ankara-172/> [Erişim: 19 Mart 2024].
- URL 2. https://tucaum.ankara.edu.tr/wp-content/uploads/sites/280/2015/08/tucaum1_9.pdf/ [Erişim: 12.05.2025].
- URL3. https://eskisehir.tarimorman.gov.tr/Belgeler/2016_Faaliyet_Raporu.pdf. [Erişim: 12.05.2025].
- Uyar G. Çetin B. 2001. The Moss Flora of Ankara-Kızılcahamam Soğuksu National Park. *Turkish Journal of Botany*. 25:5, 261-273.
- Uyar G. Ören M. Alataş M. 2022. Işık Dağı (Ankara-Çankırı) Briyofit Florası. *Anatolian Bryology*. 8:1, 1-29.
- Yücel E. Ezer T. 2017. New national and regional bryophyte records, 53. 14. *Entosthodon hungaricus* (Boros) Loeske. *Journal of Bryology*. 39:4, 373-374.
- Yücel E. Ezer T. 2018a. New national and regional bryophyte records, 56. 14. *Encalypta affinis* R.Hedw. *Journal of Bryology*. 40:11, 3-7.
- Yücel E. Ezer T. 2018b. The Bryophyte Flora of Eskişehir Province (Turkey). *Arctoa*. 27: 164-171.
- Yücel E. Magill R.E. 1997. Eskişehir Bölgesi Karayosunları (Musci) üzerine Bir Araştırma. *Anadolu Üniversitesi, Fen Fakültesi Dergisi*. 3: 43-50.
- Yücel E. Tokur S. 1989. Eskişehir Yöresi Bazı Bryidae Alt Sınıfı Türleri Üzerinde Floristik Çalışmalar I. – Anadolu Üniversitesi, Fen Edebiyat Dergisi 2: 9-16.
- Yılmaz R. 1996. Sarıçal Dağı (Nallıhan) Florası. Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Ankara.



<http://dergipark.org.tr/tr/pub/anatolianbryology>

DOI: 10.26672/anatolianbryology.1718549

Anatolian Bryology
Anadolu Briyoloji
Dergisi
Research Article
e-ISSN:2458-8474
Online



Investigation of the Antimicrobial and Antifungal Activities of Some Moss Species (*Scleropodium touretii* (Brid.) L.F.Koch, *Hypnum cupressiforme* Hedw. var. *lacunosum* Brid., *Brachythecium glareosum* (Bruch ex Spruce) Schimp.)

Güray UYAR¹ , Sibilay KOÇAŞ¹ , Nazife ASLAN² , Gülden VURAL³ , Mıhrıcan BALABAN ZOR¹

¹Ankara Hacı Bayram Veli University, Polatlı Science and Arts Faculty, Department of Biology, Ankara, TÜRKİYE

²Ankara Hacı Bayram Veli University, Polatlı Science and Arts Faculty, Department of Chemistry, Ankara, TÜRKİYE

³Gazi University, Health Services Vocational School, Department of Medical Services and Techniques, Ankara, TÜRKİYE

Received: 14 June 2025

Revised: 28 June 2025

Accepted: 30 June 2025

Abstract

This study evaluated the antibacterial and antifungal activities in ethanol, methanol, acetone, chloroform, hexane, ethyl acetate and isopropanol extracts of moss species; *Scleropodium touretii* (Brid.) L.F.Koch, *Hypnum cupressiforme* Hedw. var. *lacunosum* Brid. and *Brachythecium glareosum* (Bruch ex Spruce) Schimp., which was collected from the Zonguldak province of Turkey against 10 different microorganisms, including 4 gram-positive bacteria, 4 gram-negative bacteria and 2 yeast fungi species. Different fractions of the mosses were screened using the disc diffusion (qualitative), the agar-well diffusion method, and the minimum inhibitory concentration (MIC) methods. Inhibition of bacterial growth was compared with that of ciprofloxacin, erythromycin, penicillin and also, for fungal growth flukanozol-B as positive control and solvents and distilled water as negative control. The tests were performed in triplicate for each microorganism evaluated. The final results were presented as the arithmetic averages. The results showed that the most effective solvents were methanol and acetone, while hexane had the lowest antimicrobial activity. When evaluated in terms of microorganisms; *Enterococcus faecalis*, *Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus* and *Bacillus subtilis* showed the highest sensitivity to moss extracts. However, *Pseudomonas aeruginosa* and *Candida albicans* strains were found to be resistant to these extracts. In addition, among the moss species, *H. cupressiforme* var. *lacunosum* was determined to be the most effective species in terms of the number of affected microorganisms. These findings indicate the potential of mosses for the development of antimicrobial and antifungal agents. This study provides a basis for the investigation of alternative therapeutic agents that can be obtained from natural plant sources and paves the way for further studies in this field.

Keywords: Moss, Disk diffusion test, Agar well diffusion method, Minimum inhibitory concentration (MIC) test.

Bazı Karayosunu Türlerinin (*Scleropodium touretii* (Brid.) L.F.Koch, *Hypnum cupressiforme* Hedw. var. *lacunosum* Brid., *Brachythecium glareosum* (Bruch ex Spruce) Schimp.) Antimikrobiyal ve Antifungal Aktivitelerinin Araştırılması

Öz

Bu çalışmada, Türkiye'nin Zonguldak ilinden toplanan *Scleropodium touretii* (Brid.) L.F.Koch, *Hypnum cupressiforme* Hedw. var. *lacunosum* Brid. ve *Brachythecium glareosum* (Bruch ex Spruce) Schimp. karayosunu türlerinin etanol, metanol, aseton, kloroform, hekzan, etil asetat ve izopropanol özütlerindeki antibakteriyel ve antifungal aktiviteler, 4 gram-pozitif bakteri, 4 gram-negatif bakteri ve 2 maya mantarı türü olmak üzere 10 farklı mikroorganizmaya karşı değerlendirilmiştir. Karayosunlarının farklı fraksiyonları disk difüzyon (kalitatif), agar-kuyu difüzyon yöntemi ve minimum inhibitör konsantrasyon (MİK) yöntemleri kullanılarak tarandı. Bakteriyel büyümenin inhibisyonu siprofloksasin, eritromisin, penisilin antibiyotik diskleri ve ayrıca fungal büyüme için pozitif kontrol olarak flukanozol-B antifungal diskleri ve negatif kontrol olarak da çözücüler ve damıtılmış su ile karşılaştırıldı. Değerlendirilen her mikroorganizma için testler üçlü olarak gerçekleştirildi. Sonuçlar aritmetik ortalamalar alınarak

* Corresponding author: guray.uyar@hbv.edu.tr

To cite this article: Uyar G. Koçaş S. Aslan N. Vural G. Balaban Zor M. 2025. Investigation of the Antimicrobial and Antifungal Activities of Some Moss Species (*Scleropodium touretii* (Brid.) L.F.Koch, *Hypnum cupressiforme* Hedw. var. *lacunosum* Brid., *Brachythecium glareosum* (Bruch ex Spruce) Schimp.). *Anatolian Bryology*. 11:1, 72-82.



This work is licensed under a Creative Commons Attribution Non-Commercial 4.0 International License

sunuldu. Çalışmadan elde edilen sonuçlar en etkili çözücülerin metanol ve aseton olduğunu, en düşük antimikrobiyal aktiviteye sahip olanın ise hekzan olduğunu gösterdi. Mikroorganizmalar açısından ise; *Enterococcus faecalis*, *Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus* ve *Bacillus subtilis*'in çalışılan karayosunu özütlerine en yüksek duyarlılığı olduğu görüldü. Ancak *Pseudomonas aeruginosa* ve *Candida albicans* suşlarının ise bu özütlerle karşı dirençli olduğu bulundu. Ayrıca çalışılan karayosunu türleri arasında *H. cupressiforme* var. *lacunosum*'un etkilenen mikroorganizma sayısı açısından en etkili özüte sahip olduğu belirlendi. Bu bulgular bize karayosunların antimikrobiyal ve antifungal ajanların geliştirilmesinde potansiyelini göstermektedir. Bu çalışma, doğal bitki kaynaklarından elde edilebilecek alternatif terapötik ajanların araştırılması için bir temel sağlamakta ve bu alanda daha ileri çalışmalara zemin hazırlamaktadır.

Anahtar kelimeler: Karayosunları, Disk difüzyon testi, Agar kuyucuk difüzyon metodu, Minimum inhibitör konsantrasyon (MİK) testi.

1. Introduction

The fight against rapidly increasing epidemics worldwide is becoming more difficult as time goes by. Fungi, bacteria and other pathogenic microorganisms cause many problems for both humans and other living things used in animal and agricultural production. Therefore, in recent years, the use of plants, particularly medicinal and aromatic species, has increased in the search for bioactive substances that can be used to control diseases caused by microorganisms. Although many synthetic drugs have been produced with the developing technology in this fight process, after a certain point, these are not enough and bacteria become resistant to antibiotics over time, leading scientists to search for new antimicrobial and antifungal substances. In this context, bryophytes, which have been used as medicinal plants in traditional medicine for centuries due to the chemical components they contain throughout history, are remarkable in the search for new antimicrobial and antifungal substances. In fact, in many scientific studies conducted since the 1960s, it has been determined that bryophytes contain hundreds of new compounds, including many aromatics and terpenoids, and that these compounds exhibit various activities such as antimicrobial, antifungal, cytotoxic, antitumor and insecticidal properties that can be used in agricultural and medical processes (Asakawa, 2007; Üçüncü et al., 2010; Pant 1998; Saxena and Harinder, 2004). Therefore, in this study, we wanted to investigate the antimicrobial and antifungal activities of the extractions obtained from some species of mosses, on which no active substance was studied. The presence of such a variety of secondary metabolites in this plant group has resulted in their evolutionary success in surviving against fluctuating climatic conditions. Today, bryophytes are the oldest known small non-vascular terrestrial plants that constitute the largest part of the plant kingdom after angiosperms (Shaw and Renzaglia, 2004). They are also

classified as seedless plants because they reproduce by spores instead of seeds, or as cryptogams because their gamete-producing structures are hidden. The small size of these plants means they produce less biomass, which makes them less known to most people (Harris, 2008). Evolutionarily, they are between algae and vascular plants (Smith, 2004). It is estimated that there are approximately 15,000-20,000 bryophyte species on Earth, with more than 1,000 genera, and they are the most primitive living plants (Smith, 2004). Systematically, bryophytes are studied under the sub-kingdom Bryobiotina in the plant kingdom, divided into 3 sections. These are; liverworts (Marchantiophyta), hornworts (Anthocerotophyta) and mosses (Bryophyta) (Kürschner and Frey, 2011). Bryophytes, which have an important place in terms of biodiversity, can be found on various substrates such as soil, rocks and trees, usually in moist and shady places.

2. Materials and Methods

2.1 Collection and identification of moss species

Moss samples were collected in April 2024 from six different stations within the Kozlu, Devrek, and Çatalağzı districts of the Zonguldak province. The samples were identified by Prof. Dr. Güray UYAR. The moss species selected for this study were *Brachythecium glareosum* (Bruch ex Spruce) Schimp. and *Scleropodium touretii* (Brid.) LF Koch. and *Hypnum cupressiforme* var. *lacunosum* Brid. The location details of these samples are presented in Table 1.

2.2. Used microorganisms

A total of 10 different microorganisms were selected for evaluating the antimicrobial and antifungal activities of the extracts obtained in the experimental study. This selection comprised 4 gram-negative bacterial species, 4 gram-positive bacterial species, and 2 fungal species, as detailed in Table 2.

Table 1. Location information of collected moss species

Station No.	Altitude	Coordinates	Vegetation and Location
1.	47 m	41°29'35.2"N 031°52'49.2"E	Çatalağzı district in Zonguldak province, mixed leafy forest (<i>Fagus orientalis</i> Lipsky. and <i>Carpinus betulus</i> L.) roadside on rocks
2.	30 m	41°30'00.2"N 31°53'56.8"E	Çatalağzı district in Zonguldak province, mixed forest edge, open area next to dam reservoir.
3.	88 m	41°30'31.3"N 31°57'19.2"E	Muslu district in Zonguldak province, roadside slopes.
4.	342 m	41°23'38.7"N 031°42'44.5"E	Değirmenağzı region of Kozlu district in Zonguldak province, close to roadside on the way to hospital, mixed leafy forest (<i>Fagus orientalis</i> Lipsky. and <i>Carpinus betulus</i> L.)
5.	504 m	41°08'02.7"N 032°01'37.6"E	Devrek district of Zonguldak province, Beldibi mixed leafy forest (<i>Fagus orientalis</i> Lipsky. and <i>Carpinus betulus</i> L.)
6.	450 m	41°23'28.2"N 031°50'44.7"E	Roadside slopes in urban forest of Zonguldak province

Table 2. Information on the strains of the used microorganisms

Family	Species of used microorganisms	Laboratory from which it was supplied
Pseudomonadaceae	<i>Pseudomonas aeruginosa</i> ATCC 27853	Gazi University, Faculty of Dentistry, Department of Medical Microbiology
Enterobacteriaceae	<i>Enterobacter aerogenes</i> ATCC 13048 <i>Klebsiella pneumoniae</i> MTCC 109 <i>Escherichia coli</i> ATCC 35218	Gazi University, Faculty of Dentistry, Department of Medical Microbiology
Enterococcaceae	<i>Enterococcus faecalis</i> ATCC 29212	Gazi University, Faculty of Dentistry, Department of Medical Microbiology
Staphylococcaceae	<i>Staphylococcus aureus</i> ATCC 25923	Gazi University, Faculty of Dentistry, Department of Medical Microbiology
Bacillaceae	<i>Bacillus subtilis</i> ATCC 6633	Gazi University, Faculty of Dentistry, Department of Medical Microbiology
Streptococcaceae	<i>Streptococcus pyogenes</i> ATCC 12344	Gazi University, Faculty of Dentistry, Department of Medical Microbiology
Saccharomycetaceae	<i>Candida albicans</i> ATCC 10231 <i>Saccharomyces cerevisiae</i> ATCC 9763	Gazi University, Faculty of Dentistry, Department of Medical Microbiology

2.3 Extraction Process

Following the removal of foreign substances, the mosses collected from various stations were subjected to a series of treatments. Initially, they were washed with distilled water and dried on blotting paper. The mosses were then ground into a powder using a laboratory blender. The resulting powder was transferred to 5-g zip-lock bags and placed in volumetric flasks. Subsequently, 250 ml of different solvents (methyl alcohol, ethyl alcohol, acetone, chloroform, ethyl acetate, hexane, and isopropanol) were added to the flasks. The mouths of the flasks were sealed with Parafilm, and the samples were left at room temperature for one day. The temperature was adjusted to a value close to the boiling point of the solvent in each solution, and a magnetic stirrer was added. The extraction process was then carried out in a Soxhlet system by stirring the samples for 6 hours. The resulting extracts were collected using a filter paper and a funnel, and the solvents were separated from the extracts. The extracts were then placed in a rotary evaporator device for concentration. In this process, the solvents were evaporated under vacuum, low temperature, and pressure conditions

until 2-4 ml of the extract remained. Once the desired volume was reached, the extracts were transferred to 2.0 ml capacity Eppendorf tubes using sterile pipettes (Şimşek, 2012).

2.4. Determination of the antimicrobial and antifungal activities of the mosses

The study employed disk diffusion, agar well diffusion, and minimum inhibitory concentration (MIC) tests to assess the antimicrobial and antifungal properties of three distinct moss samples against a range of microorganisms. These methods facilitated the measurement and comparison of the efficacy of the moss extracts.

2.5. Disk diffusion and agar well method

The antimicrobial susceptibility of eight bacterial species, including *Staphylococcus aureus*, *Enterococcus faecalis*, *Bacillus subtilis*, *Streptococcus pyogenes*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Enterobacter aerogenes*, *Klebsiella pneumoniae*, and *Escherichia coli*, was evaluated using Mueller-Hilton Agar (MHA) medium for disk diffusion and agar well diffusion tests. Mueller-Hinton Broth (MHB) was employed as

the liquid medium in the minimum inhibitory concentration (MIC) tests for these bacteria. In contrast, Sabouraud Dextrose Agar (SDA) was utilized for the disk diffusion and agar well diffusion tests of *Candida albicans* and *Saccharomyces cerevisiae* yeasts, while Sabouraud Dextrose Broth (SDB) liquid medium was used to determine the MIC values. To prepare the MHA medium, 38 grams of the medium was dissolved in 1 liter of distilled water. The medium was subsequently sterilized by autoclaving at 121 degrees Celsius for 15 minutes. The prepared medium was then poured into Petri dishes and allowed to harden at room temperature before being used for microbiological testing (Balouri et al., 2016).

2.7. Minimum inhibitory concentration (MIC) method

Standardization of the microorganisms and inoculation was performed in accordance with the 0.5 McFarland standard. A suspension of the microorganisms was prepared by taking a small amount of the sample into a test tube using a sterile loop and mixing it. The turbidity of the suspension was measured and compared to the 0.5 McFarland standard turbidity, as described by Şenol et al. (2007) and Andrews (2001). A sample of the microorganism solution that met the 0.5 McFarland standard was then taken using a sterile swab stick and spread evenly across the medium in petri dishes in three different directions. Following inoculation, 6 mm sterile empty disks were placed at equal intervals in the medium using tweezers and impregnated with 20 µL of extract for the disk diffusion test. Four disks were used in each 90-mm sterile plastic petri dish. The disks were left to dry for 24 hours to allow the extracts to evaporate and dry, as recommended by Altuner (2008). For the agar well diffusion method, 5-6 mm diameter

wells were opened in the solidified medium using sterile pipette tips at equal intervals. Duplicate samples of each extract were added to the wells in a volume of 60 μ L. The prepared petri dishes were then incubated in an oven at 37°C for 18-24 hours to provide suitable conditions for the growth of microorganisms. After incubation, the petri dishes were removed from the oven and the diameter of the growth was measured using a ruler from one end to the other, as described by Altuner (2008).

2.6. Standardization of the microorganisms and inoculation

The positive control of the study consisted of antibiotic disks containing Penicillin (P10), Gentamicin (CN10), Tobramycin (TOB10), Erythromycin (E15), Tetracycline (TE30) and Ciprofloxacin (CIP5) for bacteria and fluconazole disks for fungi. These disks served as an effective positive control because of their sensitivity to antibiotics. Conversely, the negative control of the experiment involved the use of ethyl alcohol, methyl alcohol, hexane, chloroform, ethyl acetate, acetone and isopropanol solvents.

3. Findings

3.1. Zone diameter tables

The zone diameters obtained from the disk diffusion, agar well, and minimum inhibition methods are presented in the tables below.

The zone diameters of the *B. glareosum* extract obtained via the disk diffusion method on the studied microorganisms are presented in millimetres. As shown in Table 3, the plant extracts prepared in the chloroform solution exhibited a greater effect on the *E. coli* (11 mm), *E. faecalis* (12 mm), *B. subtilis* (10 mm), and *E. aerogenes* (10 mm) strains than the solvents.

Table 3 Disk diffusion results of *B. glareaosum* extracts prepared using different filters for various microorganisms, highlighting the antimicrobial efficacy of the extracts against a range of pathogens.

[illegible]

Table 4. Agar Well Diffusion results of *B. glareosum* extracts prepared with different wells for various microorganisms

<i>B.glareosum</i>	<i>S.pyogenes</i>	<i>S.aureus</i>	<i>E.faecalis</i>	<i>B.subtilis</i>	<i>K.pneumonia</i>	<i>E.aerogenes</i>	<i>P.aeruginosa</i>	<i>E.coli</i>	<i>C.albicans</i>	<i>S.cerevisiae</i>
1-1 (methanol)	14	6	6	7	6	6	6	6	6	12
methanol	10	9	10	8	7	9	8	12	12	12
1-2(ethanol)	10	8	10	11	12	9	10	9	10	10
ethanol	12	8	9	7	12	15	18	10	20	15
1-3(chloroform)	6	10	15	10	9	8	12	12	6	6
chloroform	9	9	7	6	10	6	13	7	12	12
1-4(aseton)	6	8	9	8	6	6	6	7	6	4
aseton	10	10	10	8	9	11	9	10	15	13
1-5isopropanol)	10	11	11	10	11	12	8	16	12	9
isopropanol	12	10	14	10	14	14	14	10	14	8
1-6(etil asetat)	7	10	8	6	12	7	7	10	7	8
etil asetat	12	7	11	6	12	11	11	10	12	7
1-7(hexane)	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
hexane	10	6	6	6	6	6	6	6	6	6

Table 5. MIC values of *B. glareosum* extracts prepared with different reagents for various microorganisms

<i>B.glareosum</i>	<i>S.pyogenes</i>	<i>S.aureus</i>	<i>E.faecalis</i>	<i>B.subtilis</i>	<i>K.pneumonia</i>	<i>E.aerogenes</i>	<i>P.aeruginosa</i>	<i>E.coli</i>	<i>C.albicans</i>	<i>S.cerevisiae</i>
1-1.methanol	1,25									
methanol	2,5	1,25						2,5	2,5	
1-2.ethanol		1,25			2,5					
ethanol	2,5	1,25	1,25		2,5			0,625		
1-3.chloroform								1,25		
chloroform	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5			1,25		
1-4.aseton										
aseton		2,5								
1-										
isopropanol		1,25						0,625	1,25	
1-6.etil asetat				1,25				1,25		
etil asetat		2,5	2,5					1,25	2,5	
1-7.hexane	1,25									
hexane										

The zone diameters obtained using the agar well diffusion method for the *B. glareosum* extract on the studied microorganisms are presented in millimetres. As indicated in Table 4, the plant extract dissolved in the isopropanol solution exhibited greater activity than the solvent against *E. coli* (16 mm), *S. aureus* (11 mm), and *S. cerevisiae* (9 mm) strains.

The ethanolic extract of *B. glareosum* species exhibited antibacterial activity against *S. aureus* and *K. pneumoniae* strains at concentrations of 1.25 µl/ml and 2.5 µl/ml, respectively. Notably, the solvent ethanol also demonstrated comparable inhibition values against these microorganisms.

Table 6 presents the zone diameters in millimeters obtained via the disk diffusion method of *S. touretii* extract on the investigated microorganisms. Notably, the plant extract prepared in methanol solution yielded a significantly wider inhibition zone diameter on the

E. aerogenes (11 mm) strain compared to the solvent.

Table 7 presents the zone diameters obtained via the agar well diffusion method for the studied microorganisms treated with the *S. touretii* extract. Notably, the plant extract dissolved in ethanol exhibited greater efficacy than the solvent alone against *S. aureus* (9 mm), *E. faecalis* (10 mm), and *B. subtilis* (8 mm) strains.

Examination of Table 8 revealed that the ethanolic and chloroform extracts exhibited inhibitory effects on bacterial growth at a concentration of 1.25 µl/ml in the *K. pneumoniae* strain. Conversely, the effectiveness of the ethanol and chloroform solvents was observed at a concentration of 2.5 µl/ml, indicating that the plant extracts are capable of inhibiting bacterial growth at lower concentrations than the respective solvents.

Table 6 The disk diffusion results of *S. touretii* extracts prepared using different filters for various microorganisms.

[illegible]

Table 7. Agar Well Diffusion results of *S. toureii* extracts prepared with different reagents for various microorganisms

<i>S.touretii</i>	<i>S.pyogenes</i>	<i>S.aureus</i>	<i>E.faecalis</i>	<i>B.subtilis</i>	<i>K.pneumonia</i>	<i>E.aerogenes</i>	<i>P.aeruginosa</i>	<i>E.coli</i>	<i>C.albicans</i>	<i>S.cerevisiae</i>
2-1(methanol)	8	6	6	6	6	7	6	8	6	10
methanol	10	9	10	8	7	9	8	12	12	12
2-2(ethanol)	9	9	10	8	10	10	11	9	10	12
ethanol	12	8	9	7	12	15	18	10	20	15
2-3(chloroform)	8	8	10	8	10	6	14	9	9	7
chloroform	9	9	7	6	10	6	13	7	12	12
2-4(aseton)	7	6	7	6	6	6	6	7	7	6
aseton	10	10	10	8	9	11	9	10	15	13
2-5(isopropanol)	8	8	9	9	9	10	9	8	12	10
isopropanol	18	10	14	10	14	14	14	10	14	8
2-6(etil asetat)	8	8	17	7	10	6	8	10	7	12
etil asetat	12	7	11	6	12	12	11	10	12	7
2-7(hexane)	6	6	6	7	6	6	6	6	6	6
hexane	10	6	6	6	6	6	6	6	6	6

Table 8. The minimum inhibitory concentration (MIC) values of *S. touretii* extracts prepared with different reagents against various microorganisms.

[illegible]

Table 9. Disk Diffusion results of *H. cupressiforme* var. *lacunosum* extracts prepared with different filters for various microorganisms

<i>H. cupressiforme</i>	<i>S.pyogenes</i>	<i>S.aureus</i>	<i>E.faecalis</i>	<i>B.subtilis</i>	<i>K.pneumonia</i>	<i>E.aerogenes</i>	<i>P.aeruginosa</i>	<i>E.coli</i>	<i>C.albicans</i>	<i>S.cerevisiae</i>
3-1 methanol	7	6	6	6	6	6	6	6	6	6
methanol	6	8	10	8	7	9	8	9	10	12
3-2 ethanol	11	11	10	9	8	10	10	10	12	12
ethanol	10	9	10	8	8	5	18	10	20	15
3-3 chloroform	7	10	11	8	8	14	8	9	8	8
chloroform	7	10	10	8	10	7	13	10	12	12
3-4 aseton	7	10	10	9	7	9	7	9	7	10
aseton	10	7	10	8	9	11	9	10	15	13
3-5 isopropanol	12	10	10	10	8	11	14	10	12	6
isopropanol	12	11	14	18	14	14	14	18	14	8
3-6 etil asetat	6	10	11	11	10	8	7	11	10	6
etil asetat	12	7	11	6	12	12	11	10	12	7
3-7(hexane)	6	6	14	12	6	6	6	6	6	6
hexane	10	6	6	6	6	6	6	6	6	6

Table 10. Agar Well Diffusion results of *H. cupressiforme* var. *lacunosum* extracts prepared with different reagents for various microorganisms

<i>H. cupressiforme</i>	<i>S.pyogenes</i>	<i>S.aureus</i>	<i>E.faecalis</i>	<i>B.subtilis</i>	<i>K.pneumonia</i>	<i>E.aerogenes</i>	<i>P.aeruginosa</i>	<i>E.coli</i>	<i>C.albicans</i>	<i>S.cerevisiae</i>
3-1(methanol)	7	6	6	6	6	6	6	6	6	6
methanol	10	9	10	8	7	9	8	12	12	12
3-2(ethanol)	11	9	10	9	8	10	10	10	12	12
ethanol	12	8	9	7	8	5	18	10	20	15
3-3(chloroform)	7	10	11	8	8	14	8	9	8	8
chloroform	9	9	7	6	10	6	13	7	12	12
3-4(aseton)	7	9	10	9	7	9	7	9	7	10
aseton	10	10	10	8	9	11	9	10	15	13
3-5(isopropanol)	12	10	10	10	8	11	14	10	12	6
isopropanol	12	10	14	10	14	14	14	10	14	8
3-6(etil asetat)	6	8	12	6	10	8	7	14	7	6
etil asetat	12	7	11	6	12	12	11	10	12	7
3-7(hexane)	6	6	14	12	6	6	6	6	6	6
hexane	10	6	6	6	6	6	6	6	6	6

Table 9 presents the zone diameters obtained via the disk diffusion method for the extract of *H. cupressiforme* var. *lacunosum* on the investigated microorganisms. The efficacy of the plant extract prepared in ethanolic solution was found to be greater than that of the solvent in *S. aureus* (11 mm), *B. subtilis* (9 mm), *E. aerogenes* (10 mm) and *S. pyogenes* (11 mm) strains.

Table 10 presents the zone diameters of the *H. cupressiforme* var. *lacunosum* extract obtained via the agar well diffusion method on the investigated microorganisms. The results indicate that the

antimicrobial activity of the plant extract prepared in an ethanolic solution was more pronounced against *S. aureus* (9 mm), *E. faecalis* (10 mm), *B. subtilis* (9 mm) and *E. aerogenes* (10 mm) strains compared to the solvents used.

Data from Table 11 indicate that bacterial growth was observed at a concentration of 1.25 µl/ml in both the plant extract and ethanol solvent in the *S. aureus* strain, suggesting that the antimicrobial activity of ethanol is comparable to that of the plant extract.

Table 11. MIC values of *H. cupressiforme* var. *lacunosum* extracts prepared with different reagents for various microorganisms

<i>H. cupressiforme</i>	<i>S.pyogenes</i>	<i>S.aureus</i>	<i>E.faecalis</i>	<i>B.subtilis</i>	<i>K.pneumonia</i>	<i>E.aerogenes</i>	<i>P.aeruginosa</i>	<i>E.coli</i>	<i>C.albicans</i>	<i>S.cerevisiae</i>
3-1(methanol)	7	6	6	6	6	6	6	6	6	6
methanol	10	9	10	8	7	9	8	12	12	12
3-2(ethanol)	11	9	10	9	8	10	10	10	12	12
ethanol	12	8	9	7	8	5	18	10	20	15
3-3(chloroform)	7	10	11	8	8	14	8	9	8	8
chloroform	9	9	7	6	10	6	13	7	12	12
3-4(aseton)	7	9	10	9	7	9	7	9	7	10
aseton	10	10	10	8	9	11	9	10	15	13
3-5(isopropanol)	12	10	10	10	8	11	14	10	12	6
isopropanol	12	10	14	10	14	14	14	10	14	8
3-6(etil asetat)	6	8	12	6	10	8	7	14	7	6
etil asetat	12	7	11	6	12	12	11	10	12	7
3-7(hexane)	6	6	14	12	6	6	6	6	6	6
hexane	10	6	6	6	6	6	6	6	6	6

3.2. Statistical calculations of zone diameters

Statistical calculations of the zone diameters were conducted with three replications. The obtained data were subjected to statistical analysis, which included the Kruskal-Wallis Variance test, Mann–Whitney U test, and Pearson Chi-square analysis.

The difference between the median values of the data belonging to three parallel groups was analysed with the Kruskal-Wallis test. As a result of the analysis, no significant difference was observed between the mean ranks ($p>0.081$). This result shows that the repetitions between the

parallel groups are close to each other and the test results are compatible with each other (Table 12).

The Kruskal-Wallis test, as presented in Table 13, was conducted to determine whether variations in extract diameters were influenced by plant species. The analysis revealed a statistically significant difference between the plants ($p < 0.05$). Examination of the rank averages indicated that *H. cupressiforme* var. *lacunosum* exhibited the highest activity, whereas *S. touretii* displayed the lowest activity. These results demonstrate that the activities of the tested plants differed significantly and were dependent on the plant species.

Table 12. Repeat results of experiments

Extract Diameter	Parallel	N	Average Rank	sd	Chi-square	p
	1. Parallel	420	623,37	2	5,019	0,081
	2. Parallel	420	615,51			
	3. Parallel	420	622,61			

$p<0,05$

Table 13. Results of extract diameters according to mosses species

Extract Diameter	Mosses	N	Rank Avg.	sd	Chi-square	p
	<i>B. glareosum</i>	420	637	2	11,758	0,003
	<i>S. touretii</i>	420	585,03			
	<i>H. cupressiforme</i> var. <i>lacunosum</i>	420	669,48			

$p<0,05$

Table 14. Results of extract diameters according to solvent types

Extract diameter	Solvent Type	N	Rank Avg.	sd	Chi-square	p
	Methanol	180	372,44	6	524,388	0,00
	Ethanol	180	918,82			
	Chloroform	180	761,63			
	Acetone	180	465,86			
	Isopropanol	180	912,66			
	Etil Aseton	180	671,55			
	Hekzan	180	310,55			

$p<0,05$

Analysis of data from seven different solvents using the Kruskal-Wallis test revealed a statistically significant difference between the solvents at a p-value of less than 0.05. Examination of Table 14 indicates that the mean ranks of the solvents show ethanol (918.82) and isopropanol (912.66) to exhibit the highest activity, whereas hexane (310.55) demonstrated the lowest activity. These results highlight the significance of the solvent type on mosses and demonstrate the variability in activity among different solvents.

A comparison of the susceptibilities of gram-positive bacteria, gram-negative bacteria, and fungi was conducted using the Kruskal-Wallis test. The results indicated no statistically significant difference between the groups. Examination of the ranked means revealed that gram-positive bacteria exhibited slightly higher values than the other groups, although this difference was not statistically significant.

The sensitivity of 10 distinct microorganisms was assessed using the Kruskal-Wallis test, which revealed a statistically significant difference among the microorganisms. Examination of the rank averages presented in Table 16 indicates that *E. faecalis* exhibits the highest activity, whereas *S.*

pyogenes, *E. aerogenes*, and *P. aeruginosa* display low activity.

The sensitivity difference between gram-positive and gram-negative bacteria was investigated using the Mann-Whitney U test. The mean rank for gram-positive bacteria was determined to be 521.62, while that for gram-negative bacteria was 487.38, as per the results presented in Table 17. Although the obtained p-value of 0.059 exceeded the 0.05 significance threshold, gram-positive bacteria exhibited a greater tendency toward sensitivity.

The antimicrobial activity status of the plant species in Table 18 was classified as "effective" and "not effective" and compared with the observed and expected numbers. A Pearson chi-square value of 6.230 was obtained using the chi-square test, and the corresponding significance level was calculated as $p=0.044$. This outcome indicates a statistically significant difference between the groups at a significance level of $p<0.05$. Notably, *B. glareosum* and *H. cupressiforme* var. *lacunosum* exhibited higher "effective" status values than expected, whereas *S. touretii* showed a lower "effective" status than anticipated.

Table 15. Results of extract diameters according to the type of strain prepared

Ekstrakt çap	Suş	N	Sıra Ort.	sd	Ki-kare	p
	G Pozitif	504	656,03	2	4,229	0,121
	G Negatif	504	614,11			
	Mantar	252	612,2			

$p<0,05$

Table 16. Results of extract diameters according to microorganism type

Extract diameter	Microorganism Type	N	Rank Avg.	sd	Chi-square	p
	<i>S. pyogenes</i>	126	591,31	9	26,821	0,001
	<i>S. aureus</i>	126	634,65			
	<i>E. faecalis</i>	126	774,15			
	<i>B. subtilis</i>	126	624,03			
	<i>K. pneumonia</i>	126	609			
	<i>A. erogenes</i>	126	591,91			
	<i>P. aeruginosa</i>	126	591,89			
	<i>E. coli</i>	126	663,66			
	<i>C. albicans</i>	126	603,4			
	<i>S. cerevisiae</i>	126	621,01			

$p<0,05$

Table 17. Results of extract diameters according to gram positive and gram negative species.

Groups	N	Rank Avg.	Mann Whitney	Z Value	p
Gram Positive	504	521.62	118.382	-1,886	0,059
Gram Negative	504	487.38			

$p<0,05$

Table 18. Impact status results according to moss type.

Effect Status	Mosses	N	Chi-Square	sd	p
No Effect	<i>B. glareosum</i>	313	6,23	2	0,044
	<i>S. touretii</i>	342			
	<i>H. cupressiforme</i>	320			
Yes Effect	<i>B. glareosum</i>	107			
	<i>S. touretii</i>	78			
	<i>H. cupressiforme</i> var. <i>lacunosum</i>	100			

$p<0,05$

Table 19. Effect status results according to solvent type

Solvent Type	No Effect	Yes Effect	N	Chi-Square	sd	p
Methanol	167	13	180	110,667	6	0,00
Ethanol	125	55				
Chloroform	110	70				
Acetone	166	14				
Isopropanol	160	20				
Etil Aseton	121	59				
Hekzan	26	154				

p<0,05

The efficacy of the seven distinct solvents was evaluated using the Pearson Chi-Square test. As a result of this analysis, a statistically significant relationship was established between the solvent types and their antimicrobial effects. Notably, hexane emerged as the most effective solvent within the "effect" group, implying that it may exhibit enhanced antimicrobial properties compared to other solvents against specific microorganisms.

The study involved the evaluation of three distinct moss species (*B. glareosum*, *S. touretii*, *H. cupressiforme* var. *lacunosum*) and seven different solvent extracts (methanol, ethanol, acetone, chloroform, hexane, ethyl acetate, and isopropanol) against a panel of 10 microorganisms. This panel consisted of 4 gram-positive bacteria, 4 gram-negative bacteria, and 2 fungi, specifically: *Enterococcus faecalis* ATCC 29212, *Staphylococcus aureus* ATCC 25923, *Bacillus subtilis* ATCC 6633, *Streptococcus pyogenes* ATCC 12344, *Pseudomonas aeruginosa* ATCC 27853, *Enterobacter aerogenes* ATCC 13048, *Klebsiella pneumoniae* MTCC 109, *Escherichia coli* ATCC 35218, *Candida albicans* ATCC 10231, and *Saccharomyces cerevisiae* ATCC 9337. The antimicrobial and antifungal effects of these extracts were assessed.

This study conducted a comprehensive analysis of the activity levels against microorganisms and the impact of the solvents employed. The primary objective was to explore the potential therapeutic applications of bryophytes with the aim of addressing the growing issue of antimicrobial and antifungal drug resistance. The research findings revealed substantial variations between the solvents used and the types of microorganisms present.

Moss extracts typically demonstrated enhanced antimicrobial activity against gram-positive bacteria. Specifically, *B. glareosum* extracts displayed notable efficacy against gram-positive bacteria. Among the solvents employed, hexane extract yielded the highest level of inhibition, whereas methanol, acetone, and isopropanol were found to be ineffective. Furthermore, no antimicrobial or antifungal activity was observed

against *Pseudomonas aeruginosa* and *Candida albicans* strains.

S. touretii extracts showed strong antimicrobial and antifungal activity, especially against *Enterococcus faecalis*, *Bacillus subtilis* and *Saccharomyces cerevisiae*. However, they were ineffective against other microorganisms. The highest activity in this species was observed in the ethyl acetate extract, while methanol, ethanol, acetone and chloroform did not show any effect.

Extracts of *H. cupressiforme* var. *lacunosum* exhibited antimicrobial activity against *Staphylococcus aureus*, *Bacillus subtilis*, *Enterobacter aerogenes*, *Enterococcus faecalis* and *Escherichia coli* strains. Conversely, no antimicrobial activity was observed against *Streptococcus pyogenes*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Klebsiella pneumoniae*, *Candida albicans* and *Saccharomyces cerevisiae*. Notably, hexane and chloroform solvents yielded the highest antimicrobial activity, whereas methanol and isopropanol exhibited lower activity.

The results showed that ethanol and isopropanol were the most effective solvents, while methanol, acetone and hexane had the lowest antimicrobial activity. When evaluated in terms of microorganisms, *Enterococcus faecalis*, *Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus* and *Bacillus subtilis* showed the highest sensitivity to the moss extracts. *Pseudomonas aeruginosa* and *Candida albicans* strains were found to be resistant to the extracts.

At the microorganism level, *Pseudomonas aeruginosa* and *Candida albicans* strains exhibited resistance to moss extracts, whereas *Staphylococcus aureus*, *Bacillus subtilis*, *Enterococcus faecalis*, and *Escherichia coli* demonstrated the highest sensitivity to these extracts.

The solvent diameters were ranked in the following order: ethanol > isopropanol > chloroform > ethyl acetate > acetone > methanol > hexane, as indicated by the statistical analysis results. The plant species exhibiting the highest activity were *H. cupressiforme* var. *lacunosum*,

Brachythecium glareosum, and *S. touretii*, in descending order of activity. In terms of microorganisms, the highest activity was observed in *E. faecalis*, followed by *E. coli*, *B. subtilis*, *S. cerevisiae*, *K. pneumoniae*, *C. albicans*, *E. aerogenes*, *P. aeruginosa*, and *S. pyogenes*.

A comparative analysis of microorganism species based on their diameters revealed that fungi exhibited greater resistance than gram-negative bacteria, which in turn demonstrated greater resistance than gram-positive bacteria. The antimicrobial efficacy of the plant extract was found to be lower in instances where the solvent diameters exceeded the diameter of the plant extract.

This investigation demonstrated that bryophytes exhibit substantial antimicrobial and antifungal properties against certain microorganisms, suggesting their potential as sources in drug development processes. The findings indicate that these plants can serve as a natural alternative in pharmaceutical and medical applications and may also inform further research in this area.

Observations have been made that extracts derived from mosses possess potential as natural antimicrobial and antifungal agents in pharmaceutical development. Consequently, it is considered essential to establish suitable methods for large-scale industrial applications and to investigate the use of these extracts within the pharmaceutical, agricultural, and food industries.

Declaration

Author contributions: Idea/Concept: GU, SK, NA, GV; Conceptualization and design: GU, SK, NA, GV, MBZ; Auditing consulting: GU, SK, NA, GV, MBZ; References: GU, SK, NA, GV, MBZ; Materials: GU, SK, NA, GV, MBZ; Data collection and/or processing: GU, SK, NA, GV, MBZ; Analysis and/or interpretation: GU, SK, NA, GV, MBZ; Literature search: GU, SK, NA, GV, MBZ; Writing phase: GU, SK, NA, GV, MBZ; Critical review: GU.

Conflict of interest: The authors have no competing interests to declare in relation to the content of this article.

Funding: We would like to thank Ankara Hacı Bayram Veli University Scientific Research Support Fund for financially supporting our work with project no: TYL-2024-59.

Ethical approval: This research does not involve human or animal subjects and therefore does not require ethical approval.

References

- Altuner E. M. 2008. Bazı karayosunu türlerinin antimikrobiyal aktivitesinin belirlenmesi, (Doktora Tezi), A.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Andrews J.M. 2001. Minimum inhibitor konsantrasyonlarının belirlenmesi. Antimikrobiyal Kemoterapi Dergisi. 48(ek1), 5-16.
- Asakawa Y. 2007. Biologically active compounds from bryophytes. Pure and Applied Chemistry, 79:4, 557–580.
- Balouiri M. Sadiki M. Ibensouda S. K. 2016. Methods for in vitro evaluating antimicrobial activity: A review. Journal of Pharmaceutical Analysis. 6:2, 71-79.
- Harris E. S. 2008. Ethnobotany: traditional uses and folk classification of bryophytes. The Bryologist. 111:2, 169-217.
- Kürschner H. Frey W. 2011. Liverworts, mosses and hornworts of Southwest Asia (Marchantiophyta, Bryophyta, Anthocerotophyta). Nova Hedwigia Supplement. 139: 1-240.
- Pant G. 1998. Bryophytes as a potential source of medicinal compounds, Resonance. Journal of Science Education. 3:9, 61-65.
- Saxena D. K. Harinder 2004. Uses of bryophytes, Resonance. Journal of Science Education. 9:1, 56-65.
- Shaw J. A. Renzaglia K. S. 2004. The phylogeny and evolution of bryophytes: Key issues and current debates. The Bryologist. 107:3, 377-393.
- Smith A.J.E. 2004. The Moss Flora of Britain and Ireland. Second Edition, ISBN: 0-52181640- 8, 1012 pp, Cambridge University Press, Cambridge.
- Şenol G. Kiraklı C. Halilçolar H. 2007. In vitro antibacterial activities of oral care products against ventilator-associated pneumonia pathogens. American Journal of Infection Control. 35:8, 531-535.
- Şimşek F. 2012. Soxhlet ve Mikrodalga Ekstraksiyon Yöntemlerinin Karşılaştırılması. Türkiye Biyoloji Dergisi. 45:3, 231-239.
- Üçüncü O. Cansu T. B. Özdemir T. Karaoğlu Ş. A. Yaylı N. 2010. Chemical composition and antimicrobial activity of the essential oils of mosses (*Tortula muralis* Hedw., *Homalothecium lutescens* (Hedw.) H. Rob., *Hypnum cupressiforme* Hedw., and *Pohlia nutans* (Hedw.) Lindb.) from Turkey. Turkish Journal of Chemistry. 34:5, 825-834.

The Scope of Anatolian Bryology

Anatolian Bryology, related to mosses, liverworts and hornworts, publishes original research articles on morphology, ultrastructure, diversity, distribution, conservation, threatened species and their habitats, genetics, biotechnology, systematic, evolution phylogeography, ecology, environmental management, and interrelationship among of the bryophytes.

Descriptive or experimental studies presenting clear research questions are accepted. The submitted paper must be original and unpublished and not under consideration for publication elsewhere. Manuscripts in English or in Turkish languages are welcome. Printed in Turkey. This journal is published two times a year, open access, and free.

Articles that do not comply or with the rules of subjects outside the scope of the journal will be rejected without peer review process. Each accepted article which fulfill the objective and scope of the journal, required to submit author's copyright transfer form duly signed by all authors to the editor prior to publication. All correspondences related to the publication process of the journal should be made by e-mail in the Internet environment. Contribution is open to researchers of all nationalities.

1. **Research articles:** Original research in various fields of bryophyte will be evaluated as research articles.
2. **Research notes:** These include articles such as preliminary notes on a study or manuscripts on the morphological, anatomical, cytological, chemical, and other properties of bryophyte species.
3. **Reviews:** Reviews of recent developments, improvements, discoveries, and ideas in various fields of bryophyte will be requested by the editor or advisory board.
4. **Letters to the editor:** These include opinions, comments relating to the publishing policy of the Turkish Journal of Botany, news, and suggestions. Letters are not to exceed one journal page.

Author Guidelines

Preparation of Manuscript

Style and format: Manuscripts should be double-spaced with 3-cm margins on all sides of the page, in Times New Roman font. Every page of the manuscript, including the title page, references, tables, etc., should be numbered. All copies of the manuscript should also have line numbers starting with 1 on each consecutive page. Manuscripts must be written in English and in Turkish. Contributors who are not native English speakers are strongly advised to ensure that a colleague fluent in the English language or a professional language editor has reviewed their manuscript. Concise English without jargon should be used. Repetitive use of long sentences and passive voice should be avoided. It is strongly recommended that the text be run through computer spelling and grammar programs. Either British or American spelling is acceptable but must be consistent throughout.

Symbols, units, and abbreviations: In general, the journal follows the conventions of Scientific Style and Format, The CSE Manual for Authors, Editors, and Publishers, Council of Science Editors, Reston, VA, USA (7th ed.). If symbols such as $\times$, μ , η , or v are used, they should be added using the Symbols menu of Word. Degree symbols ($^{\circ}$) must be used from the Symbol menu, not superscripted letter o or number 0. Multiplication symbols must be used ($\times$), not the letter x. Spaces must be inserted between numbers and units (e.g., 3 kg) and between numbers and mathematical symbols (+, -, $\times$, =, <, >), but not between numbers and percent symbols (e.g., 45%). Please use SI units. Generally, all numbers should be given as numerals (e.g., "In 2 previous studies..."); please consult the above-mentioned style manual for full details. All abbreviations and acronyms should be defined at first mention. Latin terms such as et al., in vitro, or in situ should not be italicized.

Manuscript content: Research articles should be divided into the following sections. Principal sections should be numbered consecutively (1. Introduction, 2. Materials and Methods, 3. Findings, 4. Results and Discussion etc.) and subsections should be numbered 1.1., 1.2., etc.

Since January 1st, 2017, "Anatolian Bryology" uses the iThenticate screening service to verify the authenticity of content submitted before publication. The iThenticate software checks submissions against millions of published research papers, documents on the web and other relevant sources. Authors can also use iThenticate to screen their work before submission by visiting <http://www.ithenticate.com>

The overall similarity index for submitted manuscript should be less than 20% (Except for taxa list and bibliography). This journal has used iThenticate (Plagiarism Detection Software).

Ethical Rules and Responsibilities

The editorial and publication processes of the journal are shaped in accordance with the guidelines of the Council of Science Editors ([CSE](#)), the Committee on Publication Ethics ([COPE](#)), the European Association of Science Editors ([EASE](#)), and National Information Standards Organization ([NISO](#)). Anatolian Bryology conforms to the Principles of Transparency and Best Practice in Scholarly Publishing (<https://doaj.org/bestpractice>).

Title and contact information

The first page should contain the full title in sentence case (e.g., The response of the xerophytic plant *Syntrichia caninervis* var. *gypsophila* (J.J. Amann ex G. Roth) Ochyra to salt and drought stresses: the role of the antioxidant defence system), the full names (last names fully capitalized) and affiliations of all authors (Department, Faculty, University, City, Country), and the contact e-mail address for the clearly identified corresponding author.

Abstract

The abstract should provide clear information about the research and the results obtained, and should not exceed 200 words.

Keywords

Please provide 3–10 key words or phrases to enable retrieval and indexing. Acronyms should be avoided. In order to establish a standard terminology in the keywords and to enable the researchers to access the articles in an easy way, scientific articles should have the appropriate number of keywords in the appropriate quality and standard terminology. Scientific keywords in the article should be selected from Turkey Science Terms. In this regard: <http://www.bilimterimleri.com> can be used.

1. Introduction

This should argue the case for your study, outlining only essential background, and should not include the findings or the conclusions. It should not be a review of the subject area, but should finish with a clear statement of the question being addressed.

2. Materials and Methods

Please provide concise but complete information about the materials and the analytical and statistical procedures used. This part should be as clear as possible to enable other scientists to repeat the research presented. Brand names and company locations should be supplied for all mentioned equipment, instruments, chemicals, etc.

3. Findings

Station information and plant list etc.

4. Results and Discussion

The same data or information given in a Table must not be repeated in a Figure and vice versa. It is not acceptable to repeat extensively the numbers from Tables in the text or to give lengthy explanations of Tables or Figures. Statements from the Introduction and Finding sections should not be repeated here. The final paragraph should highlight the main conclusions of the study.

Acknowledgements and/or disclaimers, if any

Names of funding organizations should be written in full.

References

References should be cited in the text by the last name(s) of the author(s) and year of publication with a comma between them: for example, (Ursavaş, 2014) or (Ursavaş and Keçeli, 2012). If the citation is the

subject of the sentence, only the date should be given in parentheses: “According to Ursavaş (2012)...” For citation of references with 3 or more authors, only the first author’s name followed by et al. (not italicized) should be used: (Abay et al., 2002). If there is more than one reference in the same year for the same author, please add the letters a, b, etc. to the year: (Keçeli et al., 2004a, 2004b). References should be listed in the text chronologically, separated by semicolons: (Abay, 2000; Keçeli et al., 2003; Ursavaş and Ören, 2012). Website references should be (URL1, URL2, ...). Do not include personal communications, unpublished data, or other unpublished materials as references, although such material may be inserted (in parentheses) in the text. In the case of publications in languages other than English, the published English title should be provided if one exists, with an annotation such as “(article in Turkish with an abstract in English)”. If the publication was not published with an English title, provide the original title only; do not provide a self-translation. References should be listed alphabetically at the end of the text without numbering. All authors should be included in reference lists unless there are 10 or more, in which case only the first 10 should be given, followed by ‘et al.’. The manuscript should be checked carefully to ensure that the spellings of the authors’ names and the years are exactly the same in the text as given in the reference list. References should be formatted as follows (please note the punctuation and capitalization):

Journal articles: Short Journal titles should be written clearly, without abbreviation. Abbreviation can be used in long journal titles.

Ursavaş S. Çetin B. 2012. *Seligeria donniana* (Sm.) Müll. Hal. (Seligeriaceae) a new record to the bryophyte flora of Turkey. *Biological Diversity and Conservation*. 5:2, 70-72.

Books

Smith A.J.E. 1990. *The liverworts of Britain and Ireland*. Cambridge University Press. London.

Chapters in books

Ursavaş S. Çetin B. 2013. Contribution to the Moss Flora of Kizildag (Isparta) National Park in Turkey. *Current Progress in Biological Research*. Silva-Opps M. Editor(s). Rijeka, Croatia. pp. 41-70.

Web sites (no print version):

URL1. Missouri Botanical Garden. 2016. Website: <http://www.tropicos.org/Project/IPCIN> [Accessed: 00 Month 2008].

URL2. Missouri Botanical Garden. 2018. Website: <http://www.tropicos.org/Name/35147246> [Accessed: 00 Month 2008].

Tables and Figures:

All illustrations (photographs, drawings, graphs, etc.), not including tables, must be labelled “Figure.” Figures must be submitted both in the manuscript and as separate files.

All tables and figures must have a caption and/or legend and be numbered (e.g., Table 1, Figure 2), unless there is only one table or figure, in which case it should be labelled “Table” or “Figure” with no numbering. Captions must be written in sentence case (e.g., macroscopic appearance of the samples.). The font used in the figures should be Times New Roman. If symbols such as $\times$, μ , η , or v are used, they should be added using the Symbols menu of Word

All tables and figures must be numbered consecutively as they are referred to in the text. Please refer to tables and figures with capitalization and unabbreviated (e.g., “As shown in Figure 2...”, and not “Fig. 2” or “figure 2”). The tables and figures themselves should be given at the end of the text only, after the references, not in the running text.

The resolution of images should not be less than 118 pixels/cm when width is set to 16 cm. Images must be scanned at 1200 dpi resolution and submitted in jpeg. or tiff. format.

Graphs and diagrams must be drawn with a line weight between 0.5 and 1 point. Graphs and diagrams with a line weight of less than 0.5 point or more than 1 point are not accepted. Scanned or photocopied graphs and diagrams are not accepted.

Charts must be prepared in 2 dimensions unless required by the data used. Charts unnecessarily prepared in 3 dimensions are not accepted.

Figures that are charts, diagrams, or drawings must be submitted in a modifiable format, i.e. our graphics personnel should be able to modify them. Therefore, if the program with which the figure is drawn has a “save as” option, it must be saved as *.ai or *.pdf. If the “save as” option does not include these extensions, the figure must be copied and pasted into a blank Microsoft Word document as an editable object. It must not be pasted as an image file (tiff, jpeg, or eps) unless it is a photograph.

Tables and figures, including caption, title, column heads, and footnotes, must not exceed 16 × 20 cm and should be no smaller than 8 cm in width. For all tables, please use Word’s “Create Table” feature, with no tabbed text or tables created with spaces and drawn lines. Please do not duplicate information that is already presented in the figures.

Tables must be clearly typed, each on a separate sheet, and double-spaced. Tables may be continued on another sheet if necessary, but the dimensions stated above still apply.

Correspondence Address

Manuscripts can only be submitted through our online system. Other correspondence may be directed to:

E-mail: anatolianbryology@gmail.com, serhaturavas@gmail.com

or Dr. Serhat URSAVAŞ Çankırı Karatekin University, Faculty of Forestry, Department of Forest engineering, Department of Forest Botany, Anatolian Bryology. 18200 Çankırı/TURKEY

Anatolian Briyoloji Dergisinin Kapsamı

Anadolu Briyoloji Dergisi, karayosunu, ciğerotları ve boynuzsu ciğerotları ile ilgili değişik alanlarda yapılan, morfolojik, mikroskobik yapıları, biyolojik çeşitlilik, koruma, biyoteknoloji, çevre düzenleme, tehlike altındaki türler, tehlike altındaki habitatları, sistematik, vejetasyon, ekoloji, biyocoğrafya, genetik ve tüm briyofitler arasındaki ilişkileri konu alan orijinal makaleleri yayınlar. Tanımlayıcı ya da deneysel ve sonuçları net olarak belirlenmiş deneysel çalışmalar kabul edilir. Makale yazım dili Türkçe veya İngilizcedir. Yayınlanmak üzere gönderilen yazı orijinal, daha önce hiçbir yerde yayınlanmamış olmalı veya işlem görüyor olmamalıdır. Yayınlanma yeri Türkiye'dir. Bu dergi yılda iki sayı yayınlanır, erişime açık ve ücretsizdir.

Dergi yazım kurallarına uymayan veya derginin kapsamı dışındaki konulardan oluşan makaleler hakem değerlendirme sürecine girmeden reddedilir. Her makale için, gerekli kurallara göre doldurulmuş ve yazar veya yazarların hepsi tarafından imzalanmış olan Telif Hakkı Devir Formu, makale yayınlanmadan önce dergi editörüne gönderilmelidir. Dergiye gönderilecek makaleler ve süreç ile ilgili her türlü yazışmalar, doğrudan internet ortamında elektronik posta ile yapılmalıdır. Dergi tüm milletlerdeki araştırmacılara açıktır. Makalelerin aşağıdaki şekilleri dikkate alınacaktır.

1. **Araştırma makaleleri:** Briyofitlerin çeşitli alanlarındaki özgün araştırma makaleleri değerlendirilecektir.
2. **Araştırma notları:** Bunlar morfolojik, anatomik, sitolojik, kimyasal bir çalışma ya da araştırma notları üzerinde ön bilgiler ve briyofit türlerinin diğer özellikleri gibi makaleler yer alır.
3. **Yorumlar:** Editör veya danışman kurulu tarafından talep edilecek; briyofitler ile alakalı çeşitli alanlardaki son ilerlemeler, gelişmeler, keşifler yorumlar ve fikirlerdir.
4. **Editöre Mektuplar:** Bunlar; Anadolu Briyoloji Dergisinin yayın politikalarına ilişkin, görüşleri, yorumları içerir. Yazılar bir dergi sayfasını geçmez.

Yazar Rehberi

Makalenin hazırlanması

Stil ve biçim: Makale çift satır aralığı ve sayfanın her tarafından 3 cm kenar boşluğu bırakılarak Times New Roman formatında yazılmalıdır. Makalelerin her sayfası başlık, kaynaklar, tablolar, vb. numaralandırılmalıdır. Makalelerin her sayfası, satır numarası 1 ile başlamak kaydıyla numaralandırılır. Makaleler İngilizce veya Türkçe yazılabilir. Anadili İngilizce olmayan yazarlar için; Bir dil editörüne veya akıcı bir şekilde İngilizceyi konuşabilen bir meslektaşından yardım almaları tavsiye edilir. Kullanılan kelimelerde argo olmaksızın öz İngilizce kullanılmalıdır. Uzun cümle ve edilgen yapılardan kaçınılmalıdır. Eserin bilgisayar programı kullanılarak imla ve dilbilgisi kurallarına uygun olup olmadığı kontrol edilmelidir. Makalenin tamamı İngilizce (Amerikan) yazım kuralı ile tutarlı olmalıdır.

Semboller, birimler ve kısaltmalar: Genel olarak dergi kuralları, Yazarlar için CSE Kılavuzu, Editör ve Yönetim Kurulu, VA, ABD. ve Yayıncılar için vb. bilimsel stil ve format kullanılmalıdır. Eğer $\times$, μ , η , or v gibi semboller kullanılacaksa Word semboller menüsü kullanılarak eklenmelidir. Derece sembolleri ($^{\circ}$), klavye üzerindeki o veya 0 kullanılarak değil semboller menüsü kullanılarak oluşturulmalıdır. Çarpma sembolleri ($\times$), harfi değil x sembolü kullanılmalıdır. Alansal ifadeler sayı ve birimler arasına (Ör. 3 kg), yine aynı şekilde numara ve matematik sembolleri (+, -, $\times$, =, <, >) arasına konulmalıdır fakat sayı ve yüzde sembolleri kullanılacaksa İngilizce makalelerde rakamdan sonra yüzde işareti (Ör. 45%) konulmalıdır. Genellikle tüm sayılar (ör. "2 önceki çalışmada") rakam olarak verilmelidir. Lütfen tüm ayrıntılar için yukarıdaki yazım kılavuzunu inceleyiniz. Tüm açıklamalar ve kısaltmalar ilk geçtiği yerde belirtilmelidir. Latince olan bazı terimler örneğin: et al., in vitro ya da in situ Latince yazılmamalıdır.

Makale içeriği: Araştırma makalelerini şu bölümlere ayrılması tavsiye edilir: Ana bölümler (1. Giriş, 2. Materyal ve Metot, 3. Bulgular, 4. Tartışma ve Sonuç vb.) ve alt bölümler 1.1., 1.2., vb. numaralı olması gerekir.

01 Ocak 2017 tarihinden itibaren, dergimize gönderilen tüm makalelerin özgünlüğünün tespit edilmesi amacıyla iThenticate (İntihali Engelleme) Yazılım'ında tarama hizmeti kullanılmaktadır. iThenticate yazılımı aracılığı ile web üzerinde ve diğer kaynaklar üzerinde yayınlanmış makale ve dökümanlar arasında makale özgünlük kontrolü yapılmaktadır. Yazarlar, <http://www.ithenticate.com> web adresini ziyaret ederek makalelerini dergimize göndermeden önce özgünlük kontrolü yapabilirler.

Anatolian Bryology dergisine sunulan çalışmaların benzerlik oranı %20'nin (Tür listesi ve kaynakça hariç) altında olmalıdır.

Etik Kurallar ve Sorumluluklar

Derginin editörlüğü ve yayınlanma süreçleri, Bilim Editörleri Konseyi (CSE), Yayın Etiği Komitesi (COPE), Avrupa Bilim Editörleri Birliği (EASE) ve Ulusal Bilgi Standartları Örgütü'nün kurallarına uygun olarak şekillendirilmiştir (NISO). Anatolian Bryology Dergisi Bilimsel Yayıncılıkta Şeffaflık ve Etik Kurallar İlkelerine uygun bir şekilde yayın yapmaktadır (<https://doaj.org/bestpractice>).

Başlık ve iletişim bilgileri: Makalenin başlığı tüm metni özetler nitelikte olmalıdır (Ör: Kurakçıl bir bitki olan *Syntrichia caninervis* var. *gypsophila* (J.J. Amann ex G. Roth) Ochrya'nın tuz ve kuraklık stresine tepkisi: antioksidan savunma sisteminin rolü). Tüm yazarların tam isimleri (Adı Soyadı tam harflerle), tüm yazarların bağlı oldukları birim (Üniversite, Fakülte, Bölüm, Şehir, Ülke) ve sorumlu yazar için açıkça belirtilmiş e-mail adresi.

Öz:

Özet elde edilen araştırma ve sonuçları hakkında net bilgiler vermelidir ve 200 kelimeyi geçmemelidir.

Anahtar kelimeler:

Erişim ve indekslemeleri etkinleştirmek için 3-10 anahtar kelime veriniz ve başlık ile aynı olmamasına dikkat ediniz. Kısaltma kullanmayınız.

Anahtar kelimelerde standart bir terminoloji oluşturulması ve araştırmacıların makalelere kolay bir şekilde ulaşabilmeleri için, bilimsel makalelerde uygun sayıda, uygun nitelikte ve standart terminolojide anahtar kelimeler bulunması gereklidir. Bilimsel makalelerdeki anahtar kelimelerin, Türkiye Bilim Terimleri arasından seçilmelidir. Bu konuda: <http://www.bilimterimleri.com> adresinden yararlanılabilir.

1. Giriş

Çalışmanın olgusunu savunmanız, sadece arka planda yapılan çalışmaları özetlemeniz gerekir. Sonuç ve bulgular gibi kısımları içermemelidir. Çalışılan konunuz yorumu olmamalı fakat sorun net bir şekilde ele alınarak belirtilmelidir.

2. Materyal ve Metot

Materyal ve kullanılan analitik ve istatistiksel işlemler hakkında kısa ama net bilgi veriniz. Bu bölüm mümkün olduğunca açık olmalı yapılan çalışmalar tekrarlanmamalı. Yapılan çalışma ile alakalı marka isimleri, şirketin yerleri, belirtilen tüm ekipman, alet, kimyasallar, vb. verilmelidir.

3. Bulgular

İstasyon bilgileri, bitki listesi, vb.

4. Tartışma ve Sonuç

Sonuç kısmında şekil veya tabloda verilen bilgiler olduğu gibi tekrar edilmemelidir. Tablo veya şekilleri içerisinde yer alan verileri uzun uzadıya tekrarlamak kabul edilemez. Giriş ve bulgular bölümündeki tablolar burada yeniden verilmemelidir. Son paragrafta çalışmanın ana sonuçlarına vurgu yapmak gerekir.

Eğer varsa: Teşekkür ve/veya Feragatname vb.

Finansman kuruluşlarının isimleri tam olarak yazılmalıdır.

Kaynaklar

Metin içerisinde kaynak belirtme, yazar veya yazarların soyadları (virgül) makalenin yayınlandığı tarih verilmelidir. Örnek: (Ursavaş, 2014) veya (Ursavaş ve Keçeli, 2014). Eğer atıf cümle başında verilecekse sadece tarih parantez içerisinde verilmelidir. Örnek: "Ursavaş (2012)'ye göre...". Üç ve daha fazla yazarların atıfları için; ilk yazarın soyadı ve devamında ve ark., (italik değil) kullanılır. Örnek: (Abay ve

ark., 2002). Aynı yazarın aynı yıl içerisinde birden fazla kaynağı varsa, lütfen yılsonuna a, b, c, gibi harf ekleyin: (Keçeli ve ark., 2002a, 2002b). Kaynaklar kronolojik olarak sıralanıp kaynaklar noktalı virgül ile ayrılmalıdır: (Abay, 2000; Keçeli ve ark., 2003; Ursavaş ve Ören, 2012). Web sitesi atıfları (URL1, URL2, ...) olmalıdır. Kişisel iletişim ile yayınlanmamış herhangi bir veriyi kaynak olarak kullanmayın ancak metin içerisinde (parantez içerisinde) verilebilir. İngilizce dili dışında yayınlanan bir makaleniz varsa makalenin İngilizce başlığı verilmeli, parantez içerisinde (Türkçe makale, özet İngilizce) gibi bir açıklama ile belirtilmelidir. Eğer yayınlanan makalenin İngilizce bir başlığı yoksa sadece orijinal başlık verilmeli çeviri yapılmamalıdır. Kaynaklar numaralandırılmadan metnin sonunda alfabetik olarak listelenmiş olmalıdır. Makalenin yazarlarının 10 ve aşağısı tümü verilmelidir, 10 yazardan fazla makalelerde ilk 10 yazar verilip geri kalan yazarlar için ve ark., yazılmalıdır. Makalede kaynaklar listesinde verilen yazarların adları yazılışlarının ve yayın yıllarının makale içerisindeki metin ile aynı olup olmadığının dikkatlice kontrolünü yapınız. Kaynaklara aşağıdaki formatta yazılmalıdır: (Lütfen harf ve noktalamaya dikkat edelim):

Dergi isimleri: Kısa dergi isimleri kısaltma yapılmadan açıkça yazılmalıdır. Uzun dergi isimlerinde kısaltma kullanılabilir.

Ursavaş S. Çetin B. 2012. *Seligeria donniana* (Sm.) Müll. Hal. (Seligeriaceae) a new record to the bryophyte flora of Turkey. Biological Diversity and Conservation. 5:2, 70-72.

Kitaplar:

Smith A.J.E. 1990. The liverworts of Britain and Ireland. Cambridge University Press. London.

Kitap bölümü

Ursavaş S. Çetin B. 2013. Contribution to the Moss Flora of Kiziladağ (Isparta) National Park in Turkey. Current Progress in Biological Research. Silva-Opps M. Editor(s). Rijeka, Croatia. pp. 41-70.

Web sitesi (Basılı değilse):

URL1. Missouri Botanical Garden. 2016. Website: <http://www.tropicos.org/Project/PCN> [Erişim: 00 Ay 2008].

URL2. Missouri Botanical Garden. 2018. Website: <http://www.tropicos.org/Name/35147246> [Erişim: 00 Ay 2008].

Tablolar ve Şekiller:

Tüm resimler (Fotoğraf, çizim, grafik vb.) tablolar hariç Şekil etiketi olmalı. Şekiller hem makale içerisinde hem de ayrı dosyalar olarak sunulmalıdır.

Tüm tablo ve Şekiller bir başlık veya lejantı olmalı (Ör: Tablo 1, Şekil 1) tüm makaledeki tablo ve şekiller birden fazla ise hepsi sırasıyla numaralandırılmalıdır. Başlıklar cümle halinde yazılmalı (Ör: Örneğin mikroskopik görüntüsü.). Şekil ve tablolarda Times New Roman yazı tipi kullanılmalıdır. Eğer ×, μ, η, ya da v gibi semboller kullanılacaksa Word Semboller menüsü kullanılarak eklenmelidir.

Metin içerisindeki tüm şekil ve tablolarda atıflar ardışık olarak numaralandırılmalıdır. Tüm tablo ve şekiller büyük harfle ve kısaltma kullanmadan kullanılmalıdır (Ör: Şekil 2, Tablo 3 gibi, şekil 2 veya Tab. 3 gibi değil). Tablo ve şekiller metin içerisindeki atıftan hemen sonra verilmelidir.

Resimlerin çözünürlüğü 118 piksel/cm den az ve 16 cm genişliğinden fazla olmamalıdır. Resimler 1200 dpi çözünürlükte taranmış ve jpeg veya tiff formatında olmalıdır.

Grafikler ve şemalar 0.5 ve 1 nokta arasında ki bir çizgi ağırlığı ile çizilmelidir. Grafikler ve şemalar 0.5 ten az veya 1 den fazla ise kabul edilmez. Taranmış haldeki grafikler ve şemalar kabul edilmezler.

Kullanılan verilerin gerekli olmadığı sürece 2 boyutlu grafikler kabul edilir. Gereksiz yere 3 boyutlu hazırlanmış grafikler kabul edilmez.

Grafikler, temalar, çizimler veya rakamlar değiştirilebilir bir formatta sunulmalı biz basım aşamasında eğer onları değiştirmemiz gerekirse üzerinde değişiklik yapılabilir.

Şekil çizilebilen hangi programı kullanılıyorsa kullanın farklı kaydet seçeneği kullanarak *.ai veya *.pdf şeklinde kaydedilmesi gerekir. Eğer kullandığınız program farklı kaydet seçeneği yoksa şekil kopyalanıp

düzeltilerir boş bir Microsoft Word belgesine yapıştırılması gerekir. Bir fotoğraf veya resim dosyası (jpeg, tiff veya eps) olmadığı sürece grafikler veya temalar kopyala yapıştır yapılmamalıdır.

Tablo ve şekiller, ana başlık dahil, sütun başlıkları ve dipnotlar 16 × 20 cm geçmemeli ve genişliği 8 cm den küçük olmamalıdır. Oluşturulan sekmesiz veya sekmeli, çizilen çizgiler veya boşluklardaki bütün tablolar için lütfen Word'ün "Tablo Oluştur" özelliğini kullanın. Lütfen bilgileri çoğaltmayınız zaten şekiller içerisinde sunulmuştur.

Tablolar açıkça yazılmalı ve her bir sayfada çift aralık kullanılmalıdır. Tablolar gerekirse bir sonraki sayfada devam edebilir ancak yukarıda belirtilen boyutlar geçerli olmak kaydıyla.

Yazışma adresi:

Makaleler sadece çevrimiçi sistem üzerinden sunulabilir. Diğer yazışmalara yönelik

E-mail: anatolianbryology@gmail.com, serhaturesavas@gmail.com

veya

Dr. Serhat URSAVAŞ Çankırı Karatekin Üniversitesi, Orman Fakültesi, Orman Mühendisliği Bölümü,
Orman Botaniği Anabilim Dalı, Anadolu Briyoloji Dergisi 18200 Çankırı/TÜRKİYE



ÇANKIRI KARATEKİN
ÜNİVERSİTESİ

ANADOLU BRİYOLOJİ DERGİSİ

Contents = İçindekiler

Research Article / Araştırma Makaleleri

1. **The second locality record of *Gigaspermum mouretii* Corb. (Gigaspermaceae), a rare bryophyte taxon, from Türkiye**
Nadir bir karayosunu taksonu olan Gigaspermum mouretii Corb.'nin (Gigaspermaceae) Türkiye'den ikinci kaydı
Gözde ASLAN, Mithat Evrim DEMİR, Hatice ÖZENOĞLU, Mesut KIRMACI
6. **A Comparative Phytochemical Study**
Karşılaştırmalı Bir Fitokimyasal Çalışma
Yeliz ÇAKIR SAHİLLİ, Mevlüt ALATAŞ
13. **The moss flora of Koramaz Valley in the Central Anatolia (Kayseri)**
Orta Anadolu'daki Koramaz Vadisi'nin (Kayseri) karayosunu florası
Harun ÇULHA, Tülay EZER
21. **The Liverwort Flora of the Boraboy Lake (Amasya)**
Boraboy Gölü (Amasya) Ciğerotu Florası
Kamil Mert YÜCEL, Hanife TARIM, İsa GÖKLER, Neslihan KARAVİN
26. **Nemrut Höyüğü Karayosunu Florası (Adıyaman/Türkiye)**
Moss Flora of Nemrut Mound (Adıyaman/Türkiye)
Emrah URLU, Recep KARA
33. **Determination of Atmospheric Polycyclic Aromatic Hydrocarbons and Trace Element Levels Using Moss Biomonitoring: A Case Study of Kocaeli**
Biyomonitör Karayosunları Kullanılarak Atmosferik Polisiklik Aromatik Hidrokarbonların ve İz Elementlerin Birikimlerinin Belirlenmesi: Kocaeli Örneği
Gülsüm KOÇAK, Muhammet ÖREN, Hasan ÇABUK
44. **Phytochemical profiling of *Brachythecium glareosum* (Bruch ex Spruce) Schimp. and preliminary in silico assessment of antifungal potential**
Brachythecium glareosum (Bruch ex Spruce) Schimp. türünün fitokimyasal profillemesi ve in silico destekli antifungal potansiyelinin ön değerlendirmesi
Zafer Çambay, Harun USLU, Kevser ÖZDEMİR BAYÇINAR, Bünyamin GÖKTAŞ, Muhammed GÜNGÖREN, Mevlüt ALATAŞ
52. **Detection of some phenolic content of *Grimmia ovalis* (Hedw.) Lindb. and investigation of its antimicrobial activity with molecular docking technique**
Grimmia ovalis (Hedw.) Lindb. Türünün Bazı Fenolik Bileşiklerinin Belirlenmesi ve Moleküler Yerleştirme Tekniği ile Antimikrobiyal Aktivitesinin Araştırılması
Zafer Çambay, Harun USLU, Bünyamin GÖKTAŞ, Kevser ÖZDEMİR BAYÇINAR, Ümmügülsüm TÜKENMEZ EMRE, Mevlüt ALATAŞ
59. **Contribution to the Bryophyte Flora of Ankara, Bolu and Eskişehir**
Ankara, Bolu ve Eskişehir Briyofit Floralarına Katkılar
Güray UYAR, Muhammet ÖREN
72. **Investigation of the Antimicrobial and Antifungal Activities of Some Moss Species (*Scleropodium touretii* (Brid.) L.F.Koch, *Hypnum cupressiforme* Hedw. var. *lacunosum* Brid., *Brachythecium glareosum* (Bruch ex Spruce) Schimp.)**
Bazı Karayosunu Türlerinin (Scleropodium touretii (Brid.) L.F.Koch, Hypnum cupressiforme Hedw. var. lacunosum Brid., Brachythecium glareosum (Bruch ex Spruce) Schimp.) Antimikrobiyal ve Antifungal Aktivitelerinin Araştırılması
Güray UYAR, Sibelay KOÇAŞ, Nazife ASLAN, Gülden VURAL, Mıhrıcan BALABAN ZOR