



ÇANKIRI KARATEKİN UNIVERSITY



Cilt / Volume: 9

Sayı / Number: 1

Haziran / June: 2023

e- ISSN: 2458-8474 Online

ANATOLIAN BRYOLOGY



Kapak fotoğrafi / Cover photo

1. *Sphaerocarpos texanus*
2. *Ulata crisper*
3. *Petalophylum ralfsii*
4. *Anthoceros punctatus*

by Dr. Muhammet ÖREN
by Dr. Muhammet ÖREN
by Dr. Mesut KIRMACI
by Dr. Muhammet ÖREN

ÇANKIRI KARATEKİN UNIVERSITY
ÇANKIRI KARATEKİN ÜNİVERSİTESİ



ANATOLIAN BRYOLOGY
ANADOLU BRİYOLOJİ DERGİSİ



Cilt / Volume: 9 Sayı / Number: 1 Haziran / June 2023

e-ISSN: 2458-8474

ÇANKIRI 2023

ANATOLIAN BRYOLOGY		
Cilt / Volume: 9 Sayı / Number: 1 Haziran / June 2023		
İmtiyaz Sahibi = Grantee Prof. Dr. Harun ÇİFÇİ Rektör = Rector	Yazı İşleri Müdürü = Editor-in-Chief 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/pub/anatolianbryology		
Editör = Editor-in Chief Dr. Serhat URSAVAŞ (TÜRKİYE)	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. RaynaNATCHEVA 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
<p>Bu dergide öne sürülen fikirler makale yazar(lar)ına aittir. Anatolian Bryology’de yer alan yazılar, Yayın Kurulu’ndan izin almaksızın başka yerde yayınlanamaz.</p> <p>Çankırı Karatekin Üniversitesi, Orman Fakültesinin bir dergisi olan Anatolian Bryology yılda iki kez (Kasım-Haziran) yayınlanan Uluslararası Hakemli bir dergidir.</p> <p>Dergide yayınlanan makalelere: http://dergipark.gov.tr/anatolianbryologyadresinden ulaşabilirsiniz.</p> <p>© 2023 Tüm hakları saklıdır.</p>		
<p>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.</p> <p>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).</p> <p>This journal is available online at http://dergipark.gov.tr/anatolianbryology</p> <p>© 2023 All rights reserved.</p>		

Contents = İçindekiler

Research Article/ Araştırma Makalesi

1. **Updated Checklist of Turkish Bryophyte Vegetation**
Güncellenen Türkiye briyofit vejetasyonu kontrol listesi
Mevlüt ALATAŞ, Tülay EZER, Hüseyin ERATA, Nevzat BATAN
11. **Antioxidant, Antimicrobial and Some Chemical Composition of *Plagiochila asplenioides* (L.) Dumort Extract**
Plagiochila asplenioides (L.) Dumort Ekstraktlarının Antioksidan, Antimikrobiyal ve Bazı Kimyasal Bileşimi
Onur Tolga OKAN
20. **An Important Record for the Moss Flora of Türkiye from Cappadocia (*Sciuro-hypnum glaciale* (Schimp.) Ignatov & Huttunen)**
Kapadokya'dan Türkiye Karayosunu Florası İçin Önemli Bir Kayıt (Sciuro-hypnum glaciale (Schimp.) Ignatov & Huttunen)
Kara RECEP, Hatice TAŞPINAR, Seda SERİN
24. **Notes on Epiphytic Bryophyte Community *Orthotrichetum pumili* in Urban Area**
*Kentsel Alandaki Epifitik Briyofit Birliği *Orthotrichetum pumili* Üzerine Notlar*
Mevlüt ALATAŞ, Tülay EZER, Hüseyin ERATA, Nevzat BATAN
31. **Gomeda Valley (Cappadocia/Nevşehir) Epilitic Bryophyte Vegetation**
Gomeda Vadisi (Kapadokya/Nevşehir) Epilitik Briyofit Vejetasyon
Recep KARA
42. **Antimicrobial and Antioxidant Activities of Some Mosses**
Bazı Karayosunlarının Antimikrobiyal ve Antioksidan Aktiviteleri
Recep KARA

ReviewArticle / Derleme Makalesi

50. **Using Mosses as Bioindicators in Environmental Radioactivity Studies**
Çevresel Radyoaktivite Çalışmalarında Biyoindikatör Olarak Karayosunları'nın Kullanılması
Gamze GÜRSU, Nevin TAŞALTIN

ABSTRACTED / INDEXED / ARCHIVED

Thomson Reuters/Clarivate Analytics (Biological Abstracts and BIOSIS Previews), DOAJ, EBSCO, TR Dizin, TürkiyeAtıfDizini, CrossRef, Google Scholar, ResearchBib, DRJI, Scientific Indexing Services, International Scientific Indexing, CiteFactor, ASOS Index, SOBIAD, EuroPub, OJOP (Online Journal Platform and Indexing Association), Academindex



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

DOI: 10.26672/anatolianbryology.1084591

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



Updated Checklist of Turkish Bryophyte Vegetation

Mevlüt ALATAŞ^{1*}, Tülay EZER², Hüseyin ERATA³, Nevzat BATAN⁴

¹Tunceli Vocational School, Munzur University, Tunceli, TÜRKİYE

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

³Kürtün Vocational School, Gümüşhane University, Gümüşhane, TÜRKİYE

⁴Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Fakültesi, Moleküler Biyoloji ve Genetik Bölümü, Trabzon, TÜRKİYE

Received: 08 March 2022

Revised: 14 August 2022

Accepted: 20 August 2022

Abstract

In this study, we present a current list of syntaxa belonging to the bryophyte vegetation of Türkiye. This checklist was compiled from the national and local literature, and includes all taxonomic units of bryophyte vegetation that have been newly described or reported for Türkiye to date. To date, 56 associations and 29 sub-associations belonging to 21 alliances, 14 orders, and 9 classes have been reported in Türkiye, bryosociologically. In addition, 26 phytosociological units were determined as unknown status. In the present study, taxonomical units were grouped according to their habitat type (aquatic, terrestrial, saxicolous, or epiphytic) and were given with their localities and synonyms.

Keywords: Bryophytes, Checklist, Phytosociology, Türkiye.

Güncellenen Türkiye Briyofit Vegetasyonu Kontrol Listesi

Öz

Bu çalışmada, Türkiye briyofit vegetasyonuna ait sintaksonların bir listesi sunulmuştur. Türkiye için yeni tanımlanan ve rapor edilen briyofit vegetasyonunun sintaksonomik birimlerinin güncel kontrol listesi, ulusal ve yerel literatürdeki verilerin derlenmesi sonucunda elde edilmiştir. Bugüne kadar Türkiye’de bryososyolojik olarak 21 alyans, 14 ordo ve 9 sınıfa ait 56 birlik ve 29 alt birlik rapor edilmiştir. Ayrıca, 26 fitososyolojik birim de durumu bilinmeyen olarak belirlenmiştir. Bu çalışmada, bryososyolojik birimler sucul, karasal veya epifitik habitatlara göre gruplandırılmış olup lokaliteleri ve sinonimleri ile birlikte verilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Briyofitler, Kontrol Listesi, Fitososyoloji, Türkiye.

* Corresponding author: mevlutalatas@hotmail.com

© 2022 All rights reserved / Tüm hakları saklıdır.

To cite this article: Alataş M. Ezer T. Erata H. Batan N. 2023. *Updated Checklist of Turkish Bryophyte Vegetation*. 9:1, 1-10.



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

1. Introduction

The flora of Türkiye has exceptionally rich and diverse due to different climate types (Terrestrial, Oceanic and Mediterranean), geological and geomorphological diversity, rich water resources (sea, lake and stream), great height differences (sea level - 5000 m) and a wide variety of habitat types (Özhataş vd., 2005). The most important reasons for Türkiye's geographical, climatic, habitat and ecosystem diversity is that it is located at the intersection of the Mediterranean, Euro-Siberian and Iran-Turanian phytogeographic regions (Akman, 1995). The effect of these three different phytogeographic regions led to the creation of favorable conditions for the Mediterranean elements in the south, the Euro-Siberian elements in the north, and the Irano-Turanian elements in the east (Davis, 1975). In our country, both floristic and sociological studies on bryophytes have increased rapidly in recent years. According to recent studies and final checklists approximately ± 1046 (± 196 liverworts, ± 846 mosses, ± 4 hornworts) bryophyte taxa have been reported in Türkiye (Erdağ and Kürschner, 2017, Batan et al., 2019; Ursavaş and Keçeli, 2019; Ursavaş and Işın, 2019; Erata and Batan, 2020; Kürschner and Frey 2020; Erata et al., 2021; Unan and Ören, 2021; Unan et al., 2021; Ursavaş et al., 2021; Kırmacı et al., 2021; Ellis et al., 2021a,b,c; Abay et al., 2022; Özenoğlu and Kırmacı, 2022).

However, bryofloristic studies and bryosociological studies do not progress at the same speed in Türkiye. While the studies regarding the bryophytes progress rapidly in terms of the floristic aspect it does not progress at the same speed in terms of vegetation. In the study of Walther and Leblebici (1969), which is the first biosociological study carried out in Türkiye, on moss vegetation in the Yamanlar Mountain-Karagöl Region in the north of İzmir, a total of 20 associations were determined. Walther's bryosociological studies in Türkiye continued with the investigation of *Liquidambar orientalis* Mill. forests in Southwest Anatolia (Marmaris-Koycegiz, Muğla) and the bryophyte vegetation of the Nif Mountains (İzmir) (Walther, 1975, 1979). After Walther's studies, no bryosociological studies were conducted in Türkiye until 1991. Since 1991, studies on bryophyte vegetation in Türkiye have started again and many studies have been carried out (Brullo et al., 1991; Kürschner et al., 1998, 2006, 2007, 2012; Kürschner, 1999; Kürschner and Parolly, 1999a,b; Kara, 2008; Ezer, 2008, 2017; Kürschner and Erdağ, 2008, 2009; Düzenli et al., 2009; Kara et al., 2011; Alataş and Batan, 2014, 2015; Alataş et al., 2015a, 2016, 2017; Alataş and Uyar, 2017; Can Gözcü et al.,

2018; Alataş et al., 2019a,b,c,d,e; 2021; 2022a,b,c,d; Kara and Taşpınar, 2022; Ezer et al., 2022a,b).

The first checklist for bryophyte vegetation in Türkiye was given in 1999 and the second checklist in 2018. (Kürschner and Parolly, 1999b; Alataş, 2018). In recent years, the rapidly increase in bryosociological studies in our country and the determining of newly described and new recorded syntaxonomic units have revealed the necessity of renewing the bryophyte vegetation list. In this context, the present study aims to review and bring together all bryosociological studies in Türkiye in order to update the current understanding of Türkiye's bryophyte vegetation.

This current checklist has been prepared by compiling the results of bryophyte vegetation studies carried out according to the Braun-Blanquet (1964) methodology in Türkiye between 1969-2022.

2. Materials and Methods

Syntaxonomic scheme of Turkish bryophyte vegetation

The following syntaxonomic scheme applies exclusively to the bryophyte vegetation of Türkiye. All syntaxonomic units were revised according to the International Code of Phytosociological Nomenclature (Weber et al., 2000) and ordered according to Von Hübschmann (1986), Dierssen (2001), Marstaller (2006), and Mucina et al., (2016). The headings of the syntaxa and syntaxonomic categories are presented in abbreviated form, i.e., All.: Alliance, Ass.: Association, Subass.: Subassociation, and Syn: Synonym.

3. Results

Checklist

Aquatic and semi-aquatic communities

Class: *Platyhypnidio-Fontinalietea antipyretica* Philippi 1956

Order: *Hygrohypnetalia* Krajina 1933

All.: *Racomitrium acicularis* von Krusenstjerna 1945

Ass. *Madothecetum cordaeanae* Philippi 1956

(Syn: *Lunularia cruciata-Porella cordaeana* ass. Walther 1969)

[Yamanlar Mountain / İzmir (Walther and Leblebici, 1969)]

Order: *Leptodictyetalia riparii* Philippi 1956

All.: *Platyhypnidion rusciformis* Philippi 1956

Ass. *Oxyrrhynchietum rusciformis* Gams ex v. Hübschmann 1953

(Syn: *Platyhypnidietum riparioides* Gams 1927)

[Yamanlar Mountain / İzmir (Walther and Leblebici, 1969)]

All.: *Brachythecion rivularis* Hertel 1974

Ass. *Brachythecio rivularis-Hygrohypnetum luridi* Philippi 1965

(Syn: *Brachythecietum rivularis* Herzog ex Walther 1969)

[Yamanlar Mountain / İzmir (Walther and Leblebici, 1969)]

All.: *Fissidenton rivularis* Marstaller 1987

Ass. *Fissidenti rivularis-Rhynchostegiellum jacquini* Walther 1969

(Syn: *Fissidentetum rivularis* v. Hübsemann 1971)

[Yamanlar Mountain / İzmir (Walther and Leblebici, 1969)]

Ass. *Fegatellum conicae* Smarda ex Ježek & Vondráček 1962

(Syn: *Conocephalum conicum-Mniobryum delicatulum* ass. Walther 1969)

[Yamanlar Mountain / İzmir (Walther and Leblebici, 1969)]

Associations of uncertain syntaxonomic rank and position:

- *Barbula sinuosa-Bryum alpinum* ass. Walther 1969

[Yamanlar Mountain / İzmir (Walther and Leblebici, 1969)]

- *Pellia endiviifolia-Hygroamblystegium tenax* ass. Walther 1969

[Yamanlar Mountain / İzmir (Walther and Leblebici, 1969)]

- *Philonotetum caespitosae* ass. Walther 1969

[Yamanlar Mountain / İzmir (Walther and Leblebici, 1969)]

Class: *Montio-Cardaminetea* Br.-Bl. & Tx. ex Klika & Hadač 1944

Order: *Montio-Cardaminetalia* Pawlowski 1928

All.: *Cardamino-Montion* Br.-Bl. 1925

- *Palustriella commutata-Cratoneuron filicinum* community Kürschner, Kırmacı & Erdağ 2015

[The high mountains of Turkey (Kürschner et al., 2015)]

- *Bryum schleicheri* community Kürschner, Kırmacı & Erdağ 2015

[The high mountains of Turkey (Kürschner et al., 2015)]

- *Palustriella falcata* community Kürschner, Kırmacı & Erdağ 2015

[The high mountains of Turkey (Kürschner et al., 2015)]

Saxicolous communities

Class: *Racomitrietea heterostichi* Neumayr 1971

Order: *Grimmietalia commutatae* Smarda & Vanek in Smarda 1947

All.: *Grimmion commutatae* von Krusenstjerna 1945

Ass. *Grimmion commutato-campestris* von Krusenstjerna 1945

[Yamanlar Mountain / İzmir (*Grimmia laevigata-Grimmia ovalis* ass. Walther and Leblebici, 1969); Beşparmak Mountain / Muğla (Kürschner and Parolly, 1999b); Phrygian Highlands / Afyonkarahisar-Kütahya-Eskişehir-Sakarya River (Kürschner and Erdağ, 2009)]

Subass. - *orthotrichetosum bistratosae* Kürschner & Erdağ 2009

Subass. - *anacolietosum menziesii* Kürschner & Erdağ 2009

[Phrygian Highlands / Afyonkarahisar-Kütahya-Eskişehir-Sakarya River; Kula area / Manisa (Kürschner and Erdağ, 2009)]

Class: *Schistidietea apocarpi* Ježek & Vondráček 1962

Order: *Schistidietalia apocarpi* Ježek & Vondráček 1962

All.: *Grimmion tergestinae* Šmarda 1947

Ass. *Orthotricho anomali-Grimmiatum pulvinatae* Stodiek 1937

(Syn.: *Tortuletum muralis* (Muraletum) Waldh.1944, *Grimmio pulvinate-Tortuletum muralis* v. Hübsemann 1950)

[Yamanlar Mountain / İzmir (*Grimmia pulvinata-Tortula muralis* ass. and *Tortula intermedia - Tortula calcicolens* ass. Walther & Leblebici, 1969)]

Associations of uncertain syntaxonomic rank and position:

- *Tortula inermis-Barbula cylindrica* ass. Walther 1969

[Yamanlar Mountain / İzmir (Walther and Leblebici, 1969)]

- *Trichostomum crispulum-Distichium capillaceum* ass. Walther 1969

[Yamanlar Mountain / İzmir (Walther and Leblebici, 1969)]

Class: *Neckeretea complanatae* Marstaller 1986

Order: *Neckeretalia complanatae* Ježek & Vondráček 1962

All.: *Plasteurhynchion meridionalis* Guerra & Varo 1981

Ass. *Antitrichietum breidleriana* Walther 1969

Subass. - *tortuletosum hirsutae* Walther 1969

[Yamanlar Mountain / İzmir (Walther and Leblebici, 1969)]

Subass. - *orthotrichetosum rupestris* Walther 1969

[Yamanlar Mountain / İzmir (Walther and Leblebici, 1969)]

Ass. *Homalothecio sericei-Neckeradelphetum menziesii* (Varo, Guerra & Gil 1977) Guerra & Varo 1981

(Syn. *Neckeretum menziesii* Varo, Guerra & Gil 1977, nom. illeg., art. 31 ICPN, Weber et al., 2000)

[Yamanlar Mountain-Spil Mountain / İzmir-Manisa; Aydın Mountain / Aydın; Yılanlı Mountain / Muğla (Kürschner and Erdağ, 2008)]

Terricolous communities

Class: *Psoretea decipientis* Mattick ex Follmann 1974

Order: *Barbuletalia unguiculatae* von Hübschmann 1960

All.: *Grimaldion fragrantis* Smarda & Hadač in Hadač & Šmarda 1944

Ass. *Riccio sorocarpace-Pseudocrossidietum hornschuchiani* Frey, Herrnstadt & Kürschner 1990

[Dilek Peninsula National Park, Aydın Dağları / Aydın (Kürschner et al., 2007)]

All.: *Tortellion flavovirentis* Guerra ex Guerra & Puche 1984

Ass. *Tortello flavovirentis-Bryetum dunensis* Guerra et Puche 1984

[Manavgat Area / Antalya (Brullo et al., 1991)]

All.: *Mannion androgynae* Ros & Guerra 1987

Ass. *Riccio nigrellae-Oxymitretum paleaceae* Ros & Guerra 1987

[Beşparmak Mountain / Muğla (Kürschner and Parolly, 1999b); Dilek Peninsula National Park, Aydın Dağları / Aydın (Kürschner et al., 2007)]

Order: *Funarietalia hygrometricae* von Hübschmann 1957

All.: *Phascion cuspidati* Waldheim ex v. Krusenstjerna 1945

Ass. *Riccio sorocarpace-Funarietum fascicularis* Lecointe 1978

[Dilek Peninsula National Park, Aydın Dağları / Aydın (Kürschner et al., 2007)]

Ass. *Epipterygio tozeri-Riccietum frostii* Kürschner & Parolly 1999

[Beşparmak Mountain / Muğla (Kürschner and Parolly, 1999)]

Class: *Pleurochaeto squarrosae-Abietinelletea abietinae* Marstaller 2002

Order: *Pleurochaeto squarrosae-Abietinelletea abietinae* Marstaller 2002

All.: *Homalothecio aurei-Pleurochaetion squarrosae* (Ros et Guerra 1987) Marst. 1993

Ass. *Pleurochaeto squarrosae-Tortuletum ruralis* Brullo, Lo Giudice et Privitera 1991

[Karabiga Area/ Çanakkale (Brullo et al., 1991)]

Subass. - *campylietosum chrysophylli* Brullo, Lo Giudice & Privitera 1991 ex Marstaller 2006

(Syn: *Pleurochaeto squarrosae-Tortuletum ruralis* Brullo, Lo Giudice et Privitera 1991

(subass. of -*Campylium chrysophyllum* nom. inval. (Art. 3h) Brullo, Lo Giudice & Privitera 1991)

Subass.- *rhynchostegietosum megapolitani* Brullo, Lo Giudice & Privitera 1991 ex Marstaller 2006

(Syn: *Pleurochaeto squarrosae-Tortuletum ruralis* Brullo, Lo Giudice & Privitera 1991 subass. of -

Rhynchostegium megapolitanum nom. inval. (Art. 3h) Brullo, Lo Giudice & Privitera 1991)

Ass. *Homalothecio aurei-Pleurochaetium squarrosae* Ros & Guerra 1987

Subass. - *bartramietosum strictae* Kürschner & Parolly 1999

[Beşparmak Mountain / Muğla (Kürschner and Parolly, 1999b)]

Associations and communities of uncertain taxonomic rank and position:

- *Anthoceros punctatus-Oxyrhynchium hians* community Walther & Leblebici 1969

[Yamanlar Mountain / İzmir (Walther and Leblebici, 1969)]

- *Fissidens viridulus-Rhynchostegiella curviseta* community Walther & Leblebici 1969

[Yamanlar Mountain / İzmir (Walther and Leblebici, 1969)]

- *Metzgeria furcata-Fabronia pusilla* ass. Walther 1969

[Yamanlar Mountain / İzmir (Walther and Leblebici, 1969)]

- *Targionia hypophylla-Funaria calcarea* ass. Walther 1969

[Yamanlar Mountain / İzmir (Walther and Leblebici, 1969)]

Epiphytic communities

Class: *Cladonio digitatae-Lepidozieta reptantis* Ježek & Vondráček 1962

Order: *Cladonio digitatae* - *Lepidozieta reptantis* Ježek & Vondráček 1962

Alliance: *Tetrarhizidion pellucidae* von Krusenstjerna 1945

Ass.: *Leucobryo-Tetrarhizidion pellucidae* Barkm. 1958

[Kamilet Valley / Artvin (Alataş et al., 2019)]

Order: *Lophocoleetalia heterophyllae* Barkman 1958

All.: *Nowellion curvifoliae* Philippi 1965

Ass. *Dicranetum taurici* Neumayr ex von Hübschmann 1978

(Syn.: *Tetrarhizidion pellucidae-Orthodicranetum stricti* Hébrard 1973)

[Abant Mountains / Bolu (Alataş and Uyar, 2017)]

Order: *Brachythecietalia rutabulo-salebrosi* Marstaller 1987

All.: *Bryo capillaris-Brachythecion rutabuli* Lecointe 1975

Ass. *Plagiothecium neglecti* Ricek 1968

(Syn.: *Plagiothecio nemoralis-Brachythecium velutini* Vadam 1990)

[Göbü village / Zonguldak (Alataş et al., 2015a)]

Order: *Dicranetalia scoparii* Barkman 1958

All.: *Dicrano scoparii-Hypnion filiformis* Barkman 1958

Ass. *Dicrano scoparii-Hypnetum filiformis* Barkman 1958

[Örümcek forests / Gümüşhane (Alataş and Batan, 2015)]

Subass. -*sanionietosum uncinatae* Grgic 1983

[Örümcek forests / Gümüşhane (Alataş and Batan, 2015)]

- Class:** *Neckeretea complanatae* Marstaller 1986
Order: *Neckeretalia complanatae* Jezek & Vondráček 1962
All.: *Neckerion complanatae* Smarda & Hadac ex Klíka 1948 nom. cons.
Ass. *Alleniello besseri* - *Palamocladietum euchloronis* Ezer, Alataş, Erata & Batan 2022
 [Fırtına Valley / Rize (Alataş et al., 2022d)]
Ass. *Exsertotheco crispa* - *Alleniellum besseri* Alataş, Ezer, Batan & Erata 2022
 [Fırtına Valley / Rize (Alataş et al., 2022d)]
Subass. - *leucodontetosum sciuroidis* Batan, Ezer, Erata & Alataş 2022
 [Fırtına Valley / Rize (Alataş et al., 2022d)]
Ass. *Frullanio tamarisci-Neckeretum pumilae* Alataş, Ezer, Batan & Erata 2022
 [Kümbet Plateau / Giresun (Alataş et al., 2022c)]
Subass. - *isothecietosum alopecuroidis* Alataş, Ezer, Batan & Erata 2022
 [Kümbet Plateau / Giresun (Alataş et al., 2022c)]
Ass. *Anomodonto attenuati* - *Neckeretum crispae* Pläm. 1982
 [Kamilet Valley / Artvin (Alataş et al., 2019)]
Subass. - *leucodontetosum sciuroidis* Grgić 1972
 [Kamilet Valley / Artvin (Alataş et al., 2019)]
Ass. *Alleniella besseri-Leucodontetum immersi* Ezer, Alataş & Batan 2021
 [Altındere Valley Maçka-Trabzon (Alataş et al., 2021)]
Ass. *Frullanio tamarisci* - *Exsertothecetum crispae* Pilous 1961 em. Gillet 1986
 [Kamilet Valley / Artvin (Alataş et al., 2019)]
Ass. *Brachythecietum populei* Hagel ex Phil. 1972
 [Çifteköprü ve Karagöl Tabiat Parkı / Borçka-Artvin (Alataş et al. 2019d); Altındere Valley Maçka-Trabzon (Alataş et al., 2021)]
Subass. - *hypnetosum filiformis* Ezer, Alataş & Batan 2019
 [Çifteköprü ve Karagöl Tabiat Parkı / Borçka-Artvin (Alataş et al., 2019d)]
Subass. - *isothecietosum alopecuroidis* Lauer 2002
 [Altındere Valley Maçka-Trabzon (Alataş et al., 2021)]
Ass. *Plagiomnio undulati-Raduletum lindbergianae* Alataş, Ezer, Batan & Erata 2021
 [Altındere Valley Maçka-Trabzon (Alataş et al., 2021)]
Subass. - *leucodontetosum sciuroidis* Alataş, Ezer, Batan & Erata 2021
Ass. *Pterigynandretum filiformis* Hiltzer 1925
 [Abant Mountains / Bolu (Alataş and Uyar, 2017); Samanlı Mountains / Sakarya-Kocaeli-Yalova-Bursa (Can Gözcü et al., 2018); Akyazı District / Sakarya (Alataş et al., 2019a)]
Subass. - *leucodontetosum sciuroidis* Grgić 1983
 [Akyazı District / Sakarya (Alataş et al., 2019a)]
Ass. *Homalothecio sericei-Neckeretum besseri* Jezek & Vondráček 1962
 [Altındere Valley Maçka-Trabzon (Alataş et al., 2021)]
Ass. *Homalothecio sericei-Porelletum platyphyllae* Storm. ex Duda 1951
 [Abant Mountains / Bolu (Alataş and Uyar, 2017); North Amanos Mountains / Hatay (Kara, 2008); Samanlı Mountains / Sakarya-Kocaeli-Yalova-Bursa (Can Gözcü et al., 2018)]
Subass. - *leucodontetosum sciuroidis* Marstaller 1992
 [Abant Mountains / Bolu (Alataş and Uyar, 2017); North Amanos Mountains / Hatay (Kara, 2008); Samanlı Mountains / Sakarya-Kocaeli-Yalova-Bursa (Can Gözcü et al., 2018)]
Ass. *Anomodontetum attenuati* (Barkman 1958) Peciar 1965
 [Amanos Mountains / Hatay (Kara et al. 2011); South Amanos Mountains / Hatay (Ezer, 2008)]
Subass. - *homalietosum trichomanoidis* Peciar 1965
 [South Amanos Mountains / Hatay (Ezer, 2008)]
Ass. *Anomodonto viticulosi-Leucodontetum sciuroidis* Wiśniewski 1930
 (Syn.: *Anomodonto longifolii-Isothecietum myuri* Lipmaa 1935 p.p, *Neckeretum complanatae* Waldh. 1944, *Neckero-Anomodonteum viticulosi* Szafran 1955, *Neckeretum crispae* PHIL. 1965, *Neckero complanatae-Eurhynchietum striatuli* Cor. Ped. 1988)
 [North Amanos Mountains / Hatay (Düzenli et al., 2009); South Amanos Mountains / Hatay (Ezer, 2008); Beldibi and Babadağ Forests / Devrek-Zonguldak (Alataş et al., 2019c); Akyazı District / Sakarya (Alataş et al., 2019a)]
Subass. - *palamocladietosum euchloronis* Kürschner & Düzenli 2009
 [North Amanos Mountains / Hatay (Düzenli et al., 2009); South Amanos Mountains / Hatay (Ezer, 2008)]
Ass. *Mnietum cuspidati* Felf. 1941
 [Altındere Valley Maçka-Trabzon (Alataş et al., 2021)]
Ass. *Neckeretum crispae* (Kaiser 1926) Herzog & Höffler 1944
 (Syn.: *Anomodonto viticulosi-Leucodontetum sciuroidis* Wiśniewski 1930)
 [Beldibi and Babadağ Forests / Devrek-Zonguldak (Alataş et al., 2019c); South Amanos Mountains / Hatay (Ezer, 2008)]
Ass. *Neckero-Anomodontetum viticulosi* (Wiśniewski 1929) Philippi 1965
 [Sakarya-Kocaeli-Yalova-Bursa (Can Gözcü et al., 2018)]
Subass. - *anomodontetosum viticulosi* Marstaller 1980
Ass. *Palamocladio euchloronis-Leucodontetum immersi* Kürschner, Kirmaci & Parolly 2012

[Pazar, Çayeli / Rize; Borçka / Artvin; Ayancık / Sinop; Dernekpazarı, Of / Trabzon (Kürschner et al., 2012)]

Subass. *-neckeretosum crispae* Kürschner, Kirmaci & Parolly 2012

[Fırtına Valley, Pazar / Rize; Borçka / Artvin (Kürschner et al., 2012)]

Ass. *Pseudoleskeello nervosae-Leucodontetum immersi* Kürschner, Kirmaci & Parolly 2012

[Kaçkar Mountains / Rize; Borçka / Artvin; Ayancık / Sinop; Dernekpazarı, Of / Trabzon (Kürschner et al., 2012)]

Class: *Frullanio dilatatae-Leucodontetia sciurooidis* Mohan 1978

Order: *Orthotrichetalia* Hadač in Klika & Hadač 1944

All.: *Ulotion crispae* Barkman 1958

Ass. *Ulotetum crispae* Ochn. 1928

[Kamilet Valley / Artvin (Alataş et al., 2019); Kümbet Plateau / Giresun (Alataş et al., 2022c)]

Subass. *-isothecietosum alopecurooidis* Marst. 1985

[Kamilet Valley / Artvin (Alataş et al., 2019)]

Subass. *-sanionietosum uncinatae* Schlüss. 2001

[Kümbet Plateau / Giresun (Alataş et al., 2022c)]

Ass. *Leskeello nervosae-Pterigynandretum filiformis* Phil. 1983

[Hıdırnebi Plateau / Trabzon (Alataş et al., 2022b)]

Subass. *-lewinskyetosum rupestris* Ezer, Alataş, Batan & Erata 2022

[Hıdırnebi Plateau / Trabzon (Alataş et al., 2022b)]

Ass. *Pseudoleskeello nervosae-Raduletum lindbergianae* Alataş, Ezer, Batan & Erata 2022

[Hıdırnebi Plateau / Trabzon (Alataş et al., 2022b)]

Subass. *-isothecietosum alopecurooidis* Batan, Ezer, Erata & Alataş 2022

[Hıdırnebi Plateau / Trabzon (Alataş et al., 2022b)]

Ass. *Lewinskyetum affinis* Alataş & Uyar 2017

[Abant Mountains / Bolu (Alataş and Uyar, 2017); Sakarya-Kocaeli-Yalova-Bursa (Can Gözcü et al., 2018); Akyazı District / Sakarya (Alataş et al., 2019a)]

Ass. *Orthotrichetum lyellii* Allorge ex Lecointe 1975

(Syn.: *Tortulo-Orthotrichetum lyellii* Walther 1979 nom. inval.)

[Nif Mountain / İzmir (Walther, 1979); Abant Mountains / Bolu (Alataş and Uyar, 2017); North Amanos Mountains / Hatay (Kara, 2008); Sakarya-Kocaeli-Yalova-Bursa (Can Gözcü et al., 2018); Akyazı District / Sakarya (Alataş et al., 2019a)]

Ass. *Orthotrichetum pallentis* Ochsner 1928

[Boraboy and Destek forests / Amasya (Alataş et al., 2017); Akyazı District / Sakarya (Alataş et al., 2019a)]

Subass. *-Isothecietosum alopecurooidis* Alataş, Ezer, Uyar & Ören 2018

[Akyazı District / Sakarya (Alataş et al., 2019a)]

Ass. *Orthotrichetum striati* (Gams 1927) Marstaller 1985

(Syn.: *Orthotrichetum speciosi* Barkman 1958)

[Quercus vulcanica forests / Isparta-Konya (Kürschner et al., 2006); Abant Mountains / Bolu (Alataş and Uyar, 2017); North Amanos Mountains / Hatay (Kara, 2008); South Amanos Mountains / Hatay (Ezer, 2008); Sakarya-Kocaeli-Yalova-Bursa (Can Gözcü et al., 2018); Boraboy and Destek forests / Amasya (Alataş et al., 2017); Akyazı District / Sakarya (Alataş et al., 2019a)]

Ass. *Pylaisietum polyanthae* Felföldy 1941

[Göbü village / Zonguldak (Alataş et al., 2015a); Fener area / Zonguldak (Alataş and Batan, 2014); Çifteköprü ve Karagöl Tabiat Parkı / Borçka-Artvin (Alataş et al., 2019b)]

Subass. *-lophocoleetosum heterophyllae* Kara, Ezer & Alataş 2015

[Göbü village / Zonguldak (Alataş et al., 2015a)]

Ass. *Orthotricho straminei-Pterigynandretum filiformis* Gillet 1986

[Beldibi and Babadağ Forests / Devrek-Zonguldak (Alataş et al., 2019c); Abant Mountains / Bolu (Alataş and Uyar, 2017); Sakarya-Kocaeli-Yalova-Bursa (Can Gözcü et al., 2018)]

All.: *Syntrichion laevipilae* Ochsner 1928

Ass. *Syntrichietum laevipilae* Ochsner 1928

(Syn.: *Uloto phyllanthae-Tortuletum laevipilae* Barkman 1958)

[Sakarya-Kocaeli-Yalova-Bursa (Can Gözcü et al., 2018)]

Subass. *-orthotrichetosum lyellii* Duv. & Lecointe 1975

[Sakarya-Kocaeli-Yalova-Bursa (Can Gözcü et al., 2018)]

Ass. *Syntrichietum papillosae* Jaeggli 1934

(Syn.: *Orthotrichetum fallcis* v. Krusenstjerna 1945, *Syntrichietum laevipilae* Ochsner 1928, *Fabronietum pusillae* Ochsner 1936)

[Fener area / Zonguldak (Alataş and Batan, 2014)]

Ass. *Orthotrichetum pumili* (Jäggli 1934) von Hübschmann 1986

[Göreme National Park / Nevşehir (Kara and Taşpınar, 2022); Fırat University / Elazığ (Alataş et al., 2022a)]

All.: *Fabronion pusillae* (Barkman 1958) Gil & Guerra 1981

Ass. *Cryphaetum arborae* Barkman 1958

[Bucak Sweetgum Forest Nature Park and Karacaören Dams / Burdur (Alataş et al., 2016)]

Subass. *-orthotrichetosum diaphani* Lecointe 1975

Ass. *Orthotricho franzoniani-Antitrichietum breidlerianae* Walther 1969

(Syn.: *Orthotricho lyellii-Antitrichietum californicae* All. ex Varo et al. 1977)

[Yamanlar Mountain / İzmir (Walther and Leblebici, 1969); Nif Mountain / İzmir (Walther,

1979); Yılanlı Mountain / Muğla (Kürschner, 1999)]

Ass. *Scorpiurio sendtneri-Zygodontetum vulgaris* Walther 1975

[Marmaris-Köyceğiz / Muğla (Walther, 1975; Kürschner et al., 1998); South Amanos Mountains / Hatay (Ezer, 2008)]

Ass. *Brachythecio olympici-Dicranoweisietum cirrate* Walther 1969

(Syn.: *Dicranoweisio cirratae-Brachythecietum olympici* Walther 1979, nom. invers. Illegit., cf. Barkman et al., 1986, CPN Art. 29)

[Yamanlar Mountain / İzmir (Walther and Leblebici, 1969); Nif Mountain / İzmir (Walther, 1979); Yılanlı Mountain, Akyaka Area, Kiran Mountain / Muğla; Honaz Mountain / Denizli (Kürschner, 1999)]

Ass. *Pterigynandro filiformis-Orthotrichetum speciosi* Guerra 1982

[Abant Mountains / Bolu (Alataş and Uyar, 2017); North Amanos Mountains / Hatay (Kara, 2008); Sakarya-Kocaeli-Yalova-Bursa (Can Gözcü et al., 2018)]

Ass. *Leptodonto smithii-Leucodontetum sciurooides* Privitera & Puglisi 1997

(Syn.: *Leptodontetum smithii* Jaggli 1933 nom. inval.)

[Bucak Sweetgum Forest Nature Park and Karacaören Dams / Burdur (ALATAŞ et al. 2016); North Amanos Mountains / Hatay (Kara, 2008); South Amanos Mountains / Hatay (Ezer, 2008)]

Subass. *-cinclidotetosum mucronati* Kürchner, Tonguç & Yayıntaş 1998

Associations and communities of uncertain syntaxonomic rank and position:

- *Rhynchostegiella* var. *litorea- Scorpiurium circinatum* ass. Walther 1975

(Syn.: *Scorpiurietum circinati* Giacomini 1951)

[Marmaris-Köyceğiz / Muğla (Walther, 1975)]

- *Tortulo-Brachythecietum condensatae* ass. Walther 1979

[Nif Mountain / İzmir (Walther, 1979)]

- *Neckera complanata-Palamocladium euchloron*

[South Amanos Mountains / Hatay (Ezer, 2008)]

- *Hypnum cupressiforme - Anomodon viticulosus* Ezer 2017

[Kadıncık Valley / Mersin (Ezer, 2017)]

- *Palamocladium euchloron - Alleniella complanata* Ezer 2017

[Kadıncık Valley / Mersin (Ezer, 2017)]

- *Porella platyphylla - Homalothecium sericeum* Ezer 2017

[Kadıncık Valley / Mersin (Ezer, 2017)]

- *Leucodon sciurooides - Anomodon viticulosus* Ezer 2017

[Kadıncık Valley / Mersin (Ezer, 2017)]

- *Leptodon smithii - Zygodon rupestris* Ezer 2017

[Kadıncık Valley / Mersin (Ezer, 2017)]

- *Isothecium alopecurooides - Hypnum andoi* Ezer, Alataş, Batan, Erata 2022

[Kümbet Plateau / Giresun (Ezer et al., 2022a)]

- *Neckera pumila - Frullania tamarisci* Ezer, Alataş, Batan, Erata 2022

[Kümbet Plateau / Giresun (Ezer et al., 2022a)]

- *Neckera pumila - Hypnum andoi* Ezer, Alataş, Batan, Erata 2022

[Kümbet Plateau / Giresun (Ezer et al., 2022a)]

- *Exsertotheca crispa - Isothecium alopecurooides* Ezer, Alataş, Batan, Erata 2022

[Fırtına Valley / Rize (Ezer et al., 2022b)]

- *Alleniella complanata-Exsertotheca crispa* Ezer, Alataş, Batan, Erata 2022

[Fırtına Valley / Rize (Ezer et al., 2022b)]

- *Alleniella besseri-Leucodon sciurooides* Ezer, Alataş, Batan, Erata 2022

[Fırtına Valley / Rize (Ezer et al., 2022b)]

In Türkiye, 41 associations and 19 sub-associations belonging to 19 alliances, 12 orders and eight bryosociological classes were reported by Alataş (2018). After this study, new and new record briyo-sociological units were added in the Turkish bryophyte vegetation with the phytosociological studies carried out in Türkiye.

In conclusion, the present study containing the updated checklist of Turkish bryophyte vegetation noted that it included 56 associations and 29 sub-associations belonging to 21 alliances, 14 orders, and eight bryosociological classes. It also includes 26 phytosociological units which have unknown status.

Note: We attribute this study to the 100th anniversary of the founding of the Republic of Türkiye.

References

- Abay G. Erata H. Batan B. Özdemir T. 2022. Two new records for the bryophyte flora of Turkey and Southwest Asia. *Plant Biosystems*. 156:4, 875-881. Doi: 10.1080/11263504.2021.1947407.
- Akman Y. 1995. Türkiye Orman Vejetasyonu: Kuzey Anadolu Orman Vejetasyonu. Kariyer Matbaacılık. Ankara.
- Alataş M. Batan N. 2014. Epiphytic bryophytes and vegetation of the *Platanus orientalis* trees in Zonguldak. *Ekoloji*. 91: 52-63.
- Alataş M. Batan N. 2015. Epiphytic bryophytes and vegetation on East Himalayan spruces of the Örümcek Forests. *Ekoloji*. 94: 33-42.

- Alataş M. Kara R. Ezer T. Uyar G. Batan N. 2015a. The epiphytic bryophyte flora and vegetation of Zonguldak-Göbü Village (Northwest Turkey). *Pakistan Journal of Botany*. 47: 1439-449.
- Alataş M. Kara R. Ezer T. Batan N. Özdemir T. 2016. Contributions to the epiphytic flora and vegetation of the Lakes Region in the Burdur (Turkey). *Turkish Journal of Botany*. 40: 329-342.
- 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: 1779-1786.
- Alataş M. Uyar G. 2017. A new bryophyte community and three new records for the epiphytic bryophyte vegetation of Turkey. *Turkish Journal of Botany*. 41: 308-323.
- Alataş M. 2018. Checklist of Turkish bryophyte vegetation. *Botanica Serbica*. 42:2, 173-179.
- Alataş M. Uyar G. Ezer T. Ören M. 2019a. The Epiphytic Bryophyte Communities of Akyazı District (Sakarya, Turkey): A Multivariate Study of Community-Habitat Relationships. *Anatolian Bryology*. 5:2, 85-99.
- Alataş M. Batan N. Ezer T. Erata H. 2019b. A Note on *Pylaisietum polyanthae* Felf. 1941 in Turkey. *Anatolian Bryology*. 5:1, 8-14.
- Alataş M. Ezer T. Batan N. 2019c. Epiphytic bryophyte vegetation of Beldibi and Babadağ forests (Zonguldak, Turkey). *Eurasian Journal of Forest Science*. 7:3, 205-219.
- Alataş M. Batan N. Ezer T. Erata H. 2019d. A new bryophyte sub-association and a new association record for Turkish bryophyte vegetation. *Biological Diversity and Conservation*. 12:1, 181-188.
- Alataş M. Batan N. Ezer T. 2019e. The Epiphytic Bryophyte Communities of Kamilet Valley (Artvin/Turkey). *Turkish Journal of Botany*. 43:4, 551-569.
- Alataş M. Batan N. Ezer T. Özdemir T. Erata H. 2021. Epiphytic Bryophyte Communities of Forests dominated by *Alnus glutinosa* in Altindere Valley National Park (Trabzon, Turkey). *Cryptogamie, Bryologie*. 42:11, 155-167.
- Alataş M. Ezer T. Erata H. Batan N. 2022a. A Note on *Orthotrichetum pumili* (Jäggli 1934) von Hübschmann 1986 in Turkey. Munzur 4th International Congress of Applied Sciences. 13-14 Ağustos 2022. Tunceli.
- Alataş M. Ezer T. Erata H. Batan N. 2022b. Epiphytic Bryophyte Vegetation of *Fagus orientalis* trees in Hidirnebi Plateau (Trabzon/Turkey). *Botanica Pacifica*. Doi: 10.17581/bp.2022.11201.
- Alataş M. Batan N. Ezer T. Erata H. 2022c. The Epiphytic Bryo-sociology of Kümbet Plateau (Giresun/Turkey). 8th International Istanbul Scientific Research Congress, Page 133, 12-13 Mart 2022. İstanbul.
- Alataş M. Ezer T. Erata H. Batan N. 2022d. The Epiphytic Bryophyte Syntaxa of *Buxus sempervirens* Forests in Fırtına Valley (Rize/Turkey). 8th International Istanbul Scientific Research Congress, Page 134, 12-13 Mart 2022. İstanbul.
- Batan N. Alataş M. Erata H. Özdemir T. 2019. Two remarkable moss species new to Turkey and South-west Asia. *Plant Biosystems*. 153:2, 195-198.
- Braun Blanquet J. 1964. *Pflanzensoziologie Grundzüge der Vegetationskunde*. 3. Aufl. Springer. New York.
- Brullo S. Lo Giudice R. Privitera M. 1991. Phytogeographical considerations on the psammophilous-mosses from the Mediterranean area. *Botanika Chronika*. 10: 873-887.
- Can Gözcü M. Uyar G. Alataş M. Ezer T. Ören M. 2018. Epiphytic bryophyte vegetation of the Samanlı Mountains (Sakarya-Kocaeli-Yalova-Bursa) in Northwest Turkey. *Botanica Serbica*. 42:2, 157-171.
- Davis P.H. 1975. Turkey: the present state of floristic knowledge. Department of Botany, Royal Botanic Garden. Edinburgh.
- Dierssen K. 2001. Distribution, ecological amplitude, and phytosociological characterization of European bryophytes. *Bryophytorum Bibliotheca*. 56: 1-289.
- Düzenli A. Ezer T. Kara R. 2009. *Anomodonto-Leucodontetum sciuroidis* Wiśn. 1930 - an epiphytic bryophyte community new for Turkey. *Botanika-Steciana*. 13: 145-154.
- Ellis L.T. Ah-Peng C. Aslan G. Bakalin V.A. Bergamini A. Callaghan D.A. Campisi P. Raimondo F.M. Choi S.S. Csiky J. et al. 2021a. New national and regional bryophyte records, 65. *Journal of Bryology*. 43:1, 67-91.
- Ellis L.T. Alataş M. Aleffi M. Álvaro Alba W.R. Becerra Infante D.A. Cárdenas Espinosa K. A. Aziz M.N. Bakalin V.A. Bergamo Decarli G. et al. 2021b. New national and regional bryophyte records, 66. *Journal of Bryology*. 43:2, 193-212.

- Ellis L.T. Alataş M. Álvaro Alba W.R. Charry Giraldo A.M. Amatov V. Batan N. Becerra Infante D.A. Burghardt M. Czernyadjeva I.V. Kuzmina E.Y. et al. 2021c. New national and regional bryophyte records, 67. *Journal of Bryology*. 43:3, 301-311.
- Erata H. Batan N. 2020. New and remarkable bryophyte records from Turkey and South-West Asia. *Plant biosystems*. 154:3, 376-383.
- Erata H. Özen Ö. Batan N. Alataş M. 2021. *Pohlia* Hedw. and *Oleolophozia* L. Söderstr., De Roo & Hedd. Species New to Turkey and South-West Asia. *Cryptogamie, Bryologie*. 42:1, 1-10.
- Erdağ A. Kürschner H. 2017. The List of Turkey Plants (Mosses). Ali Nihat Gökyiğit Vakfı Yayınları. İstanbul.
- Ezer T. 2008. Güney Amanos Dağları (Musa Dağı) Biryofit Florası ve Epifitik Biryofit Vejetasyonunun Araştırılması. Çukurova Üniversitesi. Fen Bilimleri Enstitüsü. Adana.
- Ezer T. 2017. Epiphytic Bryophyte Communities and Succession on *Platanus orientalis* trees in Kadıncık Valley (Mersin/Turkey). *Pakistan J Bot.* 49:2, 623-630.
- Ezer T. Alataş M. Batan N. Erata H. 2022a. The Epiphytic Bryophyte Succession of *Picea orientalis* Forests in Kümbet High Plateau (Giresun-Turkey). *Botanica Serbica*. 46:1, 29-37.
- Ezer T. Alataş M. Batan N. Erata H. 2022b. Epiphytic Bryophyte Communities of *Buxus sempervirens* trees in Fırtına Valley (Rize-Turkey). 8th International Istanbul Scientific Research Congress, Page 135: 12-13 Mart 2022. İstanbul.
- Kara R. 2008. Kuzey Amanos Dağları (Hatay-Dörtyol) Biryofit Florası ve Epifitik Biryofit Vejetasyonunun Araştırılması. Çukurova Üniversitesi. Fen Bilimleri Enstitüsü. Adana.
- Kara R. Ezer T. Düzenli A. 2011. Türkiye İçin Yeni Bir Epifitik Biryofit Birliği (*Anomodontetum attenuati*). *Ekoloji*. 20: 63-68.
- Kara R. Taşpınar H. 2022. Türkiye İçin Yeni Bir Epifitik Biryofit Birliği: *Orthotrichetum pumili* (Jäggli 1934) von Hübschmann 1986. *Anatolian Bryology*. 8:1, 50-56.
- Kırmacı M. Armağan M. Özenoğlu H. 2021. *Asterella saccata* (Wahlenb.) A. Evans a new genus and liverwort (Aytoniaceae, Hepaticae) species from Turkey. *Anatolian Bryology*. 7:2, 90-95.
- Kürschner H. 1999. Life strategies of epiphytic bryophytes in Mediterranean *Pinus* woodlands and *Platanus orientalis* alluvial forests of Turkey. *Cryptogamie Bryol*. 20: 17-33.
- Kürschner H. Erdağ A. 2008. The saxicolous *Homalothecio-Neckeradelphetum menziesii* new to western Turkey: phytosociology, ecology and life strategies. *Nova Hedwigia*. 87: 97-112.
- Kürschner H. Erdağ A. 2009. The *Grimmietum commutato-campestris* in Turkey. Ecology and life syndromes of a saxicolous bryophyte community with the description of two new subassociations. *Nova Hedwigia*. 88: 441-463.
- Kürschner H. Kırmacı M. Erdağ A. Batsatsashvili K. Parolly G. 2012. Ecology and life strategies of epiphytic bryophyte communities from the Arcto-Tertiary relict forests of the Black and Caspian Sea areas. *Nova Hedwigia*. 94: 31-65.
- Kürschner H. Kırmacı M. Erdağ A. Batsatsashvili K. Parolly G. 2015. On the hygrophytic element in the bryoflora of Turkey - a first attempt to high mountain Montio-Cardaminetea communities. *Nova Hedwigia*. 3-4, 407-421.
- Kürschner H. Parolly G. 1999a. *Epipterygio-Riccietum frostii* ass. nov: Ecology and Life Strategies of Ephemeral Bryophytes in Communities in Western Turkey. *Lindbergia*. 24: 84-92.
- Kürschner H. Parolly G. 1999b. Syntaxonomy, synecology and life strategies of selected saxicolous bryophyte communities of West Anatolia and a first taxonomic conspectus for Turkey. *Nova Hedwigia*. 68: 365-391.
- Kürschner H. Parolly G. Erdağ A. 2006. Life forms and life strategies of epiphytic bryophytes in *Quercus vulcanica* forest of Turkey. *Nova Hedwigia*. 82: 331-347.
- Kürschner H. Parolly G. Erdağ A. Özkan E. 2007. Synanthropic Bryophyte Communities New to Western Turkey-Syntaxonomy, Synecology and Syndromes. *Nova Hedwigia*. 84: 459-478.
- Kürschner H. Tonguç Ö. Yayıntaş A. 1998. Life Strategies in Epiphytic Bryophyte Communities of the Southwest Anatolian *Liquidambar orientalis* forest. *Nova Hedwigia*. 66: 435-450.
- Kürschner H. Frey W. 2020. Liverworts, mosses and hornworts of Southwest Asia (Marchantiophyta, Anthocerotophyta, Bryophyta). *Nova Hedwigia*. 149: 1-267.
- Marstaller R. 2006. Syntaxonomischer Konspekt der Moosgesellschaften Europas und

- angrenzender Gebiete. Haussknechtia Beiheft 13. Jena.
- Mucina L. Bültmann H. Dierßen K. Theurillat JP. Raus T. Čarni A. Sumberov K. Willner W. Jürgen D. Gavilán García R. et al., 2016. Vegetation of Europe: hierarchical floristic classification system of vascular plant, bryophyte, lichen, and algal communities. Applied Vegetation Science. 19: 3-264.
- Özenoğlu H. Kırmacı M. 2022. *Riccia anatolica* sp. nov. a new liverwort (Ricciaceae) species from Turkey. Phytotaxa. 532:1, 078-084
- Özhatay N. Byfield A. Atay S. 2005. *Türkiye'nin 122 Önemli Bitki Alanı*. Mas Matbaacılık, İstanbul.
- Unan A.D. Potemkin A. Ursavaş S. Çalışkan S. Ören M. 2021. New records of two *Scapania* species (Scapaniaceae, Marchantiophyta) from north of Turkey. Plant Biosystems. 155:4, 679-684.
- Unan AD. Ören M. 2021. New and noteworthy records of deadwood dwelling bryophyte species for Turkey and Southwest Asia. Cryptogamie Bryologie. 42:4, 33-44.
- Unan A.D. Ören M. 2021. New and noteworthy records of deadwood dwelling bryophyte species for Turkey and Southwest Asia. Cryptogamie Bryologie. 42:4, 33-44.
- Ursavaş S. Keçeli T. 2019. *Weissia multicapsularis*, a rare moss species new to Turkey and Asia. Plant Biosystems. 153:2, 669-672.
- Ursavaş S. Işın Z. 2019. New records of *Bryum gemmiferum* and *Atrichum crispum* for Turkey. Plant Biosystems. 153:5, 686-690.
- Ursavaş S. Keçeli T. Uyar G. Ören M. 2021. *Dicranella staphylina* (Dicranaceae), a new moss record from Turkey and South West Asia. Plant Biosystems. 155:3, 483-486.
- Von Hübschman A. 1986. Prodrum der Moosgesellschaften Zentraleuropas. Bryophytorum Bibliotheca. 32: 1-413.
- Walther K. Leblebici E. 1969. Die Moosvegetation des Karagöl-Gebietes im Yamanlar Dağ nördlich İzmir. Ege Üniv. Monog. of the Fac. of Science. 10: 1-48.
- Walther K. 1975. Zur Moosvegetation der *Liquidambar*-wälder Südwest-Anatoliens. Phytocoenologia. 2: 13-18.
- Walther K. 1979. Die Epifitischen Moosgesellschaften des Nif Dag bei Izmir, Westanatolien. Doc. Phytosociol. 4: 943-950.
- Weber HE. Moravec J. Theurillat JP. 2000. International Code of Phytosociological Nomenclature. Vegetation Science. 3:11, 739-7.



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

DOI: 10.26672/anatolianbryology.1281694

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



Antioxidant, Antimicrobial and Some Chemical Composition of *Plagiochila asplenioides* (L.) Dumort Extract

Onur Tolga OKAN^{1*} 

¹Karadeniz Technical University, Maçka Vocational School, Department of Chemistry and Chemistry Processing Technologies, 61750, Trabzon, TÜRKİYE

Received: 12 April 2023

Revised: 3 May 2023

Accepted: 10 May 2023

Abstract

Bryophytes are the oldest terrestrial plants in the world, about 3.000 taxon are known to have medicinal properties. *Plagiochila asplenioides* (L.) Dumort, which is one kind of bryophytes, was examined in this study. We investigated the antimicrobial, antioxidant, fatty acid, mineral analysis, and some chemical properties of the extracts obtained from the bryophyte. It was determined that the *P. asplenioides* extract had a moderate effect in terms of antioxidant properties and total phenolic content. In terms of fatty acid compositions, oleic and palmitic acid were found to be high. As a result of the mineral analysis, it has been observed that it can accumulate high levels of potassium (K), calcium (Ca), iron (Fe) and aluminum (Al). In addition, it was observed that the extracts obtained from *P. asplenioides* showed only a moderate inhibitory effect against *Escherichia coli* and *Salmonella typhimurium*.

Keywords: Antioxidant, bryophyte, chemical analysis, mineral analysis, *Plagiochila asplenioides*.

Plagiochila asplenioides (L.) Dumort Ekstraktlarının Antioksidan, Antimikrobiyal ve Bazı Kimyasal Bileşimi

Öz

Briyofitler dünyanın en eski karasal bitkileridir, yaklaşık 3000 taksonun tıbbi özelliğe sahip oldukları bilinmektedir. Bu çalışmada, bir briyofit türü olan *Plagiochila asplenioides* (L.) Dumort incelenmiştir. Bu briyofitten elde edilen ekstraktların, antimikrobiyal, antioksidan, yağ asitleri, mineral analizleri ve bazı kimyasal özellikleri araştırılmıştır. Antioksidan özellikleri ve toplam fenolik içeriği bakımından *P. asplenioides* ekstraktlarının ılımlı bir etki gösterdiği tespit edilmiştir. Yağ asidi kompozisyonları bakımından ise oleik ve palmitik asit yüksek oranda bulunmuştur. Yapılan mineral analizleri sonucunda yüksek oranda potasyum (K), kalsiyum (Ca), demir (Fe) ve alüminyum (Al) biriktirebildiği görülmüştür. Ayrıca *P. asplenioides*'den elde edilen ekstraktların sadece *Escherichia coli* ve *Salmonella typhimurium* karşı ılımlı bir inhibisyon etkisi gösterdiği gözlemlenmiştir.

Anahtar kelimeler: Antioksidan, briyofit, kimyasal analiz, mineral analiz, *Plagiochila asplenioides*.

* Corresponding author: onurtolgaokan@ktu.edu.tr

© 2022 All rights reserved / Tüm hakları saklıdır.

To cite this article: Okan O. T. 2023. Antioxidant, antimicrobial and some chemical composition of *Plagiochila asplenioides* (L.) Dumort extract. 9:1, 11-19.



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

1. Introduction

From the evolution theory point of view, bryophytes are considered among the oldest terrestrial plants (probably the first true plants) directly placed between algae and vascular plants (Gofinet and Shaw, 2008; Glime, 2017). Bryophytes, with more than 20.000 species, are further divided into three main categories: Bryophyta (mosses ~14.000 species), Marchantiophyta (liverworts, ~6000 species) and Anthocerotophyta (hornworts ~300 species) can be found everywhere (except in the sea) in the world (Glime, 2017). In this regard, bryophytes are very important plant for forest ecosystem. Studies of bryophyte chemistry has been very limited, although its spread over such a wide geography on the earth (Klavina et al., 2012). Klavina (2018) reported that chemical analysis of only 2% of known mosses and 6% of liverworts have been realized (Klavina, 2018). According to some researchers, this is because of the fact that bryophytes are not appropriate in human nutrition (Asakawa et al., 2013; Commisso et al., 2021). Nevertheless some attention has been dedicated to secondary metabolite research on bryophytes in recent years, because they have been widely used as medicinal plants in various parts of the world (particularly in China) for various illnesses (Asakawa et al., 2013; Vollár et al., 2018). Some researchers stated that nearly 3000 taxon of bryophytes have been medicinal importance (Türker and Ünal, 2020; Manisara et al., 2021).

Around the world, especially in developed countries as well as Turkey, there has been an increasing in interest in high antioxidant plant (Okan et al., 2019). Bryophytes contain valuable secondary metabolite such as terpenoids, flavanoids and bibenzyls (Marko et al., 2001). The main benefit of these compounds is possess their antioxidant properties. At first glance it is hard to imagine antioxidant properties of bryophytes compared to higher plants, but if examining deeper, it looks clear, bryophytes synthesize unique compounds that have shown a wide range of biological activities not only such as antioxidant, antifungal, antimicrobial but also antiviral, anticarcinogenic, muscle relaxing, anti-obesity activities, insecticidal, neurotrophic and cardiogenic (Cianciullo et al., 2022). Furthermore, it is known that the antioxidant capacity of mosses is higher than some higher plants (Türker and Ünal, 2020). In bryophytes, highly unsaturated fatty acids may also responsible role as an antioxidant in the human body (Ichikawa et al., 1983; Tedone et al., 2011).

As already mentioned, most of bryophyte species are shown antioxidant activity as well as antimicrobial activity. Studies show that carbohydrate from mosses in bogs react with undergo acidic and anaerobic condition. As a consequence of this reaction creation antimicrobial condition via Maillard and this leads to conservation of organic, fat, and aminoacids containing materials (Klavina, 2018). Alcoholic and the aqueous extract of around 150 different species bryophyte containing flavonoids have been reported to show antimicrobial effects against various group of fungi as well as gram negative and gram positive bacteria (Mishra et al., 2014).

In light of this information, the present study focused on the antioxidant, antimicrobial, some nutritional properties and chemical composition of *P. asplenioides* which is a bryophyte species. When the literature is examined, it is not found that chemical composition, fatty acid, antioxidant and antimicrobial study by *P. asplenioides*. Therefore this study can be first study in this respect.

2. Materials and Methods

2.1. Plant Material

P. asplenioides was collected in the growing season of 2022 in Trabzon. The plants were identified and stored in the Herbarium at the Department of Biology, Faculty of Science, Karadeniz Technical University. It was carefully cleaned and washed by using distilled water to remove soil and other contaminants. Finally, samples were dried at room temperature under the shade.

2.2. Extraction process of the *P. asplenioides*

Approximately 2.5 g sample was added to 50 mL 99% methanol and homogenized in a blender for 5 minutes. The mixture was transferred to Falcon tube. All tubes were continuously stirred with a shaker (Heidolph Promax 2020, Schwabach, Germany) at room temperature for 24 h. The particles were then filtered with filter paper (Whatman) and concentrated in a rotary evaporator (IKA-Werke, Staufen, Germany) at 40 °C. The residue was dissolved in methanol to a known final concentration and kept at 4 °C until.

2.3. Antioxidant activity analysis

UV-1800 (Shimadzu, Japan) spectrophotometer was used to measure absorbances in all antioxidant analysis.

2.3.1. Total antioxidant capacity (TAC)

The total antioxidant capacity (TAC) of *P. asplenioides* extracts was spectrophotometrically determined by the phosphomolybdenum assay using

the method described by literature (Prieto et al., 1999). According to this method, added 2500 μL deionized water in 500 μL extract. The solution was mixed with 1000 μL phosphomolybdenum reagent (28 mM monobasic sodium phosphate and 4mM Ammonium heptamolybdate tetrahydrate in 0.6 M sulphuric acid) in capped test tubes. The mixture was vortex after that sample in capped test tube was incubated for 90 min in a water bath 95 $^{\circ}\text{C}$. The absorbance of 695 nm was measured after incubation at room temperature. Ascorbic acid was used as a standard substance.

2.3.2. Free radical scavenging activity (DPPH)

DPPH scavenging activity was measured according to method described by Brand-Williams et al., (1995). Extract solution (100 μL each) were mixed with 3000 μL freshly prepared 10 mM DPPH solution dissolved in methanol. The mixture was shaken and allowed to stand for 30 min in the dark at room temperature for any reaction to take place. The absorbance was read at 517 nm against a control using a spectrophotometer. The same concentration of extracts without DPPH was used a blank. The values were shown as ascorbic acid mg/kg

2.3.3. Ferric reducing/antioxidant power (FRAP) assay

The FRAP assay was conducted as described by literature (Benzie and Strain, 1996) For FRAP activity assay of plant extract, fresh FRAP reagent was made by adding 300 mM sodium acetate buffer solution (pH: 3.6), 10 mM aqueous TPTZ solutions in 40 mM HCl, and 20 mM aqueous FeCl_3 solution in a ratio 10:1:1. In brief, 250 μL extract solution was added on 2750 μL of freshly prepared FRAP reagent. The mixture was incubated at 37 $^{\circ}\text{C}$ for 15 min before using a spectrophotometer. The absorbance was measured at 593 nm against a control. Results were expressed as mg FeSO_4 / 100 g.

2.3.4. ABTS⁺ assay protocol

The ABTS⁺ radical cation stock solution was consisting of 7 mM aqueous ABTS and 2.45 mM potassium persulfate solution (1/1, v/v) for 120 minute in a darkness at room temperature. Next, it was diluted in methanol until an absorbance of 0.700 ± 0.020 at 734 nm and room temperature to obtain the ABTS⁺ working solution. The extract (150 μL) and ABTS solution (2850 μL) mix were vortexed and transferred to the spectrophotometer cuvettes. The absorbance was read at 734 nm against a control (Pellegrini et al., 2003). Trolox standard curve to express the results as mg Trolox/kg.

2.3.5. Total Phenolic Content (TPC)

Total phenolic contents of the plant extracts were determined by Folin-Ciocalteu reagent (Kasangana et al., 2015). Dry extracts (300 μL) were solubilized with methanol and combined with 200 μL 2 N Folin-Ciocalteu reagents and 600 μL of 10% Na_2CO_3 . The mixture was vortex and incubated 120 min in darkness at room temperature. After that, the absorbance of the mixture was measured at 760 nm using a spectrophotometer. Gallic acid was used to prepare a calibration curve and results are expressed in gallic acid equivalents (mg GAE/g dry extract).

2.4. Total Flavanoid Analysis

The TFC of *P. asplenioides* extract was evaluated according to the method described by Fukumoto and Mazza (2000) with some modifications. Briefly, 500 μL extract was dissolved 3200 μL methanol (% 30 v/v). 150 μL of 0.5 M NaNO_2 and 150 μL of 0.3 M AlCl_3 were added to a test tube. Also, 1 ml of 1 M NaOH was added after five minutes on same test tube and incubated at room temperature for 10 minutes. Then, the absorbance was measured against a blank 506 nm. Results were expressed as mg quercetin equivalents (QE) per kg (mg QE/ g).

2.5. Determination of Mineral Analysis

Mineral contents of *P. asplenioides* was determined by MP-AES. Prior to mineral analysis, plant sample was digested in a closed microwave digestion system (Milestone Start D model) using appropriate solvent mixtures. For that purpose 0.500 g plant material was placed in Teflon vessels, then 6 mL HNO_3 and 2 mL H_2O_2 were added into the vessels. The temperature was increased gradually, starting from 50 $^{\circ}\text{C}$ and increasing up to 200 $^{\circ}\text{C}$. The mixture was left to cool down and digested samples were transferred to 100 mL volumetric flask. The volume of the contents were made to 50 mL with distilled water. It was prepared $\mu\text{g}/\text{ml}$ solutions from 1000 ppm solutions of Fe, Ca, Zn, Cd, Mg, Cu, Co, Ni, Al, Mn, Pb, Cr, K metal ions. The sample was filtered with 0.45 micron cellulose filter before mineral determination. (NMKL 170 and NMKL 161).

2.6. Determination of total lipid, protein and ash contents

For lipid content, five grams of ground sample were placed in cellulose extraction cartridge which was chapped on with cotton wool. The cartridge was then put in the soxhlet chamber and this was placed into thermostated water bath at 60 $^{\circ}\text{C}$ and fitted to a tared distillation flask containing 100 mL of n-Hexane and 2-3 boiling glass refluxator. After extraction 16 h, the largest part of solvent was

released by rotary-evaporator. The residue was transferred to a 103 °C oven. The sample was kept until constant weight in oven. The amount of total oil content was calculated as percentage according to the formula.

$$\text{Total Lipid Content (\%)} = \frac{m1}{m} \times 100$$

m: Mass of sample in gramme

m1: Mass of dry extract in gramme

Protein analysis realized according to Kjeldahl method. Briefly, homogeneous plant samples (1 gr) were placed in digestion tube. Added 7 g catalyst and 20 mL H₂SO₄ with 3 to 5 anti-bumping glass bead. Also prepare a tube was contained the above chemicals except plant sample as blank. The digestion tube was placed in digester. Placed tube digested at about 200-250 °C for 15 mins before. The digester was run temperature around 350-380 °C until solution is light green (30-45 minutes for one plant sample). Removed tube and leaved to stand until sample is cooled after that added about 150-200 ml distilled water. Digested samples were transferred to distillation apparatus. Added 75 mL 40% NaOH into digested sample (1-2 pieces of zinc (Zn) granules were placed to prevent explosions). 50 mL 2% boric acid into 500 mL flask with 5-6 drop indicator were dispensed. Placed the flask under the condenser, ensured that the condenser tip immersed in the boric acid solution. Distillation process was done until collected approximately 150 ml distillate about 10-20 mins. At the end of distillation process, the blue-violet boric acid solution turned green. The sample was titrated with standard 0.1 N HCl.

For the ash content, sample was weighed about 2 g into the porcelain crucible, and then pre-burning sample was kept at 550 °C in the ash oven. The amount of ash content was calculated as percentage

2.7. Determination of Fatty Acid Composition

Fatty acid composition was analysed by GC-MS. Before the GC-MS, fatty acids were converted methyl ester form according to TS EN ISO 12966 method (TSE, 2014). Sample was weighed about 100 mg, added above 5 mL n-hexane and 2N KOH with 100 µL methanol. Methyl esters were analysed on a fused silica column (30 mm x 0.25 mm x 0.2 µm) with helium as a carrier gas. The temperature was started 50 °C for 1 min then it was raised at 25 °C/min to 230 °C. Finally, the temperature was held 230 °C for 7 min. The injection volume was 1 µL and split ratio 1:20. The injection temperature was 250 °C. The

components were identified by comparison of their mass spectra with characteristic features obtained with the NITS and Wiley Library spectral data bank.

2.8. Determination of Antimicrobial Activity

To determine the antimicrobial activity of the extracted *P. asplenoides*, a disk diffusion method was used (Matuschek et al., 2014). For antimicrobial activity analysis, different ten (10) bacterial species and different three (3) yeast species were used. All the test microorganisms were obtained from Research and Application Center of the Central Research Laboratory of Gümüşhane University. For each assay 10 mL of H₂O was added over about 1 g extract and suspended with stirring. Vigorous agitation was performed to homogenize the suspension. Then, 20 µL of the extract water mixture was soaked on the antimicrobial discs and placed in petri dishes in which bacteria and yeasts were inoculated. For antimicrobial activity, bacterial and yeast cultures grown in Nutrient Broth (Merck, Germany) at 36°C in 24 hours and in Malt Extract Broth (Merck, Germany) at 27°C in 48 hours were used, respectively. After the incubation, the results of antimicrobial activity analysis were determined by measuring the transparent zones formed around the discs.

3. Results

3.1. Antioxidant capacity

There are many methods of measuring the antioxidant capacity in natural product. A single method is usually insufficient when determining antioxidant activity. Therefore, this capacity could be evaluated by a variety of methods pertaining to different mechanisms. In this study, FRAP, DPPH, ABTS and TAC methods were used to investigate antioxidant capacity of *P. asplenoides*. Antioxidant activity of the selected plant was given Table 1. The DPPH radical scavenging activity test is based on the degree of decolorization of the purple coloured solution. DPPH values of extract was found 2285.49 mg AA/kg. DPPH % inhibition rate of the selected sample was determined as 58.98 %. FRAP values of the sample was found 4729 mg FeSO₄/kg in this study. If ABTS [2,2'-azinobis-(3-ethylbenzothiazoline-6-sulfonate)] assay, which is known as Trolox equivalent antioxidant capacity (TEAC), is high value, it means a greater antioxidant potential of sample. ABTS value of extract in our study was found as 3202 mg Trolox/kg. ABTS % inhibition was found 24.10 %. Total amount of the antioxidant (TAC) substance was determined 655.59 mg AA/kg. TPC is generally

used as an antioxidant test. According to Table 1 it observed that the TPC value was found 430.67 mg GAE/kg, while TFC value of extract was found 322.33 mg GU/kg. When the results of all

antioxidant analysis are examined, it can be said that *P. asplenioides* extract is moderately potential antioxidant source.

Table 1. Antioxidant activity of the *P. asplenioides*

Sample	TPC		DPPH		FRAP	
	mg GAE/kg	mg AA/kg	% inhibition	mg FeSO ₄ /kg		
<i>Plagiochila asplenioides</i>	430.67 ±1.88	285.49 ±8.34	58.98 ±1.68	4729.0 ±4.09		
	TAC		ABTS		TFC	
	mg AA/kg	mg Trolox/ kg	% inhibition	mg GU/kg		
	655.59 ±3.79	3202.38 ±7.11	24.10 ±0.83	322.33 ±6.28		

3.2. Mineral content

Mineral content of the plant is important of food and diet. The mineral composition of *P. asplenioides* extract was examined Table 2. Mineral elements of extract were found in varying proportions. According to result, Calcium (Ca) ion was found to very high (130034.76 mg/kg), Crom

(Cr) ion (8.59 mg/kg) was found to very low compared to other elements. Ni and Co ions were detected below limit of quantification (LOQ). Second most abundant ion of the *P. asplenioides* extract was determined potassium (91613.15 mg/kg). It is obvious that *P. asplenioides* extract is high mineral content.

Table 2. Mineral contents of the *P. asplenioides*

Sample	Fe	Ca	Zn	Cd	Mg	Cu	Co
<i>Plagiochila asplenioides</i>	7414.06 ±41.12	130034.76 ±61.73	130.83 ±11.19	<LOQ	520.44 ±17.43	17.19 ±1.33	<LOQ
	Ni	Al	Mn	Pb	Cr	K	
	<LOQ	2010.77 ±56.87	972.12 ±16.51	349.50 ±81.12	8.59 ±0.66	91613.15 ±267.98	

Note: Results are presented as means minerals mg/kg

3.3. Protein, ash and total lipid contents

Protein, ash and total lipid contents of the selected plant was given Table 3. Protein, ash and total lipid contents were found 10.27 %, 33.83 % and

1.67 %, respectively. According to this results, *P. asplenioides* had a high level of ash, moderate level of protein and lower level of lipid.

Table 3. Total protein and ash content of *P. asplenioides*

Sample	Total Protein (%)	Ash Content (%)	Total Lipid Content (%)
<i>P. asplenioides</i>	10.27 ±0.32	33.83 ±2.12	1.67 ±0.03

3.4. Fatty acid composition

Fatty acid composition of extract from *P. asplenioides* was presented in Table 4 and Figure 1. Result of the analysis was identified 9 fatty acid

compounds. Oleic acid was determined to be major fatty acid (47.67 %). Palmitic acid was detected as the second most abundant fatty acid in this sample (38.93 %) (Fig. 1).

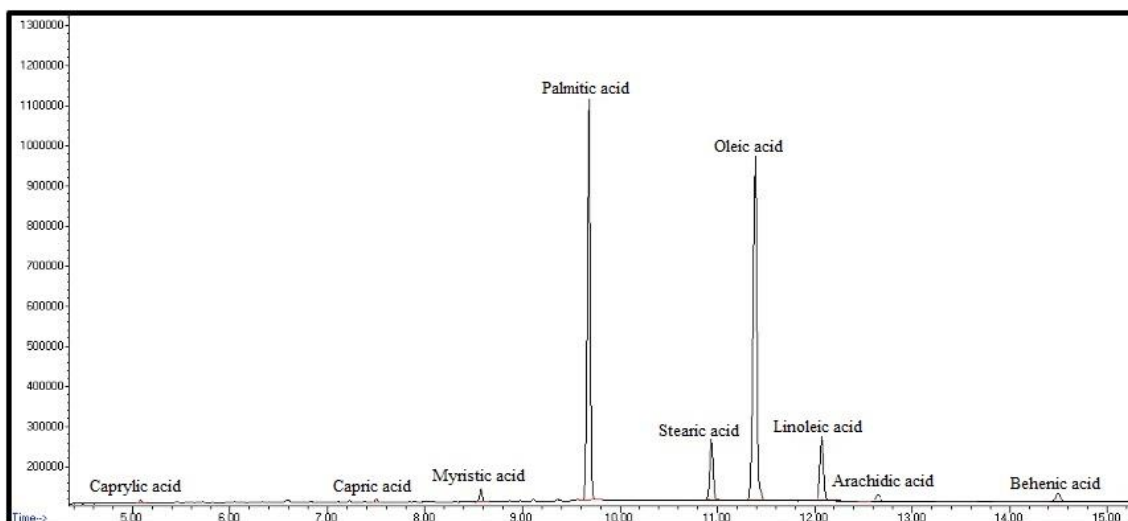


Figure 1. GC-MS chromatograms of the fatty acid composition from *P. asplenioides*

Saturated fatty acids represented 49.59 % of total fatty acids, with the palmitic (38.93 %) and stearic acid (6.68 %) as the main acids. Total monounsaturated acid was determined very near

value of saturated fatty acids, but polyunsaturated fatty acid was lower than saturated acids in the *P. asplenioides*.

Table 4. Fatty acid composition of *P. asplenioides*

Fatty acid	Area (%)
Caprylic acid (C8:0)	0.52 ±0.02
Capric acid (C10:0)	0.27 ±0.06
Myristic acid (C14:0)	1.05±0.5
Palmitic acid (C16:0)	38.93±2.05
Stearic acid (C18:0)	6.68 ±1.02
Arachidic acid (C20:0)	0.97 ±0.04
Behenic acid (C22:0)	1.17 ±0.07
Σ Saturated fatty acid	49.59
Oleic acid (C18:1)	42.67 ±6.99
Σ Monounsaturated fatty acid	42.67
Linoleic acid (C18:2)	7.74 ±0.19
Σ Polyunsaturated fatty acid	7.74

3.5. Antimicrobial activity of the *P. asplenioides*

Table 5 was presented the results of the antimicrobial activity on the *P. asplenioides* extract. It was assumed that there was a strong

effect when the *P. asplenioides* extract showed an inhibition zone of > 20 mm, while this effect was moderate when 12 < inhibition zone < 20 and weak inhibition zone < 12 mm.

Table 5. Antimicrobial activity results of the *Plagiochila asplenioides*

Bacteria sp.	Sample	Penicilin G(10 mg)
<i>Aeromonas hydrophila</i> ATCC 35654	-	34±0,01
<i>Bacillus cereus</i> ATCC 9634	-	30±0,01
<i>Bacillus subtilis</i>	-	34±0,01
<i>Enterococcus faecalis</i> ATCC 29212	-	32±0,01
<i>Escherichia coli</i> ATCC 25922	4.38±0.01	34±0,01
<i>Escherichia coli</i> O157:H7 35150	-	34±0,01
<i>Listeria monocytogenes</i> ATCC 7644	-	30±0,01
<i>Salmonella typhimurium</i> ATCC 23566	4,12±0,01	34±0,01
<i>Shigella flexneri</i> ATCC 12022	-	30±0,01
<i>Staphylococcus aureus</i> ATCC 25923	-	38±0,01
Yeast-Mould		
<i>Aspergillus flavus</i> ATCC 46283	-	25±0,01
<i>Candida albicans</i> ATCC 10231	-	22±0,01
<i>Saccharomyces cerevisiae</i> S288C	-	14±0,01

Looking at Table 5, it showed activity against only two bacteria (*E. coli*: ATCC 25922 and *S. typhimurium* ATCC 23566) out of total 10 bacteria. Also, it was determined that extract obtained from *P. asplenioides* was not effective against Yeast-Mould. As shown in Table 5, the best antimicrobial activity was obtained against *E. coli*. Therefore, it can be said that plant extract are weak effect against selected of Table 5 microorganism.

4. Discussion and Conclusion

When the literature is examined, it seen that studies about bryophytes are very limited (Sabovljevic et al., 2012). With the regard of the antioxidant, antimicrobial and some chemical compound of *P. asplenioides*, literature data was not found, as well. Therefore, similar analysis of different bryophyte species were evaluated in this section.

In the study of Gökbulut et al., (2012), it was determined that methanol and ethyl acetate extracts of *Marchantia polymorpha* L. was exhibit moderate antioxidant activity in the analysis by DPPH (0.4495 mg/mL for methanol and 0.2756 mg/mL for ethyl acetate) and ABTS (0.2441 mg/mL for methanol and 0.2126 mg/mL for ethyl acetate) (Gökbulut et al., 2012). Hanif et al., (2014) examined the evaluation of two bryophytes (*Funaria hygrometrica* Hedw. and *Polytrichum commune* Hedw.) as a source of natural antioxidant. In the study, they reported that the DPPH analysis *Funaria hygrometrica* and *Polytrichum commune* were found 94.7% and 94.4% respectively. Also, the authors reported that the ABTS assay of *Funaria hygrometrica* and *Polytrichum commune* were found 71.06 and 97.5 mM Trolox, respectively (Hanif et al., 2014). In another study about total phenol, antibacterial and antioxidant activity of four bryophyte species (*Plasteurhynchium striatum* (Spruce) M. Fleisch, *Palamocladium euchloron* (Bruch ex Müll. Hal.) Wijk & Margad., *Cratoneuron filicinum* (Hedw.) Spruce and *Campyliadelphus chrysophyllus* (Brid.) R.S. Chopra), it determined total phenolic content values ranged from 0.027 to 0.00055 mg GAE/g, while DPPH values ranged from 65.11% to 51.94% (Öztürk et al., 2021). Compared with this study, our antioxidant and TPC value was found generally higher.

The source of major elements are related with natural processes, while presence of many trace elements can be due to environmental pollution. Pd and Cd are associated with directly environmental pollution among the metal. In this

study, Pd and Cd were found low concentration, but concentration of major elements and essential trace element were found highest concentration. According to Klavina et al., (2012) it means that pollution that is connected with the trace elements is low in regions where the bryophytes were collected (Klavina et al., 2012).

Among all metabolites in bryophytes, lipids are one of the most important metabolite. These metabolites play important role such as energy storage, membrane formation, cell signaling, functioning and environmental adaptation (Christie et al., 2012). In general, the total lipid content of bryophytes ranges from 1 to 9.1 % of dry weight. These values can change depending on the region and growth condition (Dembitsky, 1993). In the performed study total fat content of *P. asplenioides* is similar of literature. Fatty acid from healthy living bryophytes normally does not accumulate in tissue (Liu et al., 2019). According to literature, palmitic acid (16:0) and stearic acid (18:0) are found most abundant fatty acid in bryophytes, while lauric acid (12:0) and myristic acid (14:0) are also found in a limited amount. In addition, pentadecanoic acid (15:0) and margaric acid (17:0) are found in trace amounts in some bryophytes. In particular, mono- and polyunsaturated fatty acid like oleic acid (18:1), linoleic acid and α -linoleic acid are major compounds among the fatty acid in all bryophytes species (Prins, 1982). The literature's about fatty acids are largely in parallel with the performed this study.

It is known that bryophyte species have antimicrobial activity, also potential antimicrobial activity of bryophytes vary from species to species (Gül et al., 2023). Gül et al. (2023) reported that ethyl acetate and hexane extracts of a bryophyte species, *Leucodon sciuroides* (Hedw.) Schwägr, have no effective antimicrobial activity using the ADD method in their study, but methanol extract from the bryophyte species have determined to have antifungal potential against *C. albicans* species (Gül et al., 2023). On the other hand İlhan et al. (2006) determined that acetone extracts of *Palustriella commutata* (Hedw.) Ochyra have more effective antibacterial activities on Gram-negative bacteria than the Gram-positive strains tested, using the ADD method (İlhan et al., 2006). Frahm has also reported that aqueous extract of few bryophytes have some inhibitory effect on the growth of *Escherichia coli* as tested on plates (Frahm and Kirchhoff, 2002). Similarly, in performed study, methanol extract obtained from *P. asplenioides* were found to have antimicrobial

effects on *E.coli* and *S.typhimurium* one of the Gram-negative bacteria tested.

In conclusions, phytochemical profile, antioxidant, antimicrobial, fatty acid and mineral profile of *P. asplenioides* were evaluated in this study. Our findings reveal that *P. asplenioides* extract was show moderate antioxidant activity, total phenolic and flavonoid content. In this respect, *P. asplenioides* may think as the potential source of antioxidant. As a result of the GC-MS analysis conducted on *P. asplenioides* extract for fatty acids, our findings demonstrate that the dominant compounds were oleic acid and palmitic acid. Nevertheless mineral analysis results was showed that *P. asplenioides* can accumulate large quantities of certain elements such as Fe, Ca, Al and K. From environmental point of view, this plant may used as pollution indicator. Ash content, total protein and lipid content of sample was determined within the average range. In terms of nutritional, *P. asplenioides* can say not suitable for this. The extract obtained from the *P. asplenioides* showed the weak activity against *E. coli* and *S. typhimurium*. Finally, it was demonstrated the phytochemical, antioxidant and antimicrobial activities and these related data may encourage new studies in the future. Result of this study may valuable contribution in the literature as well because of first study.

Acknowledgement

The author thank to Prof. Dr. Nevzat BATAN for sample supply and Assoc. Prof. Dr. Cemalettin BALTACI for analysis support.

References

- AOAC Official Method of Analysis. 1990. Proximate analysis and calculations total nitrogen or crude protein. Method 990.03, (21.edition).Gaithersburg, MD, USD.
- Asakawa Y. Ludwiczuk A. Nagashima F. 2013. Phytochemical and biological studies of bryophytes. *Phytochemistry*. 91: 52-80.
- Benzin İ.F.F. Strain J.J. 1996. The ferric reducing ability of plasma (FRAP) as a measure of “antioxidant power”: the FRAP assay. *Analytical Biochemistry*. 239:1, 70-76.
- Christie W.W. Han X. 2012. Lipids their structures and occurrence. In *Lipid Analysis*; Elsevier: Amsterdam, The Netherlands, pp. 3-19.
- Cianciullo P. Maresca V. Sorbo S. Basile A. 2022. Antioxidant and antibacterial properties of extracts and bioactive compounds in bryophytes. *Applied Science*. 12:160, 1-14.
- Commisso M. Guarino F. Marchi L. Muto A. Piro A. Degola F. 2021. Bryo-activities: a review on how bryophytes are contributing to the arsenal of natural bioactive compounds against fungi. *Plant*. 10:203, 1-27.
- Dembitsky V.M. 1993. Lipids of bryophytes. *Progress in Lipid Research*. 32: 281-356. Department of Environmental Sciences, Riga.
- Frahm J.P. Kirchoff K. 2002. Antifeedant effects of bryophyte extracts from *Neckera crispata* and *Porella obtusata* against the slug *Aarion lusitanicus*. *Cryptogamie Bryologie*. 23:3, 271-275.
- Fukumoto L.R. Mazza G. 2000. Assessing antioxidant and prooxidant activities of phenolic compounds. *Journal of Agricultural Food Chemistry*. 48: 3597-3604.
- Glime J.M. 2017. Bryophyte Ecology . Chapter 1 Introduction Volume 1: Physiological Ecology. International Association of Bryologists. Michigan Technological University. pp. 1-10.
- Goffinet B. Shaw A.J. 2008. Bryophyte biology. Cambridge University Press: Cambridge
- Gökbulut A. Satılmış B. Batçioğlu K. Çetin B. Şarer E. 2022. Antioxidant activity and luteolin content of *Marchantia polymorpha* L. *Turkish Journal of Biology*. 36:4, 381-385.
- Gül D.U. Canturk Z. Ilhan S. Birgi F. 2023. The bioactive properties of the bryophyte sample collected from Bilecik (Turkey) Province. *South African Journal of Botany*. 156: 91-98.
- 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 Journal of Chemistry*. 26:14, 4339-4343.
- 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.
- Ilhan S. Savaroğlu F. Çolak F. Iscen C.F. Erdemgil F.Z. 2006. Antimicrobial activity of *Palustriella commutata* (Hedw.) Ochyra extracts bryophyta. *Turkish Journal of Biology*. 30:3, 149-152.
- Kasangana P.B. Haddad P.S Stevanovic T. 2015. Study of polyphenol content and antioxidant capacity of *Myrianthus arboreus* (cecropiaceae) root bark extracts. *Antioxidants (Basel)*. 4:2, 410–426.
- Klavıña L. 2018. Composition of mosses, their metabolites and environmental stress impacts. Doctoral thesis. University of

- Latvia Faculty of Geography and Earth Sciences.
- Kļaviņa L. Bikovens O. Šteinberga I. Maksimova V. Eglīte L. 2012. Characterization of chemical composition of some bryophytes common in Latvia. *Environmental and Experimental Biology*. 10: 27-34.
- Lu Y. Eiriksson F.F. Thorsteinsdóttir M. Simonsen H.T. Valuable fatty acids in bryophytes-production, biosynthesis, analysis and application. *Plants (Basel)*. 19:8, 11-524.
- Manisara M.M. Bakar M.F.A. Akim A.M. Linatoc A.C. Bakar F.I.A Ranneh Y.K.H. 2021. Secondary metabolites, antioxidant, and antiproliferative activities of *Dioscorea bulbifera* leaf collected from endau rompin, Johor, Malaysia. *Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine. Special Issue*, 1-10.
- Marko S. Aneta B. Dragoljub G. 2001. Bryophytes as a potential source of medicinal compounds. *Pregledni Clanak*. 21: 17-29.
- Matuschek E. Brown D.F.J. Kahlmeter G. 2014. Development of the EUCAST disk diffusion antimicrobial susceptibility testing method and its implementation in routine microbiology laboratories. *Clinical Microbiology and Infection*. 20:4, 255-266.
- Mishra R. Pandey V.K. Chandara R. 2014. Potential of bryophytes as therapeutics. *International Journal of Pharmaceutical Sciences and Research*. 5:9, 3584-3593.
- Okan O.T. Serencam H. Baltaş N. Can Z. 2019. Some edible forest fruits their in vitro antioxidant activities, phenolic compounds and some enzyme inhibition effects. *Fresenius Environmental Bulletin*. 28:8, 6090-6098.
- Öztürk Ş. Hazer Y. Kaşkatepe B. Ören M. 2021. Determination of total phenol contents, antibacterial and antioxidant activity of some mosses species. *Karaelmas Science and Engineering Journal*. 12:1, 86-92.
- Pellegrini N. Rio D.D. Colombi B. Bianchi M. Brighenti F. 2003. Application of the 2,2'-azinobis(3-ethylbenzothiazoline-6-sulfonic acid) radical cation assay to a flow injection system for the evaluation of antioxidant activity of some pure compounds and beverages. *Journal of Agriculture and Food Chemistry*. 51:1, 260-264.
- Prieto P. Pineda M. Aguilar M. 1999. Spectrophotometric quantitation of antioxidant capacity through the formation of a phosphomolybdenum complex: Specific application to the determination of Vitamin E1. *Analytical Biochemistry*. 269: 337-341.
- Prins H.H.T. 1982. Why are mosses eaten in cold environments only. *Oikos*. 38:3, 374-380.
- Sabovljević A. Vujičić M. Skorić M. Ljubičić J.B. Sabovljević M. 2012. Axenically culturing the bryophytes: establishment and propagation of the pleurocarpous moss *Thamnobryum alopecurum* newland ex gangulee (Bryophyta, Neckeraceae) in in vitro conditions. *Pakistan Journal of Botany*. 44:1, 339-344.
- Tedone L. Komala I. Ludwiczuk A. Nagashima F. Ito T. Mondero L. Asakawa Y. 2011. Volatile components of selected Japanese and Indonesian liverworts. 55th Symposium on the Chemistry of Terpenes; Essential Oils and Aromatics. Tsukuba, Japan, p. 272-274.
- TS EN ISO12966-1. 2014. Animal and vegetable fats and oils - Gas chromatography of fatty acid methyl esters - Part 1: Guidelines on modern gas chromatography of fatty acid methyl esters.
- Türker H. Ünal B.T. 2020. Bryophytes as the potential source of antioxidant. *Anatolian Bryology*. 6:2, 129-137.
- Vollár M. Gyovai A. Szűcs P. Zupkó I. Marschall M. Löffler B. C. Bérdi P. Vecsernyés A. Csorba A. Busa E.L. Urbán E. Csupo D. 2018. Antiproliferative and antimicrobial activities of selected bryophytes. *Molecules*. 23:1520, 1-15.
- Williams-Brand W. Cuvelier M.E. Berset C. 1995. Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity. *LWT- Food Science and Technology*. 28:1, 25-30.



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

DOI: 10.26672/anatolianbryology.1285671

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



Kapadokya'dan Türkiye Karayosunu Florası İçin Önemli Bir Kayıt (*Sciuro-hypnum glaciale* (Schimp.) Ignatov & Huttunen)

Recep KARA^{1*}  Hatice TAŞPINAR¹  Seda SERİN¹ 

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

Received: 20 April 2023

Revised: 24 May 2023

Accepted: 30 May 2023

Öz

Sciuro-hypnum glaciale (Brachytheciaceae, Bryophyta) Türkiye biyoçeşitliliği açısından korunması gereken önemli bir yapraklı karayosunu türüdür. Bu tür Türkiye Florasında şimdiye kadar yalnızca Doğu Karadeniz Bölgesinde, Ordu ilinden bilinmekteydi. Bu çalışma ile Türkiye'de nadir olarak bulunan bu taksonun Kapadokya Bölgesinden yeni bir lokalite kaydı verilerek Türkiye Florasına katkı sağlanmıştır.

Anahtar kelimeler: Biyoçeşitlilik, Briyofit, Kızıl Vadi, Nevşehir, Türkiye

An Important Record for the Moss Flora of Türkiye from Cappadocia (*Sciuro-hypnum glaciale* (Schimp.) Ignatov & Huttunen)

Abstract

Sciuro-hypnum glaciale (Brachytheciaceae, Bryophyta) is an important moss species that should be protected in terms of Türkiye's biodiversity. In the Flora of Türkiye, this species was only known in the Eastern Black Sea Region, from the Ordu province. With this study, a new locality record of this rare taxon in Türkiye was given from the Cappadocia Region, and contributed to the Flora of Türkiye.

Keyword: Biodiversity, Bryophytes, Red Valley, Nevşehir, Türkiye

* Corresponding author: recepkara77@gmail.com

© 2022 All rights reserved / Tüm hakları saklıdır.

To cite this article: Kara R. Taşpınar H. Serin S. 2023. *An Important Record for the Moss Flora of Türkiye from Cappadocia (Sciuro-hypnum glaciale (Schimp.) Ignatov & Huttunen)*. 9:1, 20-23.



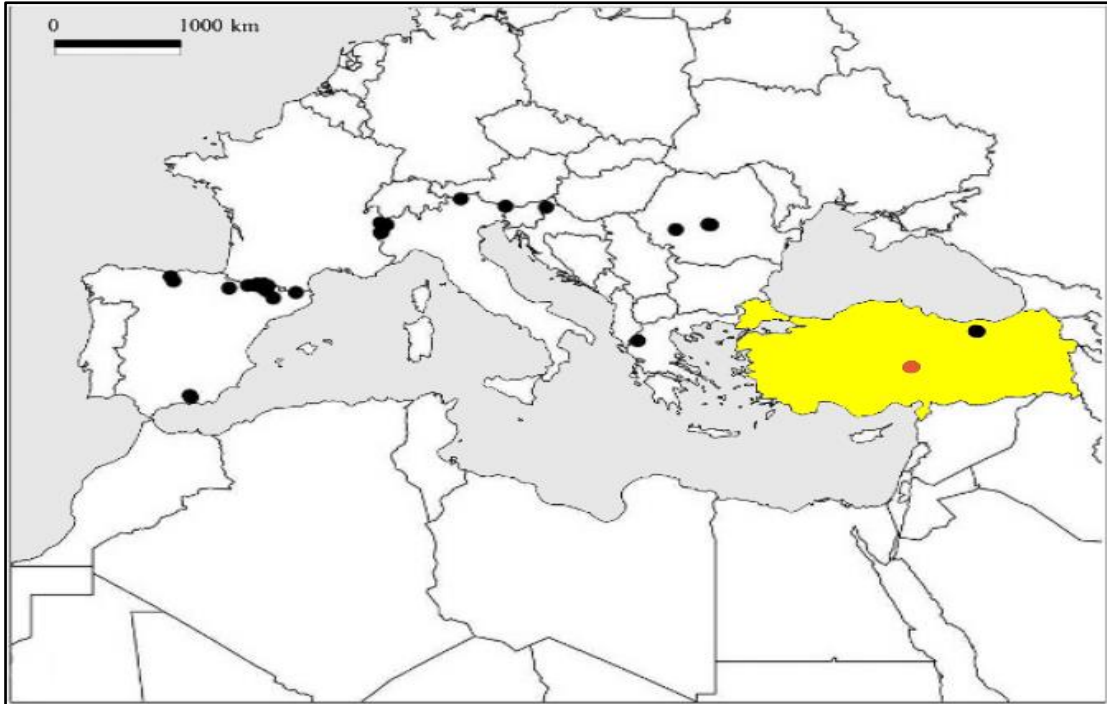
This work is licensed under a Creative Commons Attribution-Non Commercial 4.0 International License.

1. Giriş

Türkiye'nin korunmakta olan bölgeleri; deniz kıyısından Ağrı Dağı'na, delta ovalardan Karadeniz ormanlarına ve yaylalarına, bozkırlardan göl ve akarsu sistemlerine, derin vadiler ve kanyonlardan buzullara kadar birbirinden güzel doğal ekosistemleri barındırır. Bu bölgelerden biri olan Kapadokya Bölgesi; günümüzde kuzeyde Kızılırmak, doğuda Yeşilhisar, güneyde Hasan ve Melendiz Dağları, batıda Aksaray ve kuzeybatıda Kırşehir ile sınırlanmaktadır (Kaşmer, 2011). Bu bölgeden toplanan ve makaleye konu olan *Sciuro-hypnum glaciale*'nin Oseyanik iklim dışındaki bir alandan da toplanması bu makaleyi önemli ve ilgi çekici kılmaktadır.

2. Materyal ve Metot

Siuro-hypnum glaciale taksonu Nevşehir–Kapadokya Göreme (Nevşehir) Milli Parkından, 2020 yılında yapılan arazi çalışmaları sırasında toprak, kaya ve ağaç üzerlerinden toplanmıştır. Örnekler Leica EZ4 W 10450629 stereo ve Leica ICC50 W 13613735 ışık mikroskopları kullanılarak incelenmiş ve örneklerin ayırt edici karakterlerini içeren mikroskobik fotoğrafları çekilerek teşhisleri yapılmıştır. Teşhiste Herrnstadt ve Heyn (2004) kaynağı kullanılmıştır. Türün ülkemizdeki lokalite kayıtları, son çıkan yayınlardan (Hazer, 2010; Özdemir ve Batan, 2016; Erdağ ve Kürschner, 2017) takip edilmiş ve dünyadaki dağılımı harita üzerinde gösterilmiştir (Şekil 1). Örnekler özel zarflar içerisinde herbaryum materyali haline getirildikten sonra Nevşehir Hacı Bektaş Veli Üniversitesi herbaryumunda muhafaza altına alınmıştır.



Şekil 1. *Sciuro-hypnum glaciale*'nin Akdeniz Bölgesindeki dağılışı, kırmızı ile gösterilen nokta bitkinin yeni bulunduğu lokaliteyi göstermektedir. Orgaz vd. (2011) den değiştirilerek.

3. Bulgular

Sciuro-hypnum glaciale (Schimp.) Ignatov&Huttunen, Nevşehir, Kızıl Vadi-25.07.2020-38° 39' 15" K 34° 51' 39" D-1170 m. (Şekil 2).

Bu türün **sürgünleri** (2-6 cm uzunluğunda) ince olup karmaşık, düz yamalar oluşturur veya diğer karayosunları ile karışır. **Dallar**; geniş aralıklıdır ve kuru olduklarında karakteristik olarak içe kıvrık olmalarına rağmen gövdeden geniş bir şekilde

yayıma eğilimindedirler. **Yapraklar**; küçüktür ve kurduğunda gevşek bir şekilde dikleşir, ancak nemliken yayılımcıdır. **Gövde yaprakları** yaklaşık 1,5 mm uzunluğundadır, alt kısımda genişçe üçgendir, uçta aniden daralır ve kurduğunda iplik benzeri görünen uzun, ince bir nokta ile biter. **Yaprak tabanı**, belirgin şekilde dekurant (kanatlı) değildir. Dal yaprakları daha küçük ve daha yumurta şeklinde, daha kısa uçludur. **Kapsülleri**; yaygın değildir ve pürüzlü bir setaya sahiptir (Herrnstadt ve Heyn, 2004). **Kosta**;

yaprak ayasının % 40-%70'i arasında uzanır. **Habitat** olarak kayalarda, kar yataklarında ve nadiren akarsuların yakınındaki topraklarda, genellikle yüksek dağlarda subalpin veya alpin bölgesinde, 1600 ila 3000 m arasında yetişir (Orgaz vd., 2011). Dünya'da Asya, Avrupa, Kuzey

Amerika ve Güney Amerika'da yayılış gösterirken, Akdeniz çevresinde Andora, Fransa, Yunanistan, İtalya, Romanya, Slovenya ve İspanya'da bulunmaktadır. Arnavutluk, Bulgaristan ve Karadağ'da ise şüpheli konumdadır (Ros vd., 2013; Hodgetts ve Lockhart, 2020).



Şekil 2. Bitkinin teşhiste kullanılan karakterleri.

4. Tartışma ve Sonuç

Sciuro-hypnum glaciale, yaprakların üst üste binmesi ile sürgünlerin solucanımsı görünmesi ile orta boylu, zayıf dallanma gösteren ve oval, içbükey, hafifçe dişli kenarlı, dekurrent oluşturmayan yaprakları ile karakterize edilir. Ancak ülkemizde *Sciuro-hypnum curtum* (Lindb.) Ignatov. ile karıştırılabilecek çok değişken bir türdür, *S. glaciale* aniden sivri uçlu bir tepeye daralmış yaprakları, opak bir grup oluşturan kalın duvarlı alar hücreleri ve çıkıntı yapmayan orta damar ucu ile *S. curtum*'dan ayrılır. Türkiye'den ilk kez Özdemir ve Batan (2016) ve tarafından Ordu ilinde, iki farklı lokaliteden (40°57'14"K/38°02'31"D ve 40°57'14"K/38°02'31"D) kaydedilmiştir (Şekil 1). Kürschner ve Erdağ, Yakın ve Orta Doğu'daki briyofitlerin listesini verdikleri çalışmalarının 2. cildinde bu bitkiden Türkiye için şüpheli kayıt olarak bahsetmektedirler (Kürschner ve Erdağ, 2021). Bu çalışma ile ülkemizden ikinci defa kaydedilen bu türün ülkemizdeki yayılışı (iki il, üç lokalite) çok dardır. Bu türün fitocoğrafik olarak Dünya'daki yayılış alanları da değerlendirildiğinde (Orgaz vd., 2011) biyolojik koruma kriterlerine göre ülkemiz florası içerisinde korunması gereken türlerden biri olarak kabul edilebilir.

Teşekkür: Bu çalışma Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu'nun 119Z205 numaralı projesi ile desteklenmiştir.

Kaynaklar

- Erdağ A. Kürschner H. 2017. Türkiye Bitkileri Listesi: Karayosunları. Nezahat Gökyiğit Botanik Bahçesi Yayını, İstanbul.
- Hazer Y. 2010. Son Literatür ve Herbaryum Verilerine Göre Türkiye Karayosunlarının Floristik Dağılımı ve Elektronik Veri Tabanının Oluşturulması. Zonguldak Karaelmas Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi. Zonguldak.
- Herrnstadt I. Heyn C.C. 2004. The Bryophyte Flora of Israel and Adjacent Regions. The Israel Academy of Sciences and Humanities, Jerusalem, 719 p.
- 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.
- Kaşmer Ö. 2011. Zelve Açık Hava Müzesi'ndeki (Kapadokya) Kayadan Oyma Tarihi Yapıların Jeomekanik Açısından Değerlendirilmesi. Ankara: Hacettepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Doktora Tezi. Ankara.

- Kürschner H. Erdağ A. 2021. Bryophyte locality data from the Near and Middle East 1775-2019, Bryophyta. 2: 1106 p. Hiperyayın, İstanbul.
- Orgaz D.J. Cano M.J. Guerra J. 2011. *Sciuro-hypnum* (Brachytheciaceae) in the Mediterranean region. The Bryologist, 114:3, 595–610.
- Özdemir T. Batan N. 2016. The bryophyte flora of Ordu province (Turkey). Arctoa, 25:1, 144-159.
- 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. et al., 2013. Mosses of the Mediterranean, an annotated checklist. Cryptogamie Bryologie. 34: 99-283.



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

DOI: 10.26672/anatolianbryology.1288830

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



Kentsel Alandaki Epifitik Briyofit Birliği *Orthotrichetum pumili* Üzerine Notlar

Mevlüt ALATAŞ^{1*}, Tülay EZER², Hüseyin ERATA³, Nevzat BATAN⁴

¹Munzur Üniversitesi, Tunceli Meslek Yüksekokulu, Tunceli, TÜRKİYE

²Niğde Ömer Halisdemir Üniversitesi, Mimarlık Fakültesi, Peyzaj Mimarlığı Bölümü, Niğde, TÜRKİYE

³Gümüşhane Üniversitesi, Kürtün Meslek Yüksekokulu, Gümüşhane, TÜRKİYE

⁴Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Fakültesi, Moleküler Biyoloji ve Genetik Bölümü, Trabzon, TÜRKİYE

Received: 27 April 2023

Revised: 15 May 2023

Accepted: 17 May 2023

Öz

Doğu Anadolu Bölgesi ve üniversite kampüs alanlarında ilk kez yapılan bu briyososyolojik çalışmada, Fırat Üniversitesi Merkez Kampüsünde bulunan *Ulmus minor* ağaçlarının epifitik briyofit vejetasyonu araştırılmıştır. 2021 yılının farklı vejetasyon dönemlerinde, ağaç gövdelerinden alınan örneklik alanların, klasik Braun-Blanquet metodu kullanılarak değerlendirilmesi sonucunda; *Orthotrichetum pumili* Türkiye'den ikinci kez kaydedilmiştir. Ayrıca, örneklik alanlar içerisinde tespit edilen taksonlardan 3'ü B9 karesi ve Elazığ ili için yenidir. Tespit edilen sintakson, ekolojik ve floristik açıdan analiz edilmiştir.

Anahtar kelimeler: Briyofit, Kentsel, Vejetasyon, Fırat Üniversitesi, Türkiye.

Notes on Epiphytic Bryophyte Community *Orthotrichetum pumili* in Urban Area

Abstract

This bryosociological study is the first to investigate the epiphytic bryophyte vegetation of *Ulmus minor* trees in the Fırat University Central Campus in the Eastern Anatolia Region. The study was conducted by evaluating relevés taken from tree trunks in different vegetation seasons of 2021 using the classical Braun-Blanquet method. The results of the study showed that *Orthotrichetum pumili* was determined as the second record from Türkiye. In addition, 3 of the identified bryophyte taxa within the relevés are new for B9 square and Elazığ province. The syntaxon was analyzed in terms of ecological and floristic aspects.

Keywords: Bryophyte, Urban, Vegetation, Fırat University, Türkiye.

* Corresponding author: mevlutalatas@hotmail.com

© 2022 All rights reserved / Tüm hakları saklıdır.

To cite this article: Alataş M. Ezer T. Erata H. Batan N. 2023. Notes on epiphytic bryophyte community *Orthotrichetum pumili* in Urban Area. 9:1, 24-30.



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

1. Giriş

Kentsel alanlar, birbirinden farklı birçok ekolojik faktöre sahiptir. Bu faktörlerden bitki örtüsü, kent ekolojisini düzenleyen en önemli unsurlardan biridir. Bitki örtüsünün karakteri, kent içindeki dağılımı, boyutu gibi faktörler kentsel alanlardaki makro ve mikro habitatların oluşmasında önemlidir. Özellikle geniş toleranslarından dolayı kentsel alanların farklı mikrohabitatlarına iyi uyum sağlayan briyofitler diğer otsu ve odunsu bitkilerle birlikte sadece kentsel peyzajı düzenlemekle kalmayıp, havadaki nem oranını artırıp, sıcaklığı düşürerek kent ikliminin düzenlenmesinde etkin rol oynarlar (Barış, 2005).

Üniversitelerin yerleşke alanları, özellikle uygulamalı bilimler ve biyolojik çeşitlilik için doğal laboratuvar özellikleri taşımaktadır. Özellikle köklü ve yerleşik bir yapıya sahip üniversitelerin kampüs alanları, her ne kadar insan baskısı altında kalsa da biyolojik çeşitliliğin korunduğu alanlar olarak değerlendirilebilir (Ezer ve ark., 2021). Bu bağlamda Türkiye'deki kampüs alanlarının briyofloristik çeşitliliğini ortaya çıkarmak için birkaç floristik çalışma yapılmış (Alataş ve ark., 2011; Erata ve ark., 2017; Abay, 2018, Ezer ve ark., 2021) olmasına rağmen briyososyoloji konusunda herhangi bir çalışma yapılmamıştır.

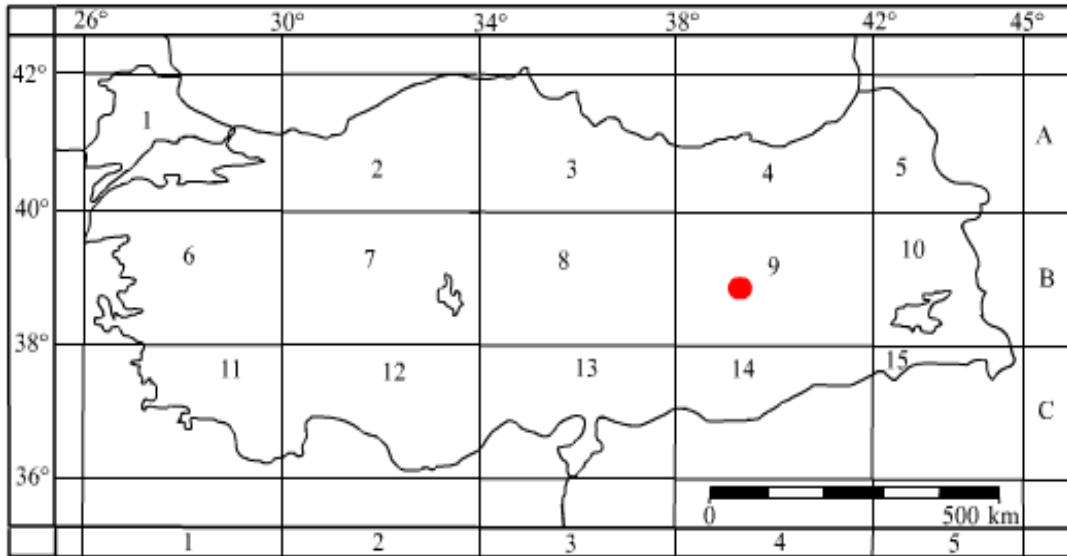
Doğu Anadolu Bölgesi ve üniversite kampüs alanlarında, ilk kez yapılan bu kentsel briyososyolojik çalışma ile daha önce Göreme Milli Parkı'ndan tespit edilen *Orthotrichetum pumili* (Kara ve Taşpınar, 2022) Türkiye'den ikinci kez kaydedilmiştir.

1.1 Çalışma Alanı

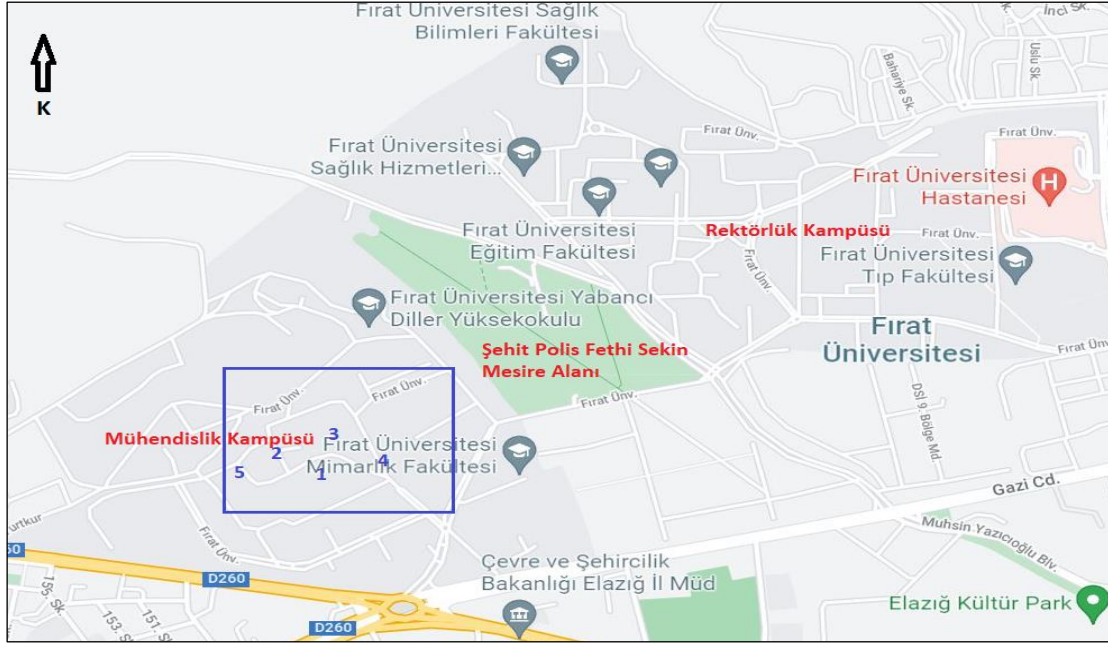
Henderson (1961) kareleme sistemine göre B9 karesi içerisinde yer alan Fırat Üniversitesi Kampüsü, il merkezinin batı bölümünde yer almakta olup yaklaşık 6,2 km²'lik bir alanı kaplamaktadır (Şekil 1, Özulukale, 2010). Yükseltisi 1060 ile 1120 metreleri arasında değişen kampüs alanı içerisinde, üniversiteye ait olmayan ve tel örgülerle çevrili olduğu için serbest geçişlere olanak sağlamayan ormanlık bir arazinin varlığı (Şehit Polis Fethi Sekin Mesire Alanı) kampüsü ikiye bölmüştür. Kampüsün doğu kısmı Rektörlük kampüsü, batı kısmı ise Mühendislik Fakültesi bölümlerinin yoğunluk kazandığı Mühendislik kampüsü olarak adlandırılmıştır. Bir bağlantı yolu ile birbirine bağlanan bu kampüs alanları, kuzeyindeki Harput Platosu'nun varlığından dolayı kuzeydoğu-güneybatı yönünde yer almaktadır (Şekil 2, Arslan ve Şıkoğlu, 2015).

Kampüs Alanı; ağaç, çalı ve otsu formda park ve bahçelerde bulunan ve yetişen birçok bitki türünü barındırmaktadır. Bu bitki türleri arasında *Pinus nigra* subsp. *pallasiana* (Lamb.) Holmboe belirgin oranda baskındır. *P. nigra*'nın yanı sıra doğal bitki örtüsüne ilişkin taksonların en önemlileri; *Ulmus minor* Miller, *Tilia tomentosa* Moench, *Populus nigra* L., *Platanus orientalis* L., *Abies sp.*, *Picea orientalis* (L.) Peterm, *Robinia pseudoacacia* L., *Salix alba* L. ve *Cupressus sempervirens* L.'dir.

Çalışma alanında yıllık ortalama yağış miktarı 617 mm, yıllık ortalama sıcaklık ise 13,7 °C'dir. Yılın en sıcak ayı Ağustos, en soğuk ayı ise Ocak'tır (URL 1). Yıllık yağış rejim tipi İKSY şeklinde olan alan, Yarı-Kurak Alt Çok Soğuk Akdeniz Biyoikliminin Doğu Akdeniz 2. Yağış Rejim Tipinin etkisi altında kalmaktadır (Akman, 2011).



Şekil 1. Henderson (1961) kareleme sistemi ve çalışma alanının lokasyonu.



Şekil 2. Fırat Üniversitesi Merkez Kampüsü ve çalışılan lokaliteler (Google Haritalar'dan değiştirilerek).

2. Materyal ve Metot

Çalışmanın materyalini, 2021 yılının farklı vejetasyon dönemlerinde, Fırat Üniversitesi Merkez Kampüsü'nün farklı lokalite ve habitatlarında bulunan *Ulmus minor* Miller ağaçlarının taban (0-0,5m) ve orta (0,5-1m) kısımlarından alınmış örneklik alanlar, bu örneklik

alanlara ait briyofit örnekleri ve *U. minor* ağaçlarından alına kabuk örnekleri oluşturmaktadır (Tablo 1). Örneklik alanların seçimleri ve boyutları, Braun-Blanquet (1964) metoduna göre yapılmış olup bolluk-örtüş çizelgesi için ise Frey ve Kürschner'in (1991) briyofitler için hazırladığı skala kullanılmıştır (Tablo 2).

Tablo 1. Lokalitelere ait veriler.

Örneklik Alanların Numarası	Lokaliteler	Yükseklik (m)	Ağaç Türü	Tarih	GPS Koordinatları	
1	1. Makine Mühendisliği İdari Bina Girişi	1116	<i>Ulmus minor</i>	04.05.2021	N 38°40'30" E 39°11'18"	
2		1125		04.05.2021	N 38°40'33" E 39°11'17"	
3		1102		05.05.2021	N 38°40'30" E 39°11'18"	
4		1120		05.05.2021	N 38°40'30" E 39°11'18"	
5		1144		06.05.2021	N 38°40'31" E 39°11'18"	
6	2. Mühendislik Camii Altı	1120		06.05.2021	N 38°40'30" E 39°11'18"	
7		1115		08.07.2021	N 38°40'30" E 39°11'19"	
8		1121		08.07.2021	N 38°40'30" E 39°11'19"	
9		1120		09.07.2021	N 38°40'30" E 39°11'18"	
10	3. Makine Mühendisliği Atölyeleri Yol Kenarı	1122		09.07.2021	N 38°40'32" E 39°11'24"	
11		1128		10.07.2021	N 38°40'30" E 39°11'20"	
12		1118		10.07.2021	N 38°40'30" E 39°11'20"	
13		1120		16.09.2021	N 38°40'29" E 39°11'21"	
14		1109		16.09.2021	N 38°40'30" E 39°11'21"	
15		1115		17.09.2021	N 38°40'30" E 39°11'21"	
16		4. Fen Bilimleri Enstitüsü Karşısı		1117	17.09.2021	N 38°40'30" E 39°11'22"
17				1105	18.09.2021	N 38°40'29" E 39°11'21"
18				1101	18.09.2021	N 38°40'30" E 39°11'27"
19				1116	18.09.2021	N 38°40'30" E 39°11'17"
20	5. Makine Mühendisliği Laboratuvarları Önü	1121		18.09.2021	N 38°40'30" E 39°11'17"	

Tablo 2. Briyofitler İçin Kullanılan Örtüş-Bolluk Çizelgesi

+	< % 1	3	% 12,1-25,0
1	% 1,1-6,0	4	% 25,1-50,0
2	% 6,1-12,0	5	% 50,1-100

Örneklilik alanlar klasik Braun-Blanquet (1964) metoduna göre uygulanmış ve değerlendirilmiştir. Karakteristik türlere göre belirlenen sintaksonun isimlendirilmesi ise Weber vd. (2000)'e göre yapılmıştır. Briyofit örneklerinin teşhisinde çeşitli flora ve revizyon eserlerinden yararlanılmıştır (Hedenäs, 1992; Lewinsky, 1993; Zander, 1993; Plášek ve ark., 2015; Smith, 2004; Lara ve ark., 2016; Kürschner ve Frey, 2020). Taksonların, habitat eğilimleri Draper ve ark. (2003)'e, ekolojik özellikleri ise Dierssen (2001)'e göre belirlenmiştir.

Örneklilik alan alınan her bir ağaca ait kabuk örnekleri laboratuvar ortamında oda sıcaklığında bir hafta bekletilerek kurutulmuştur. Kabuk pH'ları Kricke (2002) tarafından önerilen yöntemle göre belirlenmiştir. Öncelikle kabuk üzerinde bulunan briyofit ve liken kalıntıları, pH değerini etkilememesi için uzaklaştırılmıştır. Daha sonra her bir ağaç kabuğu bilyalı değirmen (PM-100) kullanılarak 500 rpm'de 5 dk muamele edilmiş ve toz haline getirilmiştir. Toz haline getirilen her örnekten 2 g tartılıp 20 ml distile suda bir saat çalkalanıp sonrasında 24 saat bekletilmiştir. 24 saatin sonunda süpernatant filtre kağıdından süzülerek test tüplerine alınmış ve pH metre (Hanna HI 2211) kullanılarak pH değerleri saptanmıştır.

3. Tartışma ve Sonuç

Çalışma alanında, *U. minor* gövdelerinden alınan örneklilik alanların, Braun-Blanquet metoduna göre değerlendirilmesi sonucunda; *Orthotrichetum pumili* (Jägglı 1934) von Hübschmann 1986 birliği Türkiye'den ikinci kez kaydedilmiştir. Bu briyosoyolojik çalışma, Doğu Anadolu Bölgesi ve üniversite kampüs alanları için ilk olması açısından özellikle önemli olup aynı zamanda ülkemizde epifitik briyofit vejetasyonu konusunda kabuk pH'larının da dahil edildiği ilk çalışma niteliğindedir. Birliği oluşturan türlerden *Orthotrichum pamiricum* Plášek & Sawicki bu çalışma sırasında Türkiye için yeni kayıt olarak tespit edilmiştir (Alataş vd., 2022). Ayrıca, *O. pamiricum* ile beraber *O. diaphanum* Brid ve *O. stramineum* Hornsch. ex Brid türleri ise Henderson

(1961)'un Ülkemiz briyofitleri için geçerli olan kareleme sistemine göre B9 karesi ve Elazığ ili için yenidir (Alataş ve Ursavaş, 2021).

Orthotrichetum pumili (Jägglı 1934) von Hübschmann 1986 (Tablo 3).

Birlik, çalışma alanının 1101-1144 metreleri arasında yapılan 20 adet örneklilik alanla temsil edilmekte olup çalışma alanı ve ağaç gövdelerinin özellikle kuzey yönlerinde yayılış göstermektedir. Birliğin genel örtüşü %80 ile %98 arasında değişirken birliğin bulunduğu alandaki bitki örtüsünün kapalılığı %50 ile %70 arasında değişmektedir. Tamamı akrokarp karayosunlarından oluşan birlikteki toplam tür sayısı 11 olup örneklilik alanlar içerisindeki ortalama tür ise sayısı ise 4-7 arasında değişmektedir. Örtüş yüzdeleri ve akrokarp taksonların varlığı, alanın etkisi altında olduğu iklime bağlı olarak kurak ve yarı kurak habitatlara sahip olduğunu göstermektedir.

Kserofit karakterli olan, birliğin karakteristik türü *O. pumilum* ve sınıf karakteristiği *O. diaphanum* birlik içerisinde en yüksek tekrere sahip türler olup örneklilik alanlar içerisinde kalıcılıkları %100'dür. *O. pumilum* epifitik olarak ağaç gövdelerinde yayılış gösteren yarı nötral ve yarı gölge ortamları tercih eden bir taksondur.

Sinhiyerarşik olarak *Orthotrichetum pumili* birliği, genellikle ağaç gövdelerinde yayılış gösteren holarktık Frullanio dilatatae-Leucodontetea sciuroidis Mohan 1978 sınıfı, Orthotrichetalia Hadac in Klika & Hadac 1944 ordosu ve bu ordonun Syntrichion laevipilae Ochsner 1928 alyansının karakteristiklerini bulundurmasından dolayı bu sınıf, ordo ve alyansa bağlı olarak sınıflandırılmıştır (Tablo 3). Ekolojik özellikler açısından birlik içerisinde bulunan türlerin habitat eğilimlerine bakıldığında; epifitik (obligat epifit) oranı %55, epifitik-epilitik (fakültatif epifit) oranı ise %27'dir. Genel olarak bütün habitatlarda yayılış gösteren taksonların oranı ise %18 olarak saptanmıştır (Şekil 3). Bu oranlar, birliğin epifitik karakterde olduğunu göstermektedir.

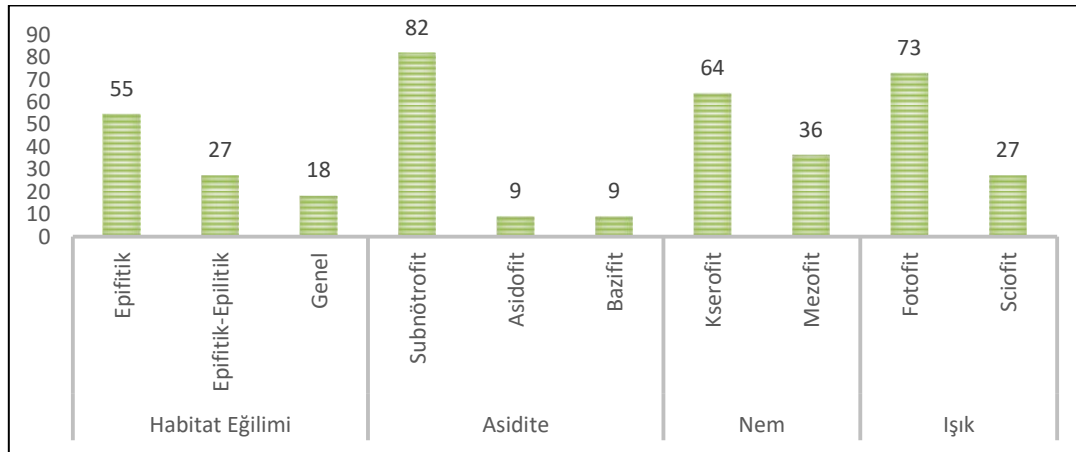
Tablo 3. *Orthotrichetum pumili* (Jägglı 1934) von Hübschmann 1986

Örneklık Alan No	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	Bulunma Sınıfı											
Yükseklik (m)	1116	1125	1102	1120	1144	1120	1115	1121	1120	1122	1128	1118	1120	1109	1115	1117	1105	1101	1116	1121		Bulunma Sınıfı										
Örneklık Alan Büyüklüğü (dm ²)	8	10	6	8	9	12	12	8	10	8	8	10	8	8	12	8	8	8	6	8			Bulunma Sınıfı									
Ağacın Türü	<i>Ulmus minor</i>																							Bulunma Sınıfı								
Ağacın Çevresi (m)	1,5	1,3	1,2	1,2	1,0	1,4	1,4	1,6	1,0	1,0	1,4	1,2	1,1	1,2	1,8	1,3	1,8	1,0	1,4	1,5					Bulunma Sınıfı							
Kabuk pH'ı	7,47	7,94	7,24	7,22	7,82	7,71	7,88	7,83	7,59	7,72	7,96	7,68	8,18	8,16	7,67	7,73	7,39	6,69	7,09	7,91						Bulunma Sınıfı						
Alanın Yönü	K	K	K	K	K	K	K	K	K	K	K	K	K	K	K	K	K	K	K	K							Bulunma Sınıfı					
Örneklık Alanın Yönü	K	K	K	K	K	KD	K	K	K	K	K	K	K	K	K	K	KD	KB	K	K								Bulunma Sınıfı				
Örtüş (%)	70	70	70	70	70	60	60	60	50	50	50	50	60	70	70	70	60	70	70	50									Bulunma Sınıfı			
Kapalılık (%)	83	90	92	88	96	94	90	98	87	93	88	92	98	80	85	90	83	85	95	90										Bulunma Sınıfı		
Taban / Gövde	G	G	G	G	G	T	T	T	T	T	T	T	G	G	G	G	T	G	T	G											Bulunma Sınıfı	
Tür Sayısı	4	7	6	5	7	5	5	6	5	5	4	5	5	4	4	5	4	4	6	5												Bulunma Sınıfı
Karakteristik ve ayırt edici türler																					Bulunma Sınıfı											
<i>Orthotrichum pumilum</i> Sw. ex anon.	1	2	1	2	2	1	2	2	1	2	1	2	2	1	2	2	2	1	1	1		V											Bulunma Sınıfı
Syntrichion laevipilae alyansının karakteristik türleri																						Bulunma Sınıfı										
<i>Syntrichia laevipila</i> Brid.	3	3	3	3	2	.	3	3	3	.	3	3	3	3	3	3	4	3	3	3			V	Bulunma Sınıfı								
<i>Syntrichia virescens</i> (De Not.) Ochyra.	.	.	2	.	1	.	1	.	.	2	.	2	.	.	.	1	.	.	1	2			II		Bulunma Sınıfı							
Orthotrichetalia ordosu ve Frullanio dilatatae-Leucodontetea sciuroidis sınıfının karakteristikleri																							Bulunma Sınıfı									
<i>Orthotrichum diaphanum</i> Brid.	4	4	4	4	4	5	4	5	5	5	5	4	4	4	4	4	4	4	4	4						V	Bulunma Sınıfı					
<i>Lewinskya speciosa</i> (Nees) F. Lara, Garilleti & Goffinet.	1	2	1	.	2						I		Bulunma Sınıfı				
<i>Orthotrichum stramineum</i> Hornsch. ex Brid.	.	1	.	1	2						I			Bulunma Sınıfı			
<i>Orthotrichum pamiricum</i> Plášek & Sawicki.	.	1	1						I				Bulunma Sınıfı		
Diğerleri																										Bulunma Sınıfı						
<i>Grimmia pulvinata</i> (Hedw.) Sm.	2	1	1	1	1	.	1	.	2	1	1	1	1	.	.	.											III	Bulunma Sınıfı
<i>Bryum argenteum</i> Hedw.	.	1	.	.	1	.	.	1	1	1	.	1	II										Bulunma Sınıfı	
<i>Tortula subulata</i> Hedw.	.	1	.	2	.	2	2	.	I												Bulunma Sınıfı
<i>Tortula vahliana</i> (Schultz) Mont.	.	.	2	.	2	1	.	.	.	3	.	.	.	.	.	.	.	.	1	.	I	Bulunma Sınıfı		

Birliği oluşturan üyelerin asidite isteklerine Dierssen (2001)'e göre bakıldığında, baskın bir oran ile (%82) subnötrofitik (pH= 5,7-7) türlerin ilk sırada olduğu görülmektedir. Ekosistemlerin işlevlerinde önemli roller oynayan epifitik briyofitlerin epifitik habitattaki dağılımları büyük ölçüde substratlarının özelliklerine bağlıdır (Becker ve ark., 2019). Özellikle ağaç kabuğu pH'ı, epifitik briyofit ve liken kompozisyonunun dağılımını ve zenginliğini etkileyen en önemli değişkenlerden biridir (Mežaka ve ark., 2012). Çeşitli biyotik ve abiyotik faktörlerden etkilenen kabuk pH'ı odunsu bitkiler arasında türe özgüdür (Kovářová ve ark., 2022). Örneklik alan alınan *Ulmus minor* ağaçlarının kabuk pH değerlerine bakıldığında 6,69 ile 8,18 arasında değiştiği görülmektedir. Birliği oluşturan türlerin dağılımı ile kabuk pH'ı değerleri arasında anlamlı bir sonuç elde edilememiş olup bu durum tek porofit türünün (*U. minor*) incelenmiş olmasından kaynaklanmaktadır. Ancak ileride bu konuda yapılacak çalışmalarda farklı porofit türlerinin de

araştırılmasıyla daha anlamlı sonuçlar elde edilecektir.

Nem isteklerine göre ise, kserofit karakterli taksonlar %64, mezofit karakterli taksonlar %36'lık oran ile temsil edilmektedir. Birlik içerisinde kserofit karakterli türlerin baskın olmasına karşın higrofitik karakterli türlerin bulunmaması çalışma alanının kurak iklim şartlarına bağlanabilir. Mezofit taksonların varlığı ise, çalışma alanının korunan alanlar statüsünde olması ve yapılan periyodik sulama faaliyetlerinin geçici olarak sağladığı nem ile açıklanabilir. Işık istekleri açısından ise birliktaki taksonların büyük çoğunluğu fotofit karakterli olup (%73) açık ve yarı gölge habitatları tercih etmektedirler. Bu veriler, birliğin ekolojik özellikler açısından; mezo-kserofitik karakterli, yarı nötral, açık ve yarı gölgeli alanlarda yayılış gösteren bir birlik olduğunu göstermektedir (Şekil 3).



Şekil 3. Birlik içerisindeki taksonların ekolojik tercihleri.

Araştırma alanından tespit edilen birlik, ülkemizde (Kara ve Taşpınar, 2022) ve Almanya'da Hübschmann (1986) tarafından tespit edilen birlikler ile floristik kompozisyon ve ekolojik özellikler bakımından benzerlik göstermekte olup Türkiye'den ikinci kez kaydedilmiştir.

Teşekkür

Ağaç kabuklarının öğütülmesinde yardımcı olan Öğr. Gör. Şükrü Canpolat'a, kabuk pH'larının belirlenmesinde yardımcı olan Doç. Dr. Yavuz Sürme ve Arş. Gör. Gizem Kahve Yıldırım'a teşekkür ederiz.

Kaynaklar

Abay G. 2018. The Bryophyte Flora of Recep Tayyip Erdoğan University, Zihni Derin

Campus (RizeTurkey). *Anatolian Bryology*. 4:2, 72-18.

Akman Y. 2011. İklim ve Biyoiklim (Biyoiklim Metodları ve Türkiye İklimleri). Palme Yayıncılık. Ankara.

Alataş M. Ören M. Uyar G. 2011. The bryophyte flora in campus center of Zonguldak Karaelmas University. *Bartın Orman Fakültesi Dergisi*. 13:20, 51-58.

Alataş M. Ursavaş S. 2021. The Bryophyte Check-List For B9 Square of Turkey. *Anatolian Bryology*. 7:1, 53-59.

Alataş M. Erata H. Batan N. Ezer T. 2022. New national and regional bryophyte records, 69, 19. *Orthotrichum pamiricum* Plášek & Sawicki *Journal of Bryology*, 44:1, 93.

Arslan H. Şikoğlu E. 2015. Fırat Üniversitesi Kampüsü Ulaşım Ağı'nın İncelenmesinde

- Mekân Dizim Analizi Yöntemi. Türkiye Kentsel Morfoloji Sempozyumu Bildiriler Kitabı. Türkiye Kentsel Morfoloji Araştırma Ağı. Mersin.
- Barış M.E. 2005. Kent Planlaması, Kent Ekosistemi ve Ağaçlar. Planlama. 2005:4, 156-163.
- Becker D. Dobson A. Klitgaard K. 2019. Bark characteristics affect epiphytic bryophyte cover across tree species. California Ecology and Conservation Research. Spring: 1-8.
- Braun Blanquet J. 1964. Pflanzensoziologie Grundzüge der Vegetationskunde. 3. Aufl. Springer. New York.
- Dierssen K. 2001. Distribution, ecological amplitude and phytosociological characterization of European bryophytes. Band 56. Bryophytorum Bibliotheca. Stuttgart.
- Draper I. Lara F. Albertos B. Garilleti R. Mazimpaka V. 2003. The epiphytic bryoflora of the Jbel Bouhalla (Rif, Morocco), including a new variety of moss, *Orthotrichum speciosum* var. *Brevisetum*. Journal of Bryology. 25: 271-280.
- Erata H. Özen Ö. Batan N. Özdemir T. 2017. Karadeniz Teknik Üniversitesi Kanuni Kampüsü Briyofit Florası. Anatolian Bryology. 3:1, 9-18.
- Ezer T. Akata I. Altuntaş D. 2021. The Mosses of Ankara University Beşevler 10. Yıl Campus Area (Ankara-Turkey). Anatolian Bryology. 7:1, 17-22.
- Frey W. Kürschner H. 1991. *Crossidium laevipilum* Ther. Et.Trab. (Pottiaceae, Musci), Ein Eigenständiges, Morphologisch und Standortökologisch Deutlich Unterscheidbares Taxon Der Saharo-Arabischen Florenregion. Cryptogamie Bryol. 12: 441-450.
- Hedenäs L. 1992. Flora of Maderian Pleurocarpous Mosses (Isobryales, Hypnobryales, Hookeriales) Band 44. Bryophytorum Bibliotheca. Stuttgart.
- Henderson D.M. 1961. Contribution to the Bryophyte Flora of Turkey: IV. Notes from Royal Botanic Garden Edinburgh. 23: 263-278.
- Hübschmann Von A. 1986. Prodröm der Moosgesellschaften Zentraluropas. Bryophytorum Bibliotheca, 32. Berlin.
- Kara R. Taşpınar H. 2022. Türkiye İçin Yeni Bir Epifitik Briyofit Birliği: *Orthotrichum pumili* (Jäggli 1934) von Hübschmann 1986. Anatolian Bryology. 8:1, 50-56.
- Kovářová M. Pyszko P. Plášek, V. 2022. How Does the pH of Tree Bark Change with the Presence of the Epiphytic Bryophytes from the Family Orthotrichaceae in the Interaction with Trunk Inclination? Plants, 11, 63.
- Kricke R. 2002. Measuring bark pH. In: Monitoring with Lichens-Monitoring Lichens (ed. Nimis PL, Scheidegger C, Wolseley PA), pp. 333-336. Kluwer Academic, Dordrecht.
- Kürschner H. Frey W. 2020. Liverworts, mosses and hornworts of Southwest Asia (Marchantiophyta, Anthocerotophyta, Bryophyta). Nova Hedwigia. 149: 1-267.
- Lara F. Garilleti R. Goffinet B. Draper I. Medina R. Vigalondo B. Mazimpaka V. 2016. *Lewinskya*, a new genus to accommodate the phaneroporous and monoicous taxa of *Orthotrichum* (Bryophyta, Orthotrichaceae). Cryptogamie Bryologie. 37: 361-382.
- Lewinsky J. 1993. A synopsis of the genus *Orthotrichum* Hedw. (Musci, Orthotrichaceae). Bryobrothera. 2, 1-59.
- Mežaka A. Brūmelis G. Piterāns A. 2012. Tree and stand-scale factors affecting richness and composition of epiphytic bryophytes and lichens in deciduous woodland key habitats. Biodiversity Conservation. 21: 3221-3241.
- Onyshchenko V.A. Virchenko V.M. 2020. Epiphytic and epixylic bryophyte communities of Holosiivskyi National Nature Park. Ukrainian Botanical Journal. 77:1, 23-33.
- Özülükale S. 2010. Fırat Üniversitesi (Elazığ) Kampüs Alanındaki Yeraltı Suyu Kimyası ve Kalitesi. Fırat Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü. Elazığ.
- Plášek V. Sawicki J. Ochyra R. Szczecińska M. Kulik T. 2015. New taxonomical arrangement of the traditionally conceived genera *Orthotrichum* and *Ulotia* (Orthotrichaceae, Bryophyta). Acta Mus. Siles. Sci. Natur. 64: 169-174.
- Smith A.J.E. 2004. The Moss Flora of Britain and Ireland. Cambridge Univ. Press. Cambridge.
- URL 1. Climate Data. 2021. Website: <https://tr.climate-data.org/asya/tuerkiye/elaz%C4%B1g/elaz%C4%B1g-276/>. [Erişim: 20 Ekim 2021].
- Weber HE. Moravec J. Theurillat JP. 2000. International Code of Phytosociological Nomenclature. Vegetation Science. 3: 739-768.
- Zander R.H. 1993. Genera of The Pottiaceae: Mosses of Harsh Enviroments. Bulletin of the Buffalo Society of Naturel Sciences 32. Newyork.



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

DOI: 10.26672/anatolianbryology.1294493

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



Gomeda Vadisi (Kapadokya/Nevşehir) Epilitik Briyofit Vegetasyonu

Recep KARA¹ 

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

Received: 27 April 2023

Revised: 15 May 2023

Accepted: 17 May 2023

Öz

Nevşehir ili sınırları içerisinde “Küçük Kapadokya” olarak adlandırılan alanda yirmi civarında vadi vardır. Binlerce yılda tuf malzemenin su ile aşınması ile oluşan bu vadiler karasal iklim içerisinde kendine has özel bir mikroklimaya sahiptir. Bu çalışmada, Kapadokya Bölgesi (Nevşehir) içerisinde yer alan Gomeda Vadisindeki epilitik briyofit vegetasyonu araştırılmıştır. Arazi çalışmaları esnasında vadi içerisindeki kayalar üzerinden 30 örneklik alan belirlenmiş ve bu örneklik alanların değerlendirilmesiyle *Lewinskya rupestris* - *Grimmia pulvinata*, *Grimmia crinita* - *Grimmia pulvinata* ve *Grimmia anadon* - *Grimmia pulvinata* olmak üzere üç epilitik komünite ve 30 karayosunu taksonu tespit edilmiştir. Kayalar üzerindeki örneklik alanlarının nümerik analizleri için PAST (Paleontological Statistics) programında yer alan CA (Cluster Analysis), CoA (Correspondance Analysis) ve PCA (Principal Component Analysis) metotları kullanılmıştır. Çalışma sonucunda komünitelerin içerisindeki taksonların tekrür sayısına göre komünitelerin bağlı olduğu sınıf, ordo ve alyansda tespit edilmiştir. Ayrıca komünitelerin hayat formu ve yaşam stratejisi analizleri yapılarak epilitik substrat ve mikroiklimle ilişkileri de araştırılmıştır.

Anahtar kelimeler: Tuf, Karayosunu, Komünite, CA, CoA, PCA, PAST.

Gomeda Valley (Cappadocia/Nevşehir) Epilitic Bryophyte Vegetation

Abstract

The area called “Little Cappadocia” within the borders of Nevşehir province is home to about twenty valleys. These valleys, formed by the erosion of tuff material by water over thousands of years, have a unique microclimate in the continental climate. This study investigated the epilithic bryophyte vegetation in the Gomeda Valley, located in the Cappadocia Region (Nevşehir). During the field studies, 30 sample areas were determined on the rocks in the valley. These sample areas were evaluated to identify three epilithic communities: *Lewinskya rupestris* - *Grimmia pulvinata*, *Grimmia crinites* - *Grimmia pulvinata*, and *Grimmia anadon* - *Grimmia pulvinata*. 30 moss taxa were also determined. The numerical analysis of the sample areas on the rocks was performed using CA (Cluster Analysis), CoA (Correspondence Analysis), and PCA (Principal Component Analysis) methods included in the PAST (Paleontological Statistics) program. As a result of the study, the class, order, and alliance were determined according to the number of repetitions of the taxa in the communities. Additionally, the life form and life strategy of the communities were analyzed, and their relations with the epilithic substrate and microclimate were investigated.

Keywords: Tuff, Moss, Community, CA, CoA, PCA, PAST.

*Corresponding author: recepkara@nevsehir.edu.tr

© 2022 All rights reserved / Tüm hakları saklıdır.

To cite this article: Kara R. 2023. Gomeda Valley (Cappadocia / Nevşehir) Epilitic Bryophyte Vegetation. *Anatolian Bryology*. 9:1, 31-41.



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

1. Giriş

Bitki coğrafyası açısından kutuplardan tropiklere kadar birçok iklim kuşağında geniş bir yayılış gösterebilen briyofitler, buldukları vejetasyon içerisinde genel olarak kaya (epilitik), toprak (epigeik) ve ağaç (epifitik) yüzeylerini substrat olarak seçebilmektedirler (Kara ve Taşpınar, 2021). Epilitik veya saksikol terimleri doğrudan kaya yüzeyinde yetişen briyofitleri tanımlanmak için kullanılmaktadır. Substrat olarak sadece kayalar üzerinde yaşayabilen başka substratlarda gelişemeyen bitkiler için “obligat” terimi kullanırken geniş ekolojik toleranslarından dolayı çok çeşitli substratlarda gelişen ve epilitik olarak da bulunabilen bitkiler için “fakültatif” terimi kullanılmaktadır (Smith, 1982). Bazı briyofitlerin kaya habitatları üzerinde koloni oluşturmaya, gölge, nem miktarı, yüzeyin düzlüğü ve substratın kimyası gibi özel ekolojik faktörler tarafından belirlenmektedir (Jia ve ark., 2014; Kara ve ark., 2009; Kürschner ve Parolly, 1999). Epilitik briyofit floraları içerisinde tuf substratlar diğer epilitik substratlara göre yüksek erozyon şartları nedeniyle çok zor ve özel habitatlardır.

Gomeda Vadisi yağmur, rüzgâr ve sel sularının tüflerden oluşan ana malzemeyi aşındırmasıyla oluşmuş, 40 metreye kadar derinleşebilen Kapadokya Bölgesindeki özel alanlardan biridir. Kapadokya’yı özel bir coğrafya yapan bu tuf malzeme, Tersiyer döneminde (~ 60 MYÖ) güneyde Toros Dağlarının kuzeyde Anadolu fayını sıkıştırması ile aktifleşen Erciyes, Göllüdağ ve Hasan Dağı volkanları tarafından oluşturulmuştur. Bu yanardağlar Üst Miyosende başlayıp Pliosen’e kadar lav püskürtmüştür. Bu püskürmeyle oluşan volkanik tozlar, Kapadokya Bölgesinde 100-150 metre kalınlığında bir tuf tabakası oluşturmuştur. Bu oluşumların içerisinde tüften başka tüffit, ignimbirit tuf, lahar, volkan külü, kil, kumtaşı, marn aglomera ve bazalt gibi jeolojik kayaçlar bulunmaktadır. Bu kalın tuf tabakası zamanla

bölgeden geçen Kızılırmak başta olmak üzere, vadilerin yamacından inen seller ve rüzgarların etkisiyle değişime uğramış ve sel sularının aşındıramadığı sert kayalar, dünyada eşi benzeri olmayan şapkali, konik gövdeli peribacalarını ve vadileri oluşturmuştur. Herhangi bir bölgenin bir kesimi üzerinde, yaşama şartları birbirine benzeyen bitkilerin bir arada toplanma şekline “vejetasyon” denmektedir (Braun-Blanquet,1964). Belirli bir alandaki vejetasyon temel sintasonomik kategori olan “bitki birliği” üzerinden tanımlanabileceği gibi ordinasyon yöntemleri kullanılarak topluluklar (komüniteler) olarak da tanımlanabilmektedir. Ülkemizde yaklaşık yarım asırdır devam eden briyososyolojik çalışmaların çoğu klasik yöntemlerle epifitik substratlarda gerçekleştirilmiştir. Son yıllarda ise çalışmalar tüm substratları (epigeik, epifitik, epilitik) kapsayacak şekilde ordinasyon yöntemleri kullanılarak ve topluluklar tanımlanarak gerçekleştirilmektedir (Kara ve Taşpınar, 2022). Bu çalışma eşsiz jeolojik özellikleriyle dünya mirası olan Kapadokya Bölgesindeki kaya oluşumlarıyla ilişkili olması ve yeni araştırma yöntemleri içermesi nedeniyle önem arz etmektedir.

2. Materyal ve Metot

Araştırma materyalini, 2021-2022 yıllarında vejetasyonun farklı dönemlerinde yapılan arazi çalışmasında toplanan epilitik 30 örneklik alan oluşturmaktadır. Toplanan briyofit örnekleri, önceden hazırlanmış olan standart toplama zarflarına konulmuştur. Bu özel zarfların üzerine bitkilerin habitatı, toplama tarihi, GPS kaydı, deniz seviyesinden yüksekliği ve lokalite ile ilgili diğer bilgiler yazılmıştır. Araziden toplanan örnekler laboratuvara getirilip, kurutularak herbaryum örneği haline getirilmiştir. Daha sonra klasik yöntemler ile teşhis anahtarları kullanılarak teşhis edilmiştir (Zander, 1993; Smith, 2004; Kürschner ve Frey, 2020). Örneklik alanların GPS koordinatları Tablo 1’de gösterilmiştir.

Tablo 1. Örneklik Alanların GPS koordinatları.

GV01	38°34'26.77"K	34°52'22.98"D	GV16	38°35'35.84"K	34°52'58.00"D
GV02	38°34'27.83"K	34°52'19.29"D	GV17	38°35'32.15"K	34°52'56.17"D
GV03	38°34'29.12"K	34°52'22.54"D	GV18	38°35'47.87"K	34°53'19.17"D
GV04	38°34'30.32"K	34°52'24.80"D	GV19	38°35'49.49"K	34°53'19.06"D
GV05	38°34'31.23"K	34°52'22.88"D	GV20	38°35'50.22"K	34°53'24.75"D
GV06	38°34'33.25"K	34°52'24.22"D	GV21	38°34'47.44"K	34°52'25.83"D
GV07	38°34'33.74"K	34°52'26.95"D	GV22	38°34'53.19"K	34°52'27.71"D
GV08	38°34'37.95"K	34°52'23.38"D	GV23	38°35'00.41"K	34°52'26.68"D
GV09	38°34'41.89"K	34°52'24.42"D	GV24	38°35'01.06"K	34°52'22.12"D
GV10	38°34'24.78"K	34°52'21.68"D	GV25	38°35'02.55"K	34°52'17.99"D
GV11	38°35'45.17"K	34°53'03.35"D	GV26	38°35'01.69"K	34°52'38.57"D
GV12	38°35'44.19"K	34°53'03.01"D	GV27	38°35'08.64"K	34°52'37.78"D
GV13	38°35'42.83"K	34°53'02.43"D	GV28	38°35'13.78"K	34°52'43.61"D
GV14	38°35'41.06"K	34°53'01.97"D	GV29	38°35'21.36"K	34°52'49.50"D
GV15	38°35'36.74"K	34°52'57.56"D	GV30	38°35'26.93"K	34°52'52.77"D

Takson listesi harf sırasına göre, taksonların güncel adları ise son çıkan kontrol listesine (Hodgetts ve ark., 2020) göre düzenlenmiştir (Tablo 2). Örneklik alanların seçimleri, boyutları Braun-Blanquet (1964) metoduna göre nümerik analizleri PAST (Paleontological Statistics) programı içerisinde yer alan CA (Cluster Analysis), CoA (Correspondance Analysis) ve

PCA (Principal Component Analysis) metotlarıyla yapılmıştır (Kara ve Taşpınar, 2021). Komünitelerin sintaksonomik durumları Julve (2021)'e göre düzenlenmiştir. Komüniteleri oluşturan taksonların, hayat formları ve yaşam stratejileri Kürschner ve ark. (1998) tarafından belirlenen kriterlere göre belirlenmiştir (Tablo 3).

Tablo 2. Takson listesi

	Familya	Takson İsmi	HF	YS	Habit
1	Brachytheciaceae	<i>Brachythecium collinum</i> (Schleich. Ex Müll. Hal.) Ignatov & Huttunen	Mr	Ag	Pleurokarp
2	Brachytheciaceae	<i>Brachythecium capillaceum</i> (F.Weber & D.Mohr) Giacom.	Mr	Ap	Pleurokarp
3	Bryaceae	<i>Bryum argenteum</i> Hedw.	Tf	Ba	Akrokarp
4	Pottiaceae	<i>Ceratodon purpureus</i> (Hedw.) Brid.	Tf	Ba	Akrokarp
5	Dicranaceae	<i>Dicranella heteromalla</i> (Hedw.) Schimp.	sT	Ap	Akrokarp
6	Pottiaceae	<i>Didymodon acutus</i> (Brid.) K. Saito	Tf	Ap	Akrokarp
7	Pottiaceae	<i>Didymodon cordatus</i> Jur.	Tf	Ap	Akrokarp
8	Pottiaceae	<i>Didymodon fallax</i> (Hedw.) R.H. Zander	Tf	Ap	Akrokarp
9	Pottiaceae	<i>Didymodon imbricatus</i> C. Feng & J. Kou	Tf	Ap	Akrokarp
10	Pottiaceae	<i>Didymodon rigidulus</i> Hedw.	Tf	Ap	Akrokarp
11	Pottiaceae	<i>Didymodon vinealis</i> (Brid.) R.H.Zander	Tf	Bv,g	Akrokarp
12	Grimmiaceae	<i>Grimmia anodon</i> Bruch & Schimp.	Cu	Ba	Akrokarp
13	Grimmiaceae	<i>Grimmia crinita</i> Brid.	Cu	Ba	Akrokarp
14	Grimmiaceae	<i>Grimmia orbicularis</i> Bruch ex Wilson	Cu	Ba	Akrokarp
15	Grimmiaceae	<i>Grimmia ovalis</i> (Hedw) Lindb.	Cu	Ba	Akrokarp
16	Grimmiaceae	<i>Grimmia plagiopodia</i> Hedw.	Cu	Ba	Akrokarp
17	Grimmiaceae	<i>Grimmia pulvinata</i> (Hedw.) Sm.	Cu	Ba	Akrokarp
18	Grimmiaceae	<i>Grimmia tricophylla</i> Grev	Cu	Ba	Akrokarp
19	Grimmiaceae	<i>Homalothecium aureum</i> (Spruce) H.Rob.	We	Ap	Pleurokarp
20	Brachytheciaceae	<i>Homalothecium philippeanum</i> (Spruce) Schimp.	We	Ap	Pleurokarp
21	Brachytheciaceae	<i>Homalothecium sericeum</i> (Hedw.) Schimp.	We	Ap	Pleurokarp
22	Leucodontaceae	<i>Leucodoni mmersus</i> Lindb.	We	Ag	Pleurokarp
23	Orthotrichaceae	<i>Lewinskya rupestris</i> (Schleich. Ex Schwägr.) F.Lara, Garilleti & Goffinet	Cu	Ba	Akrokarp
24	Orthotrichaceae	<i>Orthotrichum pellucidum</i> Lindb.	Cu	Ag	Akrokarp
25	Bryaceae	<i>Ptychostomum capillare</i> (Hedw.) Holyoak & N. Pedersen	sT	Pv,g	Akrokarp
26	Grimmiaceae	<i>Schistidium flaccidum</i> (De Not.) Ochyra	Cu	Ba	Akrokarp
27	Pottiaceae	<i>Tortula inermis</i> (Brid.) Mont.	Tf	Ba	Akrokarp
28	Pottiaceae	<i>Tortula mucronifolia</i> Schwaegr.	sT	Ba	Akrokarp
29	Pottiaceae	<i>Tortula muralis</i> Hedw.	Tf	Ba	Akrokarp
30	Pottiaceae	<i>Tortula subulata</i> Hedw.	sT	Ba	Akrokarp

Tablo 3. Hayat formu ve yaşam stratejisi tablosu

	Açıklaması		Kısaltma
Hayat formu	Tek Talluslu	Geniş örtüler oluşturan talluslu halı formlarına göre daha küçük örtüler oluşturan, rozet şeklindeki tek talluslar.	St
	Turf	Dallanmanın sınırlı olduğu genelde dik olan gövdelerin, gevşek veya sıkı bir şekilde düzenlenmesi.	Tf
	Yastık	Merkezi orjinli gövdelerin oluşturduğu, çeşitli şekillerde yönelen, kubbe biçimindeki koloniler.	Cu
	Pürüzlü halı	Çok sayıda dik durumda yan dallar oluşturan sürgünlerin sürüncü olduğu düzenlenmeler.	Mr
	Saçak	Gevşek şekilde iç içe geçen, genellikle fazlaca dallanan örtüler.	We
Yaşam Stratejisi	Tek yıllık mekik türler	Bir yıllık ömre sahip mekik türler	Pc
	Çok yıllık mekik türler	Eşeyli ve eşeysiz üreme gücüne sahip kolonistler	Bv, g
		Pauciannual kolonistler	Ba
		Eşeyli ve eşeysiz üreme gücüne sahip çok yıllık mekik türler	Pv, g
	Çok yıllık kalıcılar	Yüksek eşeyli üreme gücüne sahip çok yıllık kalıcılar	Ag
Yüksek eşeysiz üreme gücüne sahip çok yıllık kalıcılar		Av	
Orta derece veya düşük eşeyli ve eşeysiz üreme gücüne sahip çok yıllık kalıcılar		Ap	

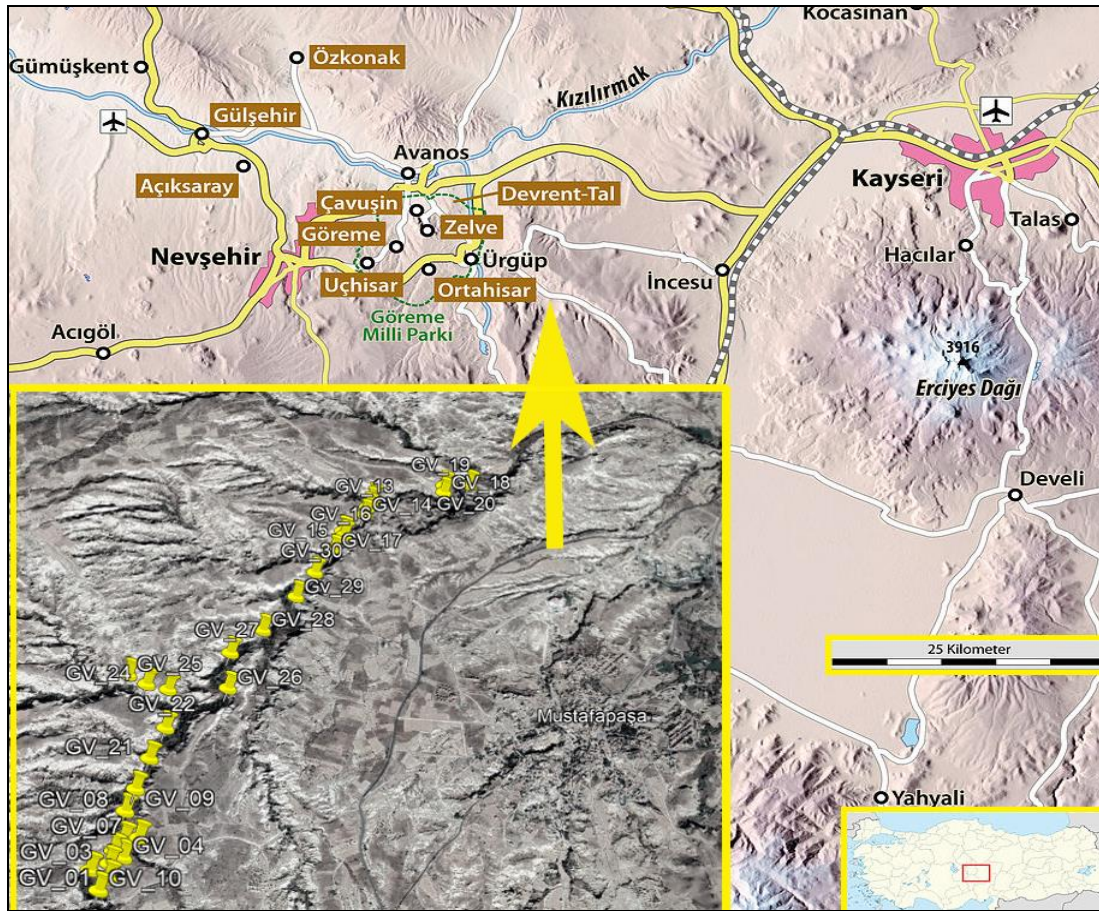
2.1. Araştırma Alanı

Kapadokya'nın sınırlarını tarihte ilk kez Roma antik döneminin ünlü coğrafyacısı Strabon (MÖ

64-MS 24) çizmiştir. Bu çizime göre güneyde Toroslardan başlayarak, kuzeyde Doğu Karadeniz kıyı şeridi, batıda Aksaray, doğuda ise Malatya

olacak şekilde geniş bir alanı Kapadokya olarak sınırlanmıştır (Bulut, 2018). Günümüzde ise Kapadokya bölgesi Aksaray, Nevşehir, Niğde, Kırşehir ve Kayseri illerini kapsamaktadır. Bu sınır içerisinde Avanos, Ürgüp, Göreme, Uçhisar ve Ihlara çevresini kapsayan dar alan 'Kayalık Kapadokya Bölgesi' olarak bilinmektedir ve UNESCO'nun Dünya Mirası listesinde yer almaktadır (Kara ve Taşpınar, 2021). Bu çalışmanın gerçekleştirildiği çalışma alanı Kayalık Kapadokya Bölgesi içerisinde kalmaktadır (Şekil). Kapadokya Bölgesinde 20 civarında birbirinden farklı bitki örtüsüne ve mikroklimaya sahip vadi bulunmaktadır. Bunlardan biri olan araştırma alanı Nevşehir ilinin güneydoğusunda Ürgüp ilçesi, Mustafapaşa köyü sınırları içerisinde kalmaktadır. Alanda karasal iklim hüküm sürmekte

olup; kışlar soğuk ve kar yağışlı olup, kar örtüsü uzun süre yerde kalmaktadır. Bununla birlikte, yazlar sıcak ve kurak geçmekte, ilkbaharda ise yağışlar genellikle yağmur şeklinde gerçekleşmektedir. Yıllık ortalama yağış 272.2 mm ile 523.3 mm arasında değişmektedir (Kaşmer, 2011, URL1, Grafik 1). Vadi içerisinde debisi yaz aylarında düşen sürekli akan bir dere bulunmakta olup bu dere vadiyi yaz kış etrafına göre daha nemli tutmakta ve özel bir mikroklima alanı oluşturmaktadır. Ayrıca vadi içerisinde doğal habitat özelliğini gösteren çok fazla lokalite olmasına karşın eski yerleşim yeri olması nedeniyle harabe habitat (ruin habitat) özelliği de taşımaktadır. Vadi içerisinde dere kenarlarında vejetasyona titrete kavrak ve söğüt ağaçları hâkimdir (Vural ve ark., 1996).



Şekil 1. Araştırma Alanının Konumu

3. Bulgular

Gomeda Vadisi içerisinde yer alan kayalar üzerinden alınan 30 adet örneklik alanın ordınasyon yöntemiyle analiz edilmesi ile *Lewinskya rupestris* – *Grimmia pulvinata*, *Grimmia crinita* – *Grimmia pulvinata* ve *Grimmia anadon* – *Grimmia pulvinata*, olmak üzere üç epilitik komünite ve 30 karayosunu taksonu tespit

edilmiştir (Tablo 1., Tablo 2., Tablo 4., Tablo 5., ve Tablo 6.). *L. rupestris* - *G. pulvinata* komünitesi 15 taksonla, 10 örneklik alanla, 1060-1170 m arasından; *G. crinita*-*G. Pulvinata* komünitesi 15 taksonla, 10 örneklik alanla, 1060-1210 m arasından; *G. anadon* - *G. pulvinata* komünitesi 16 taksonla, 10 örneklik alanla, 1117-1200 m arasından; tanımlanmıştır.

Tablo 4. *Lewinskya rupestris* - *Grimmia apulvinata* komünitesi

Örneklik Alan No (GV)	GV2 9	GV2 3	GV3 0	GV2 4	GV2 5	GV2 8	GV2 2	GV2 6	GV2 7	GV2 1	Tekerrür Sayısı	Hayat Formu	Yaşam Stratejisi
Substrat	K	K	K	K	K	K	K	K	K	K			
Lokalite	GV	GV	GV	GV	GV	GV	GV	GV	GV	GV			
Örneklik Alan Büyüklüğü (dm ²)	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9			
Yükseklik (m)	1083	1060	1120	1130	1130	1170	1110	1190	1140	1130			
Işık (Açık-Yarı Gölge-Gölge)	G	YG	YG	G	G	YG	YG	YG	A	G			
Nem (Islak -Nemli-Kurak)	K	N	N	N	N	K	K	N	N	K			
Yön	K	K	K	K	K	K	K	K	K	K			
Eğim (0-45-90)	0	45	>45	0	>45	<45	>45	>45	0	>45			
Tür sayısı	4	5	4	6	5	4	4	4	4	4			
<i>Grimmia pulvinata</i>	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1				10	Cu	Ba
<i>Lewinskya rupestris</i>	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	10	Cu	Ba
<i>Tortula muralis</i>	.	.	.	1	1	1	1	1	1	1	7	sT	Ba
<i>Didymodon fallax</i>	1	1	1	.	.	.	.	.	.	.	3	Tf	Ap
<i>Tortula inermis</i>	.	1	.	.	.	1	.	.	.	.	2	Tf	Ag
<i>Didymodon rigidulus</i>	.	.	.	1	1	.	.	.	.	.	2	Tf	Ap
<i>Grimmia trichophylla</i>	.	.	.	1	1	.	.	.	.	.	2	Cu	Ba
<i>Grimmia ovalis</i>	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	Cu	Ba
<i>Ptychostomum capillare</i>	.	.	.	1	.	.	.	.	.	.	1	sT	Pv,g
<i>Homalothecium aureum</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	1	We	Ap
<i>Leucodon immersus</i>	.	.	.	.	.	.	1	.	.	.	1	Mr	Ag
<i>Brachythecium capillaceum</i>	.	.	.	.	.	.	.	1	.	.	1	Mr	Ap
<i>Bryum argenteum</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	1	.	1	sT	Bv,g
<i>Didymodon vinealis</i>	.	1	.	.	.	.	.	.	.	.	1	Tf	Ap
<i>Schistidium flaccidum</i>	.	.	1	.	.	.	.	.	.	.	1	Cu	Ba

Tablo 5. *Grimmia crinita* - *Grimmia pulvinata* komünitesi

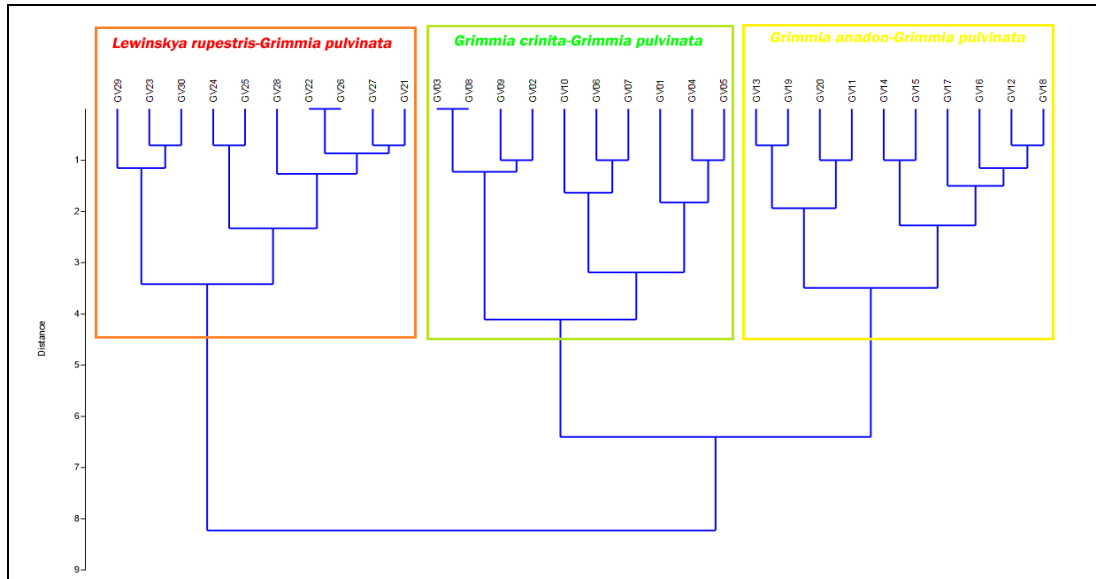
Örneklik Alan No (GV)	GV0 3	GV0 8	GV0 9	GV0 2	GV1 0	GV0 6	GV0 7	GV0 1	GV0 4	GV0 5	Tekerrür Sayısı	Hayat Formu	Yaşam Stratejisi
Substrat	K	K	K	K	K	K	K	K	K	K			
Lokalite	GV	GV	GV	GV	GV	GV	GV	GV	GV	GV			
Örneklik Alan Büyüklüğü (dm ²)	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9			
Yükseklik (m)	1110	1210	1110	1060	1070	1130	1120	1180	1120	1130			
Işık (Açık-Yarı Gölge-Gölge)	A	YG	A	A	A	A	A	YG	A	A			
Nem (Islak -Nemli-Kurak)	K	N	K	N	N	K	N	N	K	K			
Yön	KD	K	K	K	GB	G	G	G	G	K			
Eğim (0-45-90)	>45	>45	>45	0	>45	0	>45	>45	>45	>45			
Tür sayısı	4	4	4	4	4	4	4	7	6	4			
<i>Grimmia pulvinata</i>	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1				10	Cu	Ba
<i>Grimmia crinita</i>	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	10	Cu	Ba
<i>Tortula subulata</i>	1	1	1	1	.	.	.	.	.	.	4	Tf	Ag
<i>Homalothecium sericeum</i>	1	1	1	.	.	.	.	1	.	.	4	We	Ap
<i>Ptychostomum capillare</i>	.	.	.	.	.	.	.	1	1	1	3	sT	Pv,g
<i>Tortula inermis</i>	.	.	.	.	1	1	.	.	.	.	2	Tf	Ag
<i>Tortula mucronifolia</i>	.	.	.	.	.	.	1	1	.	.	2	Tf	Ag
<i>Orthotrichum pellucidum</i>	.	.	.	.	.	.	.	1	1	.	2	Cu	Ba
<i>Homalothecium philippeanum</i>	.	.	.	.	.	1	1	.	.	.	2	We	Ap
<i>Didymodon rigidulus</i>	.	.	.	.	.	.	.	1	.	.	1	Tf	Ap
<i>Didymodon acutus</i>	.	.	.	.	1	.	.	.	.	.	1	Tf	Ap
<i>Grimmia ovalis</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	1	.	1	Cu	Ba
<i>Homalothecium aureum</i>	.	.	.	1	.	.	.	.	.	.	1	We	Ap
<i>Didymodon cordatus</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	1	.	1	Tf	Ap
<i>Didymodonim bricata</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	1	sT	Ap

Tablo 6. *Grimmia anadon* - *Grimmia pulvinata* komünites

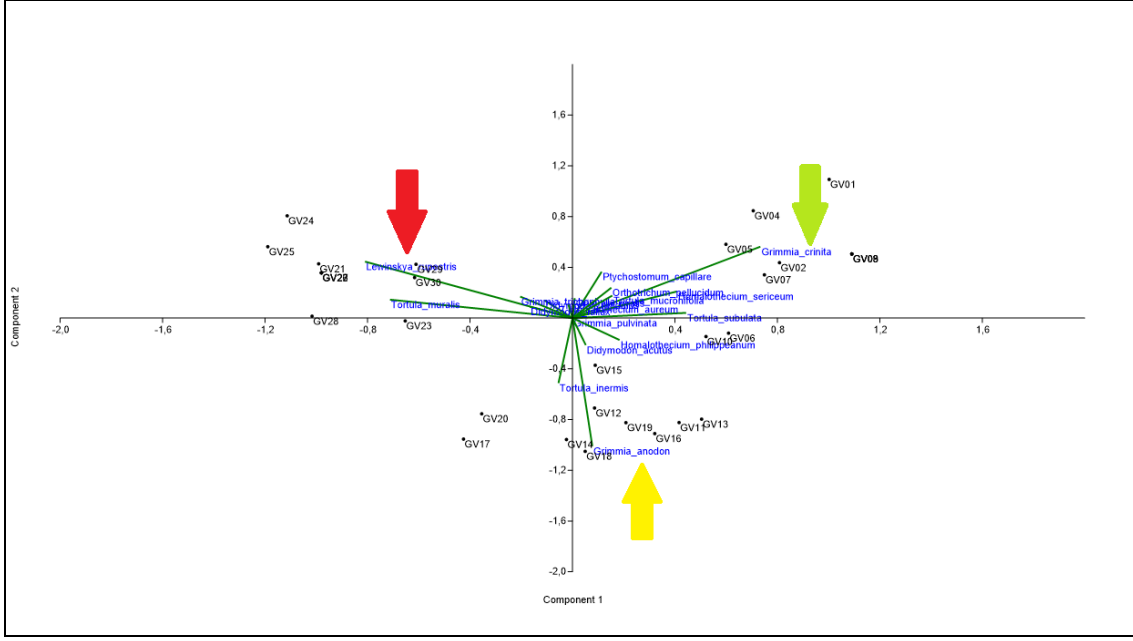
Örneklik Alan No (GV)	GV1 3	GV1 9	GV2 0	GV1 1	GV1 4	GV1 5	GV1 7	GV1 6	GV1 2	GV1 8	Tekerrür Sayısı	Hayat Formu	Yaşam Stratejisi
Substrat	K	K	K	K	K	K	K	K	K	K			
Lokalite	GV	GV	GV	GV	GV	GV	GV	GV	GV	GV			
Örneklik Alan Büyüklüğü (dm ²)	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9			
Yükseklik (m)	1117	1190	1200	1110	1170	1100	1200	1150	1135	1127			
Işık (Açık-Yarı Gölge-Gölge)	A	G	A	YG	GV	A	A	YG	YG	A			
Nem (Islak -Nemli-Kurak)	N	K	K	K	N	N	K	K	K	K			
Yön	B	K	K	K	K	K	G	K	K	K			
Eğim (0-45-90)	<45	>45	45	<45	<45	0	>45	>45	0	<45			
Tür sayısı	6	4	4	4	4	4	4	4	4	4			
<i>Grimmia pulvinata</i>	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	10	Cu	Ba
<i>Grimmia anadon</i>	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	10	Cu	Ba
<i>Tortula muralis</i>	.	.	1	.	.	.	1	.	.	.	2	sT	Ba
<i>Tortula inermis</i>	.	.	.	.	1	.	1	1	.	1	4	Tf	Ag
<i>Tortula subulata</i>	1	.	.	1	.	.	.	.	.	.	2	Tf	Ag
<i>Ptychostomum capillare</i>	.	.	.	.	.	1	.	.	.	.	1	sT	Pr, g
<i>Didymodon rigidulus</i>	.	.	.	.	1	1	.	.	.	.	2	Tf	Ap
<i>Homalothecium sericeum</i>	.	.	.	.	.	.	.	1	.	.	1	We	Ap
<i>Homalothecium philippeanum</i>	1	1	.	.	.	.	.	.	.	.	2	We	Ap
<i>Didymodon acutus</i>	.	.	1	1	.	.	.	.	.	.	2	Tf	Ap
<i>Leucodon immersus</i>	.	1	.	.	.	.	.	.	.	.	1	Mr	Ag
<i>Brachytheciastrum collinum</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	1	.	1	Mr	Ag
<i>Ceratodon purpureus</i>	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	sT	Ap
<i>Dicranella heteromalla</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	1	.	1	Tf	Ag
<i>Grimmia orbicularis</i>	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	Cu	Ba
<i>Grimmia plagipodia</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	1	Cu	Ba

Komünitelerin ayrımı için CA (kümeleme analizi), Ward metodu, ayırıcı ve hâkim türlerin belirlenmesinde PCA (Temel bileşen analizi) kullanılırken (Şekil 2 ve 3) ekolojik ilişkiler için CoA (Uyum Analizi) grafiği kullanılmıştır. Bu grafiğe göre *L. rupestris* - *G. pulvinata* komünites

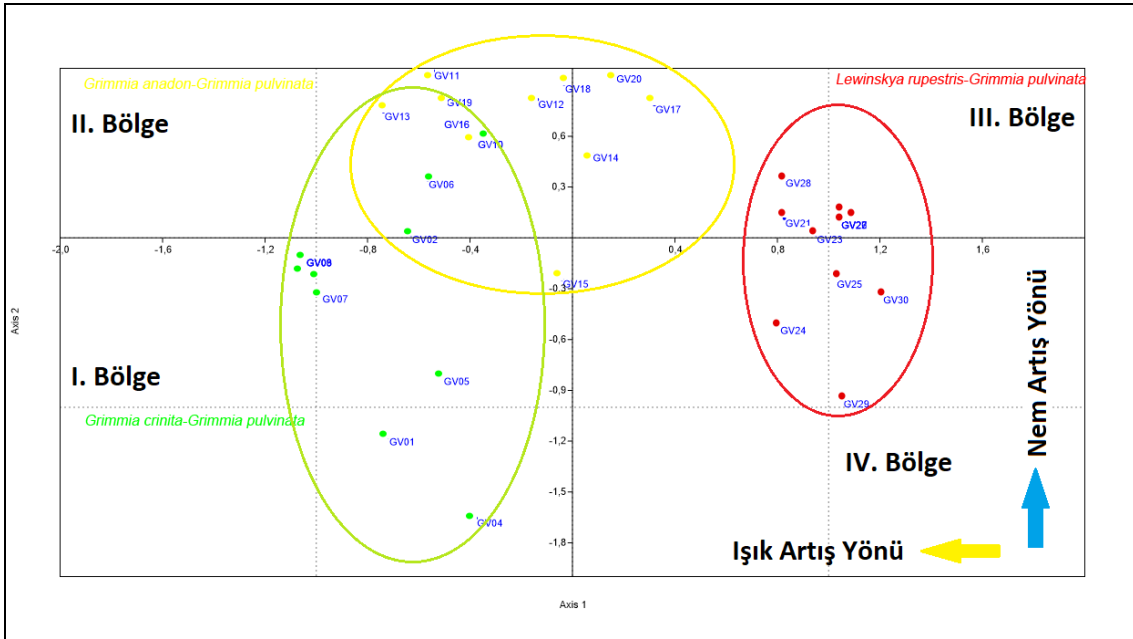
III ve IV. Bölgede; *G. crinita* - *G. pulvinata* komünites I. ve II. Bölgede ve *G. anadon* - *G. pulvinata* komünites ise II. ve III. Bölgede konumlanmıştır. Ayrıca bu grafikte ekolojik olarak Akis 1 Nem, Akis 2 Işık faktörlerini temsil ettiği belirlenmiştir (Şekil 4).



Şekil 2. CA (Kümeleme Analizi) Ward Metoduna göre örneklik alanların dağılışı



Şekil 3. PCA (Temel Bileşenler Analizi) ayırıcı-hâkim türler



Şekil 4. Komünitelerin CoA (Uyum Analizi) grafiği

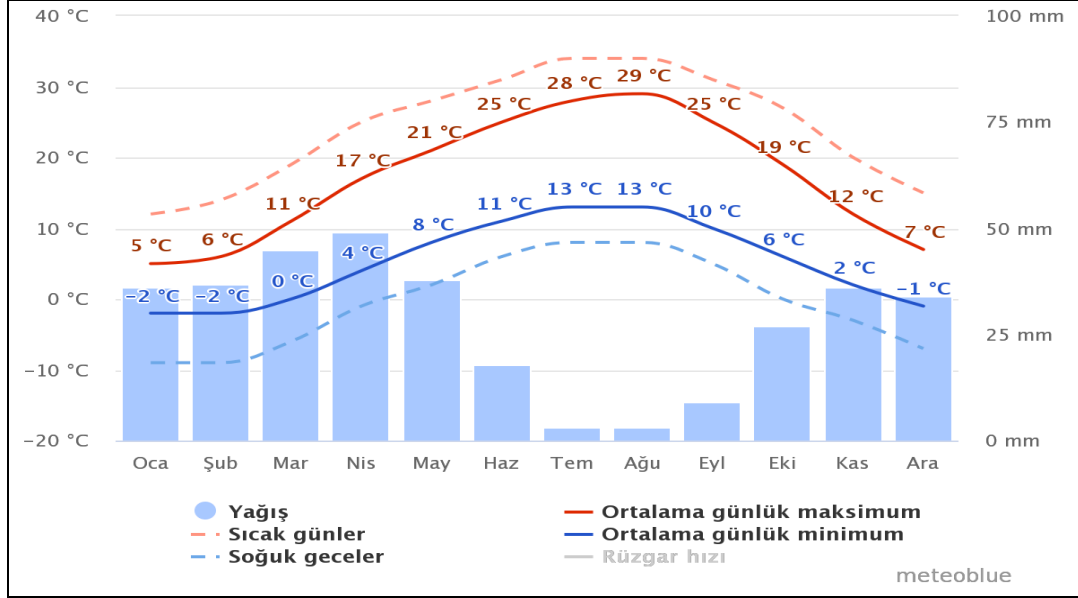
4. Sonuç ve Tartışma

Epilitik habitatlar kormofitlerin yetişmesi için çok zor ortamlardır. Ancak briyofitler eşsiz ekofizyolojik özellikleri nedeniyle bu tip habitatlarda likenler kadar olmasa da vasküler bitkilere göre oldukça başarılıdır (Kara ve ark., 2009; Kürschner ve Parolly, 1999). Briyofitlerin kaya yüzeylerinde komünite oluşturması tıpkı epifitik briyofitlerde olduğu gibi makroiklim şartlarından ziyade mikro habitat şartlarıyla kontrol edilmektedir (Hespanhol ve ark., 2011; Kara ve Taşpınar, 2021). Bu komüniteler

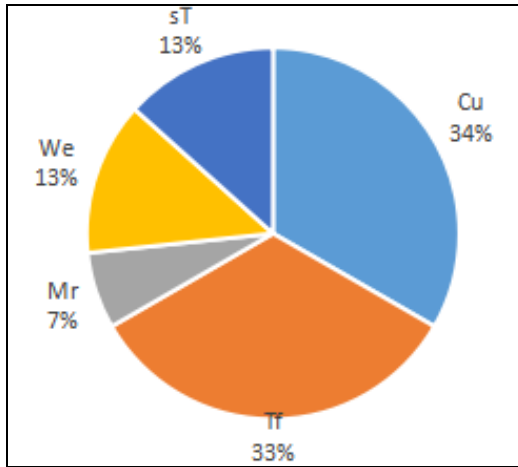
içerisindeki takson çeşitliliği ise kuraklığa ve yüksek ışık şiddetine karşı geliştirilen adaptasyonlara bağlıdır (Mägdefrau, 1982; Proctor, 1982; Bates, 1998; Glime, 2007). Bu çalışma dünyadaki çok nadir jeolojik oluşumlar olan, çok kurak mikro iklimin şartlarının hüküm sürdüğü, kolay çözünen kayaç yapısından dolayı yüksek mikro erozyonun olduğu, briyofitler için dahi zor habitatlar olan tuf kaya yüzeyleri ile ilgilidir. Bu çalışmada 30 karayosunu taksonu ve 3 epilitik karayosunu komünitesi belirlendi. Bu komüniteler 1060-1210 metre yükseklikleri arasındaki Gomeda

vadisinde yayılış göstermekte olup en çok kuzey bakılı ve nemli yüzeyleri tercih etmektedir. Komüniteleri oluşturan 30 karayosununda 6'sı pleurokarp 24'ü akrokarpdır (Tablo 2). Epilitik florayı oluşturan 7 ailya içerisinde Pottiaceae (%33), Grimmiaaceae (%30) ve Brachytheciaceae

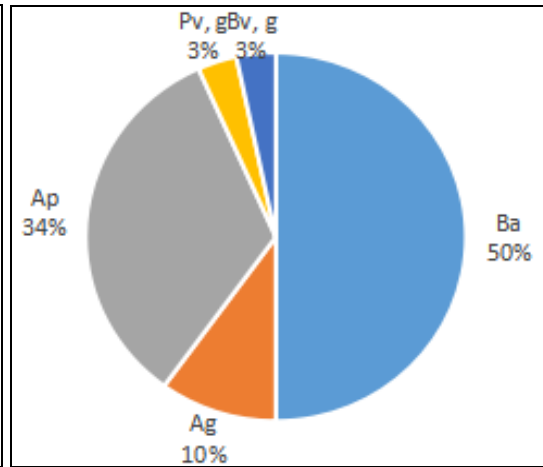
(%17) en çok takson içeren ilk üç ailyayı oluşturur (Grafik 4). Bu ailya sıralaması ile birlikte alandaki hâkim hayat formu (%34, Cu) ve hâkim yaşam stratejisi (%50, Ba) alışma alanının makro ikliminin bir yansımasıdır (şekil 5., 6., 7. ve 8.).



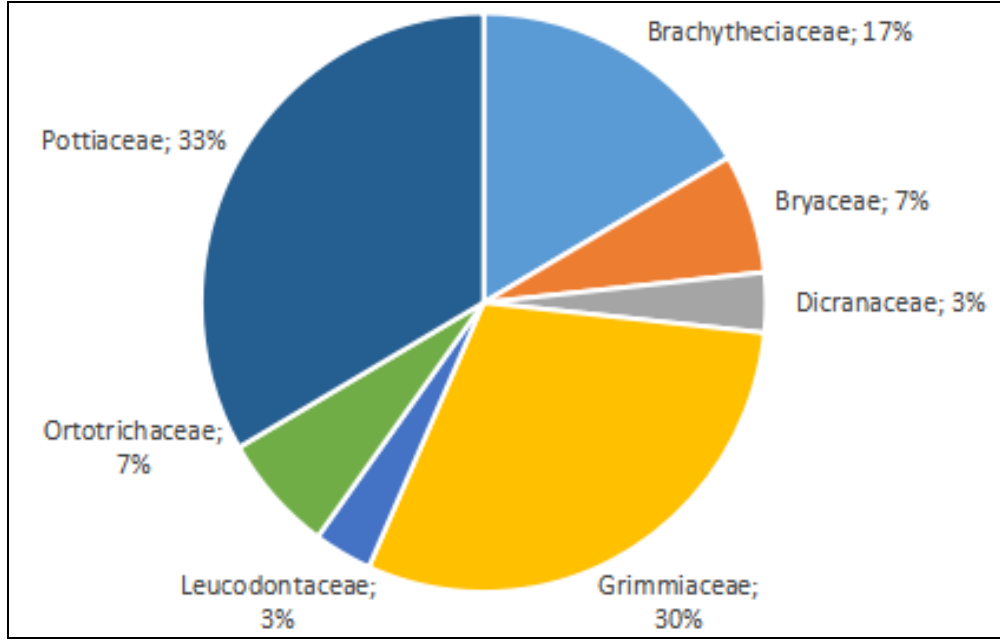
şekil 5. Nevşehir ili ortalama yağış ve sıcaklık değerleri (URL 1.)



şekil 6. Genel hayat formu



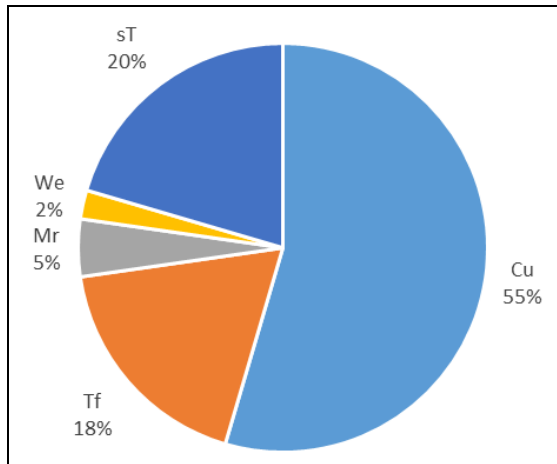
şekil 7. Genel yaşam stratejisi



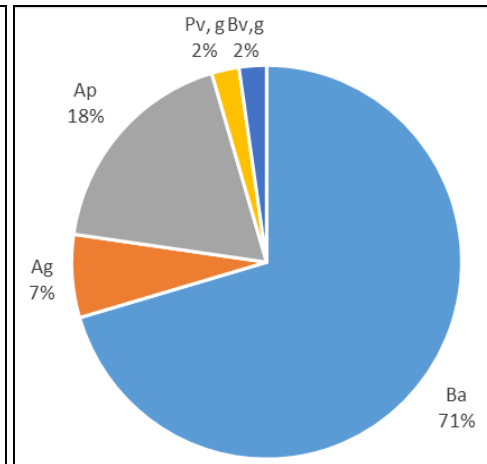
Şekil 8. Epilitik florada ailya oranları

Çalışma alanının dar bir vadi olması ve içerisinde sürekli akan dere geçmesi karayosunları için uygun nem şartları sağlamaktadır. Ancak epilitik substrat özellikleri ve makroiklimin kuraklık şartları bu nemden karayosunlarının yeterince faydalanmasına izin vermemektedir. Epilitik substratlar üzerinden belirlenen 30 örneklik alan içerisinde tekerrürü en yüksek taksonlar, *Grimmia pulvinata* (30), *Grimmia crinita* (10), *Grimmia anodon* (10), ve *Lewinskya rupestris* (10) şeklinde sıralanmaktadır. Bu taksonlar obligat epilitik olarak bilinmektedir, ancak çalışma alanındaki kayaların yumuşak yapısından dolayı genellikle epigeik olan taksonlar da komüniteler içerisinde sokulmaktadır. Sinhiyerarşik olarak, komüniteler öncül-akrokarp-epilitik *Schistidietea apocarp* Ježek & Vondraček 1962 sınıfı, *Grimmialia anodontis* Šmarda & Vanek in Šmarda 1947

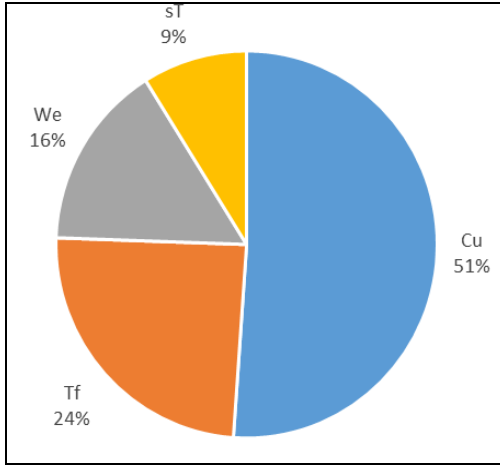
ordosu ve bu ordonun *Grimmion tergestinae* Šmarda 1947 alyansı içerisinde sınıflandırılmıştır. *Lewinskya rupestris* – *Grimmia pulvinata* komünitesinde Cu (%55) hayat formu; Ba (%71) yaşam stratejisi (Şekil 9 ve 10), *Grimmia acrinata* – *Grimmia pulvinata* komünitesinde Cu (%51) hayat formu; Ba (%54) yaşam stratejisi (Şekil 11 ve 12) ve *Grimmia anodon* - *Grimmia pulvinata* komünitesinde Cu (%52) hayat formu; Ba (%57) yaşam stratejisi (Şekil 9 ve 10) hâkimdir. Bu durum çalışma alanının bulunduğu karasal iklimle uyumludur. Bu komüniteler ekolojik olarak klimaks olmayan kurak iklimde yetişen ve akrokarp hâkimiyetli epilitik komüniteler olarak tanımlanmıştır. Ayrıca bu çalışmada komüniteleri belirlemek için kullanılan ordinasyon yöntemlerinin klasik yöntemlerle alyans düzeyinde uyumlu çalıştığı belirlenmiştir.



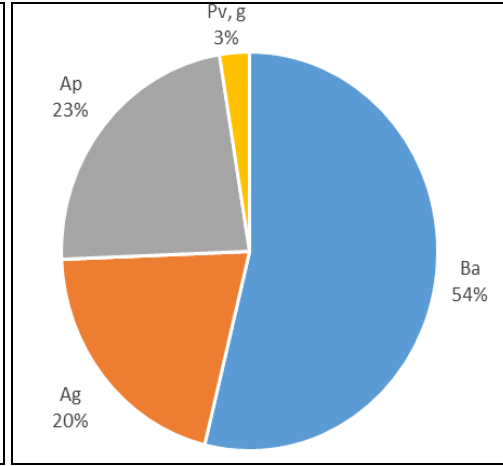
Şekil 9. Hayat formu



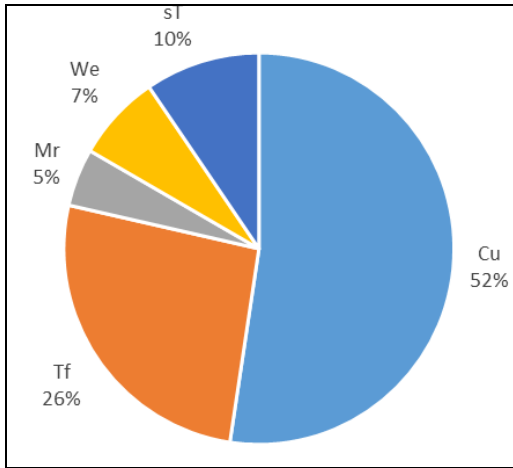
Şekil 10. Yaşam stratejisi



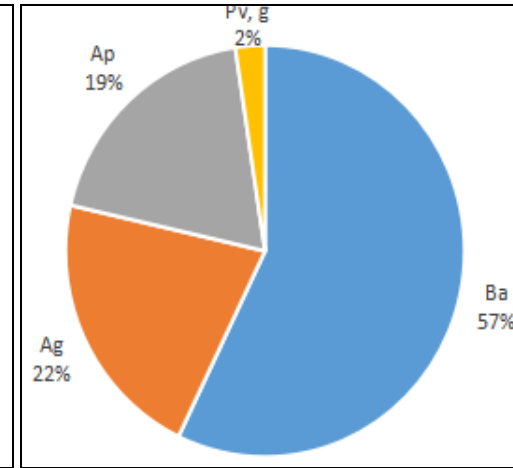
Şekil 11. Hayat formu



Şekil 12. Yaşam stratejisi



Şekil 13. Hayat formu



Şekil 14. Yaşam stratejisi

Teşekkür: Bu çalışma Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu'nun 119Z205 numaralı projesi ile desteklenmiştir.

Not: Bu çalışmadaki verilerin bir kısmı Nevşehir Hacı Bektaş Veli Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsünde kabul edilen "Gomeda Vadisi (Nevşehir) Briyofit Florası" adlı yüksek lisans tezinde de kullanılmıştır.

Kaynaklar

- Bates J.W. 1998. Is 'life form' a useful concept in bryophyte ecology? *Oikos* 82: 223-237.
- Braun-Blanquet J. P. 1964. *Grundzuge der vegetationskunde*. Auf Wien, 865.
- Bulut E. 2018. Kappadokia Bölgesi' nin Tarihi Coğrafyası Üzerine Bir Değerlendirme: Nehirler. *Karatay Sosyal Araştırmalar Dergisi*. 1: 123-143.
- Glime J.M. 2007. *Bryophyte ecology*. Michigan, Ebook sponsored by Michigan Technological University and the

- International Association of Bryologists. <http://www.bryoecol.mtu.edu/> 10 Jan. 2010.
- Hespanhol H. Séneca A. Figueira R. Sérgio C. 2011. Microhabitat effects on bryophyte species richness and community distribution on exposed rock outcrops in Portugal. *Plant Ecology & Diversity*. 4:2-3, 251-264.
- Hodgetts N.G. Söderström L. Blockeel TL. Caspari S. Ignatov MS. Konstantinova NA. Lockhart N. Papp B. Schröck C. Sim-Sim ve ark. 2020. An annotated checklist of bryophytes of Europe, Macaronesia and Cyprus. *Journal of Bryology*. 42:1, 1-116.
- Jia S.H. Li J.F. Wang Z. Zhang Z.H. 2014. Ecological function of bryophyte on karst Rocky desertification slopes along mountainous roads. *Chin J. Ecol*. 33, 1928-1934.
- Julve Ph. 2021. *Basebryo*. Base de données des végétations bryophytiques de France. Programme Catminat. philippe. julve. pagesperso-orange.fr/catminat.htm.

- Kara R. Taşpınar H. 2021. Göreme Milli Parkındaki (Nevşehir) Epifitik Karayosunlarının Substrat Tercihleri. *Anatolian Bryology*. 7:2, 8-16.
- Kara R. Taşpınar H. 2022. Türkiye İçin Yeni Bir Epifitik Briyofit Birliği: *Orthotrichetum pumili* (Jäggli 1934) von Hübschmann 1986. *Anatolian Bryology*. 8:1, 50-56.
- Kara R. Ezer T. Düzenli, A. 2009. Kuzey Amanos (Nur) Dağları'nın (Hatay-Dörtyol) Epilitik (Serpantin) Briyofitleri. *Biyoloji Bilimleri Araştırma Dergisi*. 3:2, 129-136.
- Kaşmer Ö. 2011. Zelve Açık Hava Müzesi'ndeki (Kapadokya) Kayadan Oyma Tarihi Yapıların Jeomekanik Açısından Değerlendirilmesi. Ankara: Hacettepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Doktora Tezi.
- 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: 365-391.
- Kürschner H. Frey W. 2020. Liverworts, mosses and hornworts of South west Asia (Marchantiophyta, Anthocerotophyta, Bryophyta). *Nova Hedwigia*. 149: 1-267.
- Kürschner H. Tonguç Ö. Yayıntaş A. 1998. Life Strategies in Epiphytic Bryophyte Communities of the Southwest Anatolian *Liquidam barorientalis* forest. *Nova Hedwigia*. 66: 435-450.
- Mägdefrau K. 1982. Life-forms of bryophytes. In: Smith A.J.E. (ed.) *Bryophyte Ecology*. Cambridge University Press. Cambridge.
- Proctor M.C.F. 1982. Physiological ecology: water relations, light and temperature responses, carbon balance. In: Smith A.J.E. (ed.) *Bryophyte ecology*. London. Chapman & Hall. p. 333-381.
- Smith A.J.E. 1982. *Bryophyte Ecology*. Chapman and Hall. London.
- Smith A.J.E. 2004. *The Moss Flora of Britain and Ireland*. Cambridge University Press. London.
- URL1. Nevşehir İli Meteoroloji Verileri 2022. Website: <https://www.meteoblue.com/tr> [Erişim: 14.12.2022].
- Vural M. Kol Ü. Çopuroğlu S. Umut B. 1996. Göreme Milli Parkındaki Bitkilerin Tespiti ve Bunların Peyzaj Mimarisi Yönünden Değerlendirilmesi. Ankara: Ormancılık Araştırma Enstitüsü Yayınları.
- Zander R.H. 1993. Genera of the Pottiaceae: Mosses of Harsh Environments. *Bulletin of the Buffalo Society of Natural Sciences*. Vol. 32. Buffalo. USA.



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

DOI: 10.26672/anatolianbryology.1300126

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



Antimicrobial and Antioxidant Activities of Some Mosses

Atakan BENEK^{1*} , Kerem CANLI^{2,3} , Ergin Murat ALTUNER⁴ 

¹Kastamonu University, Graduate School of Natural and Applied Sciences, Kastamonu, TÜRKİYE

²Dokuz Eylül University, Faculty of Science, Department of Biology, İzmir, TÜRKİYE

³Dokuz Eylül University, Research and Application Center for Fauna Flora (FAMER), İzmir, TÜRKİYE

⁴Kastamonu University, Faculty of Science, Kastamonu, TÜRKİYE

Received: 21 May 2023

Revised: 10 June 2023

Accepted: 12 June 2023

Abstract

This study investigated the in vitro antimicrobial and antioxidant activity of six mosses: *Plagiomnium medium* (Bruch & Schimp.) T.J.Kop, *Leptodon smithii* (Hedw.) F.Weber & D.Mohr, *Rhynchostegium alopecuroides* (Brid.) A.J.E.Sm., *Nogopterium gracile* (Hedw.) Crosby & W.R.Buck, *Pylasia polyantha* (Hedw.) and *Timmia bavarica* (Hessl.). The antimicrobial activity of prepared moss ethanol extracts was determined using the disk diffusion method against 20 strains. In addition, the antioxidant activities to determine for studied mosses 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl (DPPH) antioxidant capacity determination method was used. As a result of the antimicrobial activity test, all moss samples, except *Rhynchostegium alopecuroides* (Brid.) A.J.E. Sm, were effective on multi-drug resistant and standard *Staphylococcus aureus* strains, which is an important nosocomial infection. As a result of the antioxidant activity test, an antioxidant effect was observed in all samples, and it was determined that the *P. medium* sample had the highest effect with an EC₅₀ value of 6.0826 µg/mL.

Keywords: Antimicrobial activity, Antioxidant activity, Disk diffusion method, DPPH, Moss.

Bazı Karayosunlarının Antimikrobiyal ve Antioksidan Aktiviteleri

Öz

Bu çalışmada, *Plagiomnium medium* (Bruch & Schimp.) T.J.Kop, *Leptodon smithii* (Hedw.) F.Weber & D.Mohr, *Rhynchostegium alopecuroides*(Brid.) A.J.E.Sm., *Nogopterium gracile* (Hedw.) Crosby & W.R.Buck, *Pylasia polyantha* (Hedw.) ve *Timmia bavarica* (Hessl.)'nın in vitro antimikrobiyal ve antioksidan aktiviteleri araştırılmıştır. Hazırlanan karayosunu etanol ekstraktlarının antimikrobiyal aktivitesi 20 suşa karşı disk difüzyon yöntemi kullanılarak belirlenmiştir. Ayrıca çalışılan karayosunları için antioksidan aktiviteleri belirlemek amacıyla 2,2-difenil-1-pikrilhidrazil (DPPH) antioksidan kapasite belirleme yöntemi kullanılmıştır. Antimikrobiyal aktivite testi sonucunda önemli bir hastane enfeksiyonu olan çoklu ilaca dirençli ve standart *Staphylococcus aureus* suşlarına *Rhynchostegium alopecuroides* (Brid.) A.J.E.Sm hariç tüm karayosunu örnekleri etki göstermiştir. Antioksidan aktivite testi sonucunda tüm örneklerde antioksidan etki gözlenmiş ve 6,0826 µg/mL EC₅₀ değeri ile *P. medium* örneğinin en yüksek etkiye sahip olduğu belirlenmiştir.

Anahtar kelimeler: Antimikrobiyal aktivite, Antioksidan aktivite, Disk difüzyon yöntemi, DPPH, Karayosunu.

*Corresponding author: atakan.benek@hotmail.com

© 2022 All rights reserved / Tüm hakları saklıdır.

To cite this article: Kara R. 2023. Antimicrobial and Antioxidant Activities of Some Mosses. *Anatolian Bryology*. 9:1, 42-49.



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

1. Introduction

Various methods and drugs have been used to combat diseases throughout history. The raw materials of the drugs used in this ongoing struggle are mostly natural products. Natural products used as pharmaceutical raw materials are provided from many different plant groups and one of these plant groups is bryophytes (Benek et al., 2021).

The plants that make up the group called bryophytes consist of mosses (Bryophyta), liverworts (Marchantiophyta), and hornworts (Anthocerotophyta). The bryophyte group is the second largest plant group in the world after angiosperms (Asakawa et al., 2013). Bryophytes generally have a simple morphological structure but show a great deal of chemical diversity in their simple structures. It is thought that secondary metabolites in their structures play an essential role in the interaction of bryophytes with their environment. The chemical richness due to their secondary metabolites is necessary because they do not have mechanical protection like vascular plants (Whitehead et al., 2018; Chen et al., 2018).

It is known that bryophytes have various biological activities due to the secondary metabolites they contain (Krzaczkowski et al., 2009). In recent

years, there has been an increased interest in the study of the medicinal properties possessed by plants. For these reasons, bryophytes are important candidates for new active pharmaceutical compound research to be carried out (Onbasli and Yuvali, 2021).

As a result of the studies carried out, it was determined that there are approximately 1059 (± 204 liverwort, ± 851 moss, ± 4 hornwort) bryophyte taxa in our country (Kürschner and Frey, 2020; Özen-Öztürk et al., 2023). Our aim in this study, *P. medium*, *L. smithii*, *R. alopecuroides*, *N. gracile*, *P. polyantha*, and *T. bavarica* moss samples' antimicrobial activity was investigated against 20 strains. The moss samples' antioxidant activities were determined using of DPPH method.

2. Material and Method

2.1 Moss Samples

The moss samples used in this study were collected and identified by Assoc. Prof. Dr. Kerem CANLI from Akdağ Mountain, Amasya. Voucher specimens were deposited for further reference in Dokuz Eylül University, Research and Application Center for Fauna Flora (FAMER), İzmir, Turkey. Moss samples location information are given in Table 1.

Table 1. Moss samples locality information

Sample	Coordinate	Altitude (m)	Habitat
<i>Plagiomnium medium</i> (Bruch & Schimp.) T.J.Kop	N 40° 41.006' E 036° 3,902'	872	Soil
<i>Leptodon smithii</i> (Hedw.) F.Weber & D.Mohr	N 40° 46.786' E 035°55,621'	2040	Trees
<i>Rhynchostegium alopecuroides</i> (Brid.) A.J.E.Sm.	N 40° 48.080' E 036° 7,876'	1230	Rocks
<i>Nogopterium gracile</i> (Hedw.) Crosby & W.R.Buck	N 40° 45.227' E 035°36,509'	483	Rocks and Trees
<i>Pylasia polyantha</i> (Hedw.)	N 40° 46.296' E 035°59,988'	1330	Trees
<i>Timmia bavarica</i> (Hessl.)	N 40° 48.249' E 036° 9,532'	1060	Rocks

2.2 Microorganisms

In this study, 9 standard strains, 5 multidrug resistance (MDR) strains, 3 clinical isolated strains and 3 food isolated strains were used to determine the antimicrobial activities of mosses. Standart strains; *Enterococcus faecalis* ATCC 29212, *Listeria monocytogenes* ATCC 7644, *Staphylococcus aureus* ATCC 25923, *Enterobacter aerogenes* ATCC 13048, *Escherichia coli* ATCC 25922, *Pseudomonas aeruginosa* DSMZ 50071, *Salmonella enteritidis* ATCC 13076, *Acinetobacter baumannii* CECT 9111 and *Candida albicans* DSMZ 1386. Multidrug resistance (MDR) strains; *Staphylococcus aureus* MRSA, *Klebsiella pneumoniae* MDR, *Escherichia coli*, *Streptococcus pneumoniae* and *Proteus vulgaris*.

Clinical isolated strains; *Klebsiella pneumoniae*, *Streptococcus mutans* and *Candida tropicalis*. Food isolated strains; *Listeria innocua*, *Enterococcus durans*, and *Salmonelle kentucky*.

2.3 Microorganism Inoculum Preparation

All strains used in the study were standardized at 0.5 McFarland value in sterile 0.9% NaCl solution. Bacteria were incubated at 37 °C for 24 hours, and the only yeast strain *Candida albicans* (C.P. Robin) used was incubated at 27 °C for 48 hours solution (Canlı et al., 2015).

2.4 Extraction Method

After all the moss samples were collected, they were dried at room temperature, and the samples were ground with a grinder until they turned into

powder. The active ingredients were extracted by shaking the powder samples in 200 mL of pure ethyl alcohol (Sigma-Aldrich) at 130 rpm at room temperature for 3 days. Afterwards the extraction was complete, samples were filtered through Whatman No. 1 filter paper into glass balloons. The ethyl alcohol in balloons was evaporated with a rotary evaporator (Buchi R3) at 35°C. After the evaporation process was completed, the amount of moss remaining in the glass balloon was determined with a precision balance. After the weighing process, moss extracts were prepared by adding 99% pure ethyl alcohol to dissolve the dry matter adhering to the surfaces in the balloon. After the extract in the balloon was transferred to the tubes, the glass balloon was weighed again and the amount of extract contained in the moss extracts was determined (Altuner et al., 2014).

2.5 Antimicrobial Activity Test

The antimicrobial activity of moss ethanol extracts was determined using the disk diffusion method as described by Andrews (Andrews, 2007). In the first stage, all moss extracts were loaded to 6 mm radius Oxoid Antimicrobial Susceptibility Test Disks with 50-100-200 µL (containing *P. medium* 0.17 mg, 0.34 mg, 0.69 mg, *L. smithii* 0.11 mg, 0.23 mg, 0.46 mg, *R. alopecuroides* 0.13 mg, 0.26 mg, 0.53 mg, *N. gracile* 0.10 mg 0.21mg, 0.43 mg, *P. polyantha* 0.09 mg, 0.19 mg, 0.38 mg, *T. bavarica* 0.23 mg, 0.46 mg, 0.92 mg). The disks were left to dry overnight at 30°C under sterile conditions to evaporate residual ethyl alcohol, which could alter the test results. Mueller Hinton Agar (BD Difco, USA) was then poured into a sterile 90 mm petri dish at a thickness of 4.0 mm ± 0.5 mm. Microorganisms standardized at 0.5 MacFarland value in sterile NaCl solution were inoculated into Petri dishes. After inoculation, extract-loaded disks were placed on the microorganism culture medium and incubated. After the incubation period was completed, the diameters of the inhibition zones around the disks were measured in mm and recorded. In this study, sterile blank disks used to load the extract were used as negative controls. *Gentamicin* and *tobramycin* antibiotics were used as positive controls to compare the results obtained (Bozyel et al. 2019).

The experiments were carried out in triplicate, and the R Studio v 3.3.2 program was used to statistically evaluate the difference between the repetitions. The distribution of the data between the groups was evaluated with the ANOVA test. The difference between groups was considered significant when the p-value was <0.05. On the

other hand, the Pearson correlation coefficient was calculated to reveal whether the increased amount of extract increased the effect (Core R Team, 2016).

2.6 Antioxidant activity test

The DPPH (2,2-diphenyl-1-picrylhydrazil) method was used to determine the antioxidant activity of moss extracts. This method is based on evaluating the DPPH radical scavenging properties of the antioxidant compounds of moss. To prepare the DPPH solution to be used in the study, 3.9432 mg DPPH was added to 50 mL of ethanol (Mensor et al., 2001). The prepared DPPH mixture and plant extracts were mixed in a 96-well plate and incubated in the dark for 30 minutes at room temperature. At the end of the incubation period, a spectrophotometer (Biotek Microplate Spectrophotometer, USA) was used to measure the absorbance of the sample on the plate at 515 nm. Ascorbic acid was used as a positive control in this study (Turu et al., 2020).

3. Results

As a result of the antimicrobial activity research of *P. medium*, *L. smithii*, *R. alopecuroides*, *N. gracile*, *P. polyantha*, and *T. bavarica* ethanol extracts against 20 strains, an effect on 9 strains was determined as seen in graphics. *P. medium* ethanol extract was effective against *Enterobacter aerogenes* ATCC 13048 (7 mm) and *Staphylococcus aureus* MRSA (11 mm) strains. *L. smithii* ethanol extract created a zone of inhibition against *Escherichia coli* ATCC 25922 (7 mm), *Proteus vulgaris* (7 mm), and *Staphylococcus aureus* MRSA (7 mm) strains. *R. alopecuroides* ethanol extract was effective against *Enterobacter aerogenes* ATCC 13048 (7 mm), *Listeria monocytogenes* (7 mm), and *Klebsiella pneumoniae* (7 mm) strains. *N. gracile* ethanol extract was effective against *Staphylococcus aureus* ATCC 25923 (11 mm), *Salmonella kentucky* (7 mm), and *Staphylococcus aureus* MRSA (14 mm) strains. *P. polyantha* ethanol extract was effective against *Enterobacter aerogenes* ATCC 13048 (7 mm), *Staphylococcus aureus* ATCC 25923 (11 mm), and *Staphylococcus aureus* MRSA (11 mm) strains. *T. bavarica* ethanol extract created a zone of inhibition against *Enterococcus faecalis* (7 mm), *Staphylococcus aureus* ATCC 25923 (9 mm), and *Staphylococcus aureus* MRSA (13 mm) strains.

The DPPH scavenging percentage results of extracts and ascorbic acid in terms of their EC₅₀ and EC₉₀ values are given in Table 2.

Table 2. Antioxidant test results

	EC ₅₀ (µg/mL)	EC ₉₀ (µg/mL)
<i>P. medium</i>	6.0826	10.2626
<i>L. smithii</i>	6.0869	9.2269
<i>R. alopecuroides</i>	7.5317	11.5917
<i>N. gracile</i>	10.5152	20.3592
<i>P. polyantha</i>	50.239	67.263
<i>T. bavarica</i>	40.202	58.222
Ascorbic acid	0.359	0.359

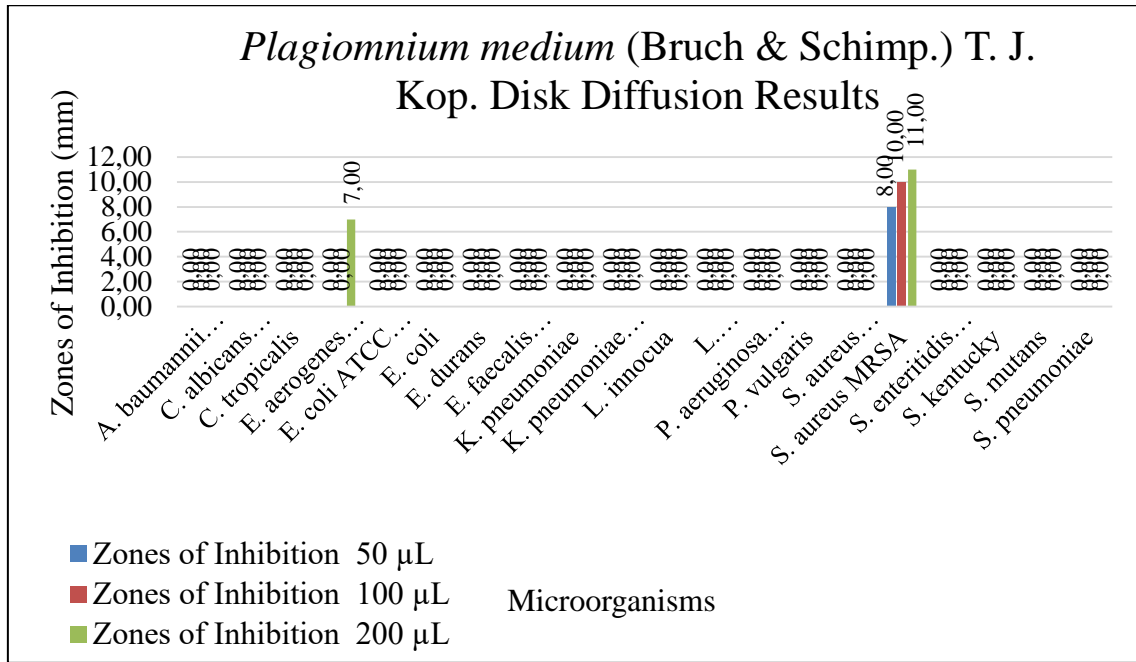


Figure 1. *Plagiomnium medium* (Bruch & Schimp.) T.J.Kop Disk Diffusion Results

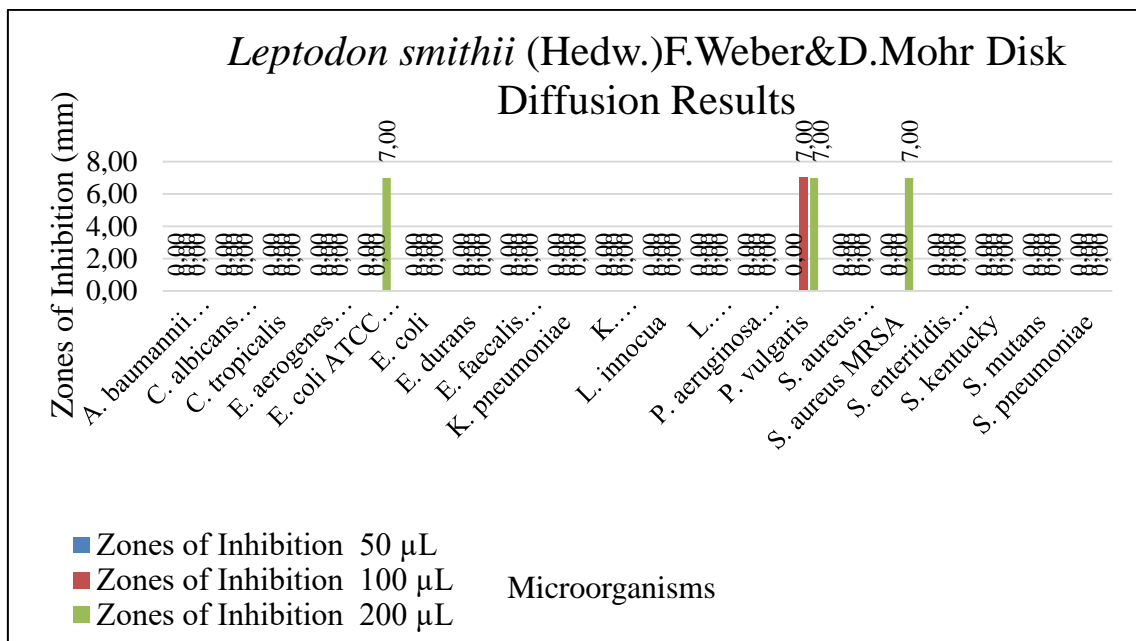


Figure 2. *Leptodon smithii* (Hedw.) F. Weber & D. Mohr Disk Diffusion Results

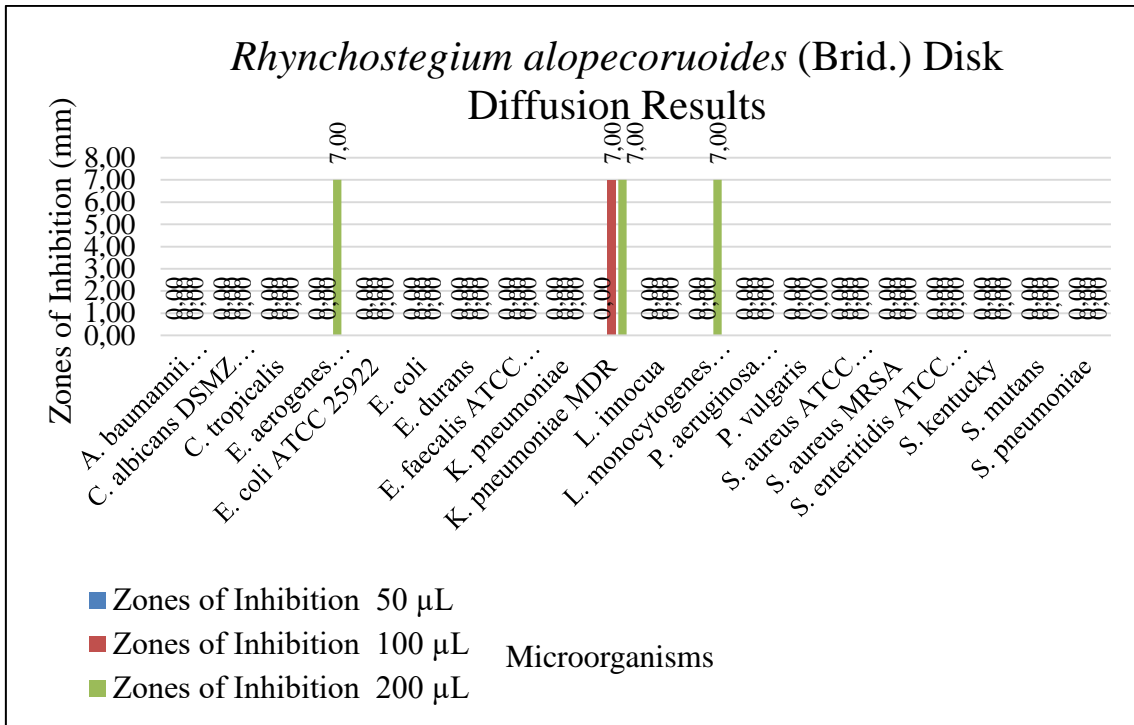


Figure 3. *Rhynchosstegium alopecoruoides* (Brid.) A.J.E.Sm. Disk Diffusion Results

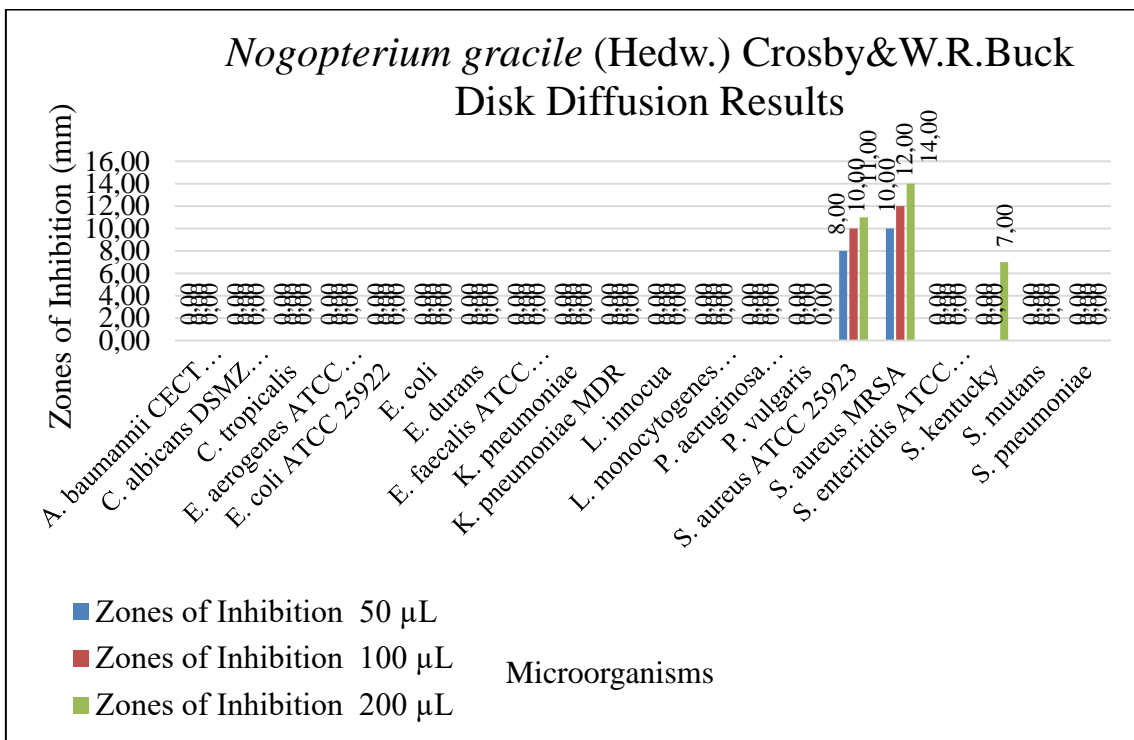


Figure 4. *Nogopterium gracile* (Hedw.) Crosby & W.R. Buck Disk Diffusion Results

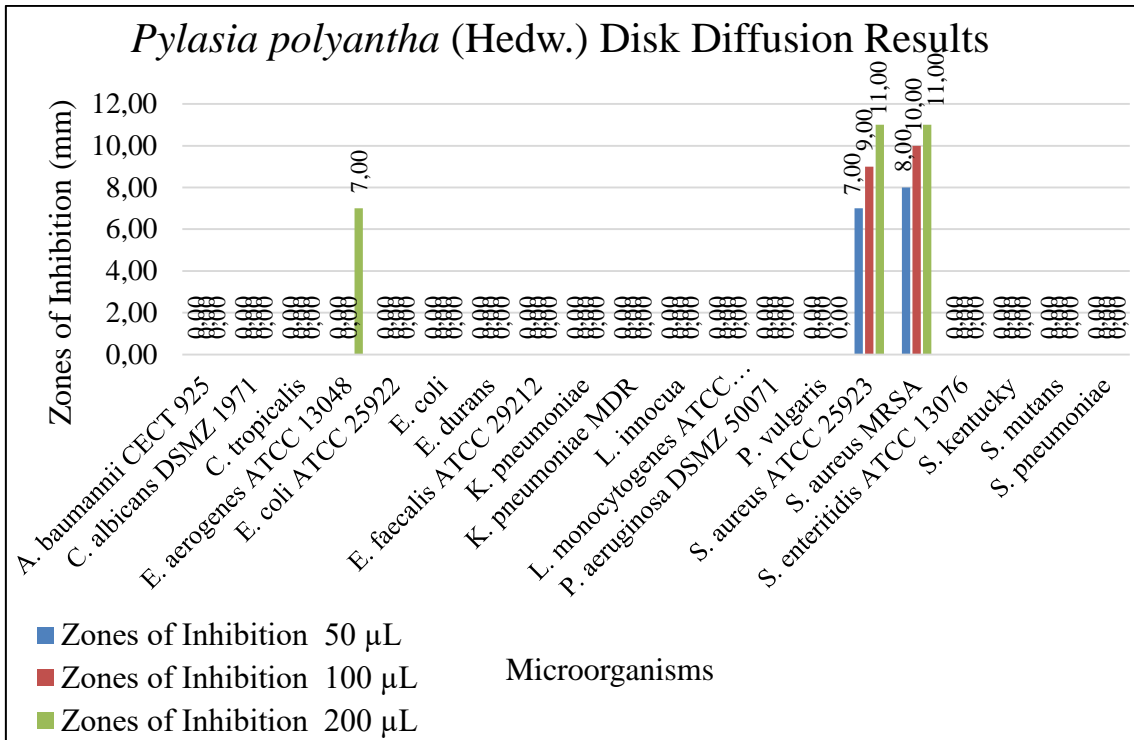


Figure 5. *Pylasia polyantha* (Hedw.) Disk Diffusion Results

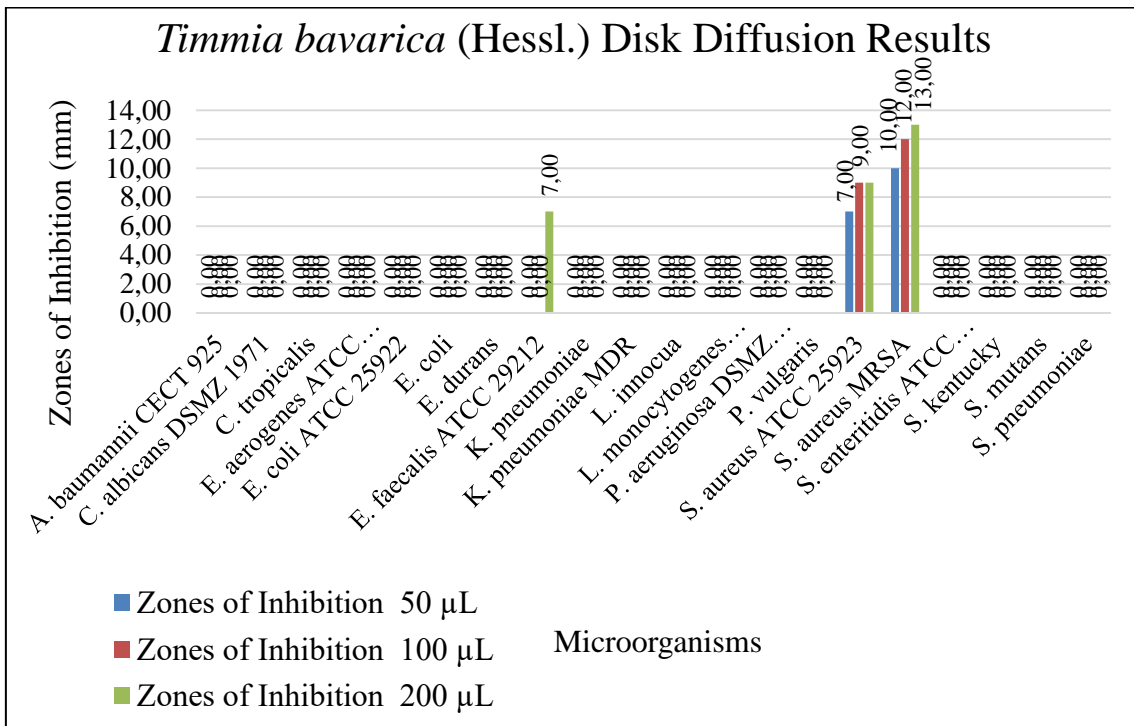


Figure 6. *Timmia bavarica* (Hessl.) Disk Diffusion Results

4. Discussion

According to the results of the disk diffusion test performed, the most sensitive microorganisms to the moss samples used are *S. aureus* ATCC 25923 affected by three different moss extracts at different concentrations, and *S. aureus* MRSA

affected by four extracts. It was determined that all of the investigated moss samples had antimicrobial effects against at least two and at most three strains. The *P. medium* sample showed activity against two strains and was the least effective moss

species. All of the other moss samples investigated showed activity against all three strains.

In the study conducted by Vollár et al. (2018) antimicrobial activities of *Plagiomnium* spp. against the *S. aureus* ATCC 25923 strain were determined. According to this study, the disk diffusion results of *P. affine*, *P. cuspidatum*, and *P. undulatum* were 0.00 mm, 10.7 mm, and 8.00 mm respectively. The *P. medium* used in our study did not show any antimicrobial effect against *S. aureus* ATCC 25923. But it showed activity between 8.00 and 11.00 mm in 50 µL, 100 µL, and 200 µL applications against *S. aureus* MRSA strain. The antimicrobial activity knowledge of the species belonging to the genus *Plagiomnium* has been expanded with the present study carried out.

Uyar et al (2016) conducted a study in which samples of *Cinclidotus riparius* (Host ex Brid.) Arn., *Calliergonella cuspidata* (Hedw.) Loeske, *Thamnobryum alopecurum* (Hedw.) Gangulee, *Leucobryum juniperoideum* (Brid.) Müll. Hal., and *Cirriphyllum crassinervium* (Taylor) Loeske & M. fleish were extracted with four different solvents, and their antimicrobial activities against 13 different strains were determined. According to the results of the study, ethanol extracts of the moss samples produced zones of inhibition ranging from 6 to 9 mm against the *E. coli* strain used in both studies. However, in this study used moss samples no antimicrobial activity was observed against the *E. coli* strain.

The antimicrobial activity of *Palustriella commutata* (Hedw.) Ochyra moss against eleven bacteria, one yeast, and eight molds was determined by İlhan et al. (2006) using acetone and methanol extracts prepared through the disk diffusion method. In both studies, no results were observed against the commonly used strain *S. aureus* ATCC 25923, whereas the methanol extract exhibited a 7 mm zone and the acetone extract showed an 11 mm zone against the clinical isolate *K. pneumoniae*. In this study, the ethanol extract of *N. gracile* formed zones of 8-10-11 mm, *P. polyantha* exhibited zones of 7-9-11 mm, and *T. bavarica* showed zones of 7-9-10 mm against *S. aureus* ATCC 25923. Both studies demonstrate antimicrobial activity against *S. aureus* ATCC 25923, an important hospital infection, through different moss species and solvent effects.

The EC₅₀ value of 0.359072 µg/mL of ascorbic acid used as a standard in this study was determined. Compared to the standard, the moss sample with the lowest antioxidant scavenging activity was *P. polyantha* with an EC₅₀ value of

50,239 µg/mL. The moss sample with the highest antioxidant scavenging activity is the *P. medium* sample with an EC₅₀ value of 6.0826 µg/mL.

Ertürk et al. (2015) conducted a study to determine the antioxidant capacity of some mosses, such as, *Hypnum cupressiforme* (Hedw.) EC₅₀ 0.79±0.05 µg/mL, *Homalothecium sericeum* (Hedw.) EC₅₀ 0.52±0.06 µg/mL, *Thuidium delicatulum* (Hedw.) EC₅₀ 0.87±0.06 µg/mL, *Homalothecium lutescens* (Hedw.) EC₅₀ 2.83±0.08 µg/mL, *Homalothecium nitens* (Hedw.) EC₅₀ 4.40±0.09 µg/mL, *Leucodon sciuroides* (Hedw.) EC₅₀ 0.49±0.04 µg/mL, *Ctenidium molluscum* (Hedw.) EC₅₀ 1.96±0.07 µg/mL, *Eurhynchium striatulum* (Spruce) EC₅₀ 0.22±0.01 µg/mL. The lowest value obtained from the samples used in this study was taken from *P. medium* with an EC₅₀ value of 6.0826 µg/mL and the highest value from *P. polyantha* with an EC₅₀ value of 50,239 µg/mL. All remaining results are higher than the results of the study done by Ertürk et al. (2015) which means lower antioxidant activity.

Carranza et al. (2019) investigated the antioxidant activity of seven different moss species in the Philippines. In the study, the lowest result was found in *Gymnostomum recurvirostrum* (Hedw.) species EC₅₀ 0.236 mg/mL, and the highest result in *Hypnum plumiforme* (Wilson) species EC₅₀ 2.213 mg/mL. The *P. medium* sample used in this study with the lowest effect had an EC₅₀ value of 6.0826 µg/mL, it is close but higher than the results obtained in the study by Carranza et al.

The antioxidant activity of the *R alopecuroides* sample used in this study was previously determined by Yayıntaş et al. (2019) using the CERAC and CUPRAC methods. In this study, the antimicrobial and antioxidant activities of the remaining samples were demonstrated for the first time. Further studies are required to determine from which substances the antimicrobial and antioxidant effects of mosses originate.

References

- Altuner E.M. Canlı K. Akata I. 2014. Antimicrobial screening of *Calliergonella cuspidata*, *Dicranum polysetum* and *Hypnum cupressiforme*. Journal of Pure and Applied Microbiology. 8:1, 539-545.
- Andrews J.M. 2007. BSAC standardized disc susceptibility testing method (version 6). Journal of Antimicrobial Chemotherapy. 60:1, 20-41.
- Asakawa Y. Ludwiczuk A. Nagashima F. 2013. Chemical constituents of bryophyta. Chemical Constituents of Bryophytes.

- Progress in the Chemistry of Organic Natural Products Vol. 95 Vienna: Springer. 563-605.
- Benek A. Şenturan M. Şimşek Ö. Canlı K. Altuner E.M. 2021. Bazı Karayosunu ve Ciğerotu Türlerinin Antimikrobiyal Aktivitesinin Belirlenmesi. *Anatolian Bryology*. 7:1, 1-7.
- Bozyel M.E. Şenturan M. Benek A. Merdamert Bozyel E. Canlı K. Altuner E.M. 2019. In vitro antimicrobial activity screening of *Heliotropium europaeum* against wide range of microorganisms and multi drug resistant (MDR) bacteria. *European Journal of Biomedical and Pharmaceutical Sciences*. 6:3, 113-117.
- Canlı K. Altuner E.M. Akata I. 2015. Antimicrobial screening of *Mnium stellare*. *Bangladesh Journal of Pharmacology*. 10:2, 321-25.
- Carranza M.S.S. Linis V.C. Ragasa C.Y. Tan M.C.S. 2019. Chemical constituents and antioxidant potentials of seven Philippine mosses. *Malaysian Journal of Analytical Sciences*. 23:6, 950-962.
- Chen F. Ludwiczuk A. Wei G. Chen X. Crandall-Stotler B. Bowman J.L. 2018. Terpenoid secondary metabolites in bryophytes: chemical diversity, biosynthesis and biological functions. *Critical Reviews in Plant Sciences*. 37:2-3, 210-231.
- Core R Team. 2016. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. <https://www.R-project.org/> [Erişim tarihi: 15/12/2017].
- Ertürk Ö. Sahin H. Ertürk E.Y. Hotaman H.E. Koz B. Özdemir Ö. 2015. The antimicrobial and antioxidant activities of extracts obtained from some moss species in Turkey. *Herba Polonica*. 61:4, 52-65.
- Ilhan S. Savaroğlu F. Çolak F. İşçen, C.F. Erdemgil F.Z. 2006. Antimicrobial activity of *Palustriella commutata* (Hedw.) ochrya extracts (Bryophyta). *Turkish Journal of Biology*. 30:3, 149-152.
- 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.
- Kürschner H. Frey W. 2020. Bryophyte novelties from the Arabian Peninsula and Socotra Island. *Nova Hedwigia*. 281-286.
- Mensor L.L. Menezes F.S. Leitão G.G. Reis A.S. Santos T.C.D. Coube C.S. Leitão S.G. 2001. Screening of Brazilian plant extracts for antioxidant activity by the use of DPPH free radical method. *Phytotherapy research*. 15:2, 127-130.
- Onbasli D. Yuvali G. 2021. In vitro medicinal potentials of *Bryum capillare*, a moss sample, from Turkey. *Saudi Journal of Biological Sciences*. 28:1, 478-483.
- Özen-Öztürk Ö. Özdemir T. Batan N. Erata H. 2023. Three Sphagnum taxa new to Turkey and South-West Asia. *Botanica Serbica*. 47:1, 47-53.
- Turu D. Bozyel M.E. Candan K. Yakan M.A. Benek A. Canlı K. 2020. In vitro antimicrobial and antioxidant activities of *Pyraecantha coccinea* fruits ethanol extract. *Vitro*. 4: 89-93.
- Uyar G. Doğru N.H. Ören M. Çavuş A. 2016. Determining Antibacterial Activity of Some Mosses (*Cinclidotus riparius* (Host ex Brid.) Arn., *Calliergonella cuspidata* (Hedw.) Loeske, *Thamnobryum alopecurum* (Hedw.) Gangulee, *Leucobryum juniperoideum* (Brid.) Müll. Hal., *Cirriphyllum crassinervium* (Taylor) Loeske & M. Fleisch.). *Anatolian Bryology*. 2:1-2, 1-8.
- Vollár M. Gyovai A. Szűcs P. Zupkó I. Marschall M. Csupor-Löffler B. Urbán E. 2018. Antiproliferative and antimicrobial activities of selected bryophytes. *Molecules*. 23:7, 1520.
- Whitehead J. Wittemann M. Cronberg N. 2018. Allelopathy in bryophytes-a review. *Lindbergia*. 41:1.
- Yayintas O. T. Ozyurt D. Demirata B. Yuceer Y.K. Yilmaz S. 2019. Chemical Composition and Antioxidant Capacities of Mosses Gathered from Mount Ida (Canakkale, Turkey). *Fresenius Environmental Bulletin*. 2413.



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

DOI: 10.26672/anatolianbryology.1305446

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



Çevresel Radyoaktivite Çalışmalarında Biyoindikatör Olarak Karayosunları'nın Kullanılması

Gamze GÜRSU^{1*} , Nevin TAŞALTIN^{1,2,3,4} 

¹Maltepe University, Environment and Energy Technologies Research Center, Istanbul, TÜRKİYE,

²Maltepe University, Department of Basic Sciences, Istanbul, TÜRKİYE,

³Maltepe University, Department of Renewable Energy Tech. and Management, Istanbul, TÜRKİYE,

⁴CONSENS LLC., Maltepe University Research Center, Technopark Istanbul, Istanbul, TÜRKİYE

Received: 29 May 2023

Revised: 16 June 2023

Accepted: 20 June 2023

Öz

Çevre kirliliği sorunu şiddetini artırarak devam etmektedir. Bu nedenle biyoindikatör organizmalar kullanılarak atmosferik element seviyeleri belirlenmeye devam edilmeli ve kirlilik ölçümleri düzenli olarak yapılmalıdır. Radyoaktif kirliliğin artmasının başlıca nedenleri madencilik faaliyetleri, termik santraller, baz istasyonları ve fosil yakıtların kaynak olarak tercih edildiği nükleer santrallerdir. Çernobil Nükleer Santral Kazası'nın ardından biyoindikatörlerdeki radyonüklid konsantrasyonları üzerine kapsamlı araştırmalar başlamıştır. Yavaş büyümeleri ile karakterize edilen karayosunları, çevreden gelen farklı radyonüklidleri diğer bitki örtüsünden çok daha yüksek derecede verimli bir şekilde biriktirebilmektedir. Karayosunları, biyomonitör çalışmalarında kullanılacak bir organizma için gerekli şartların çoğunu karşılamaktadır ve mevcut çalışmalarda çevresel radyoaktivitenin izlenmesi için sıklıkla biyolojik göstergeler olarak kullanılmaktadır.

Anahtar kelimeler: Briyofit, Karayosunu, Biyomonitöring, Biyoindikatör, Gama spektroskopisi, Radyoaktif kirlilik.

Using Mosses as Bioindicators in Environmental Radioactivity Studies

Abstract

The environmental pollution problem is intensifying. Therefore, atmospheric element levels should continue to be determined using bioindicator organisms, and pollution measurements should be made regularly. The main reasons for the increase in radioactive pollution are mining activities, thermal power plants, base stations, and nuclear power plants that use fossil fuels. Extensive research on radionuclide concentrations in bioindicators began after the Chernobyl Nuclear Power Plant accident. Moss is a good bioindicator of environmental radioactivity because it has a slow growth rate and is able to accumulate different radionuclides from the environment more efficiently than other vegetation. Moss meets most of the requirements for an organism to be used in biomonitoring studies, and is often used in current studies.

Keywords: Bryophyte, Moss, Biomonitoring, Bioindicator, Gamma spectroscopy, Radioactive pollution.

*Corresponding author: gamzegursu199@gmail.com

© 2022 All rights reserved / Tüm hakları saklıdır.

To cite this article: Gürsü G. Taşaltın N. 2023. *Using Mosses as Bioindicators in Environmental Radioactivity Studies. Anatolian Bryology. 9:1, 50-57.*



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

1. Giriş

Çernobil nükleer felaketiyle birlikte doğaya büyük miktarlarda radyonüklid madde salınmıştır. Bu maddeler günümüzde halen bitkilerde ve sedimentlerde tespit edilebilmektedirler. Briyofitler (Karayosunları) kökleri olmayan ilkel kara bitkileridir, radyonüklidler ve metaller de dahil olmak üzere çok sayıda kirletici maddeyi bünyelerinde kolayca biriktirebilirler (Schmidt vd. 2023).

Karayosunları biyoizlemede kullanılacak bir organizma için gerekli şartların çoğunu karşılamaktadır. Tek hücreli kalın yaprakları, kalın hücre duvarları ve kütiküllerinin olmaması, iyon değişimi yoluyla havadan ve biriken materyalden eser elementlerin etkili bir şekilde absorbe edilmesini sağlar (Brown ve Brown 1990, Wolterbeek 2002).

Karayosunları basit bir yapıya sahip kara bitkileridir. Kök sistemi ve yaprakların yüzeyindeki su geçirmez kütikül tabakası yoktur. Büyüme için gerekli besinleri yağış veya kuru birikim yoluyla doğrudan havadan alırlar. Diğer bitkilerle karşılaştırıldığında karayosunları, çevresel hava kirliliğinin biyolojik bir indikatör olarak kullanılabilirliği özellikle uygundur. Karayosunların morfolojisi mevsimlerden etkilenmez ve çeşitli habitatlarda gelişebilirler (kaya, toprak, ağaç su içi kaya vb.) bu nedenle havadaki kirleticiler yıl boyunca karayosunlarında birikebilirler (Harmens vd. 2010, Aleksiyaynak vd. 2013, Wattanavatee vd. 2017).

Çevrede çok sayıda kirlenmeye yol açan faktörün varlığı, tek bir kirleten türüyle ilgili yorum yapmayı zorlaştırmaktadır (Manning ve Feder 1980, Martin ve Coughtrey 1982, Puckett 1988, Wittig 1993). Biyomonitörizasyon, biyoindikatör organizmada biriken özellikle ağır metallerin ve radyoaktif elementlerin bileşiminin, birikim yollarının, substratlarının, yerel ya da lokal olarak dağılımlarını, atmosferdeki kirlilik seviyelerinin ölçülmesinde etkili denetim formlarının takibinde karayosunları da incelenmektedir. (Freitas vd. 1999).

Briyofitler, bitki grupları içerisinde çevresel radyoaktivitenin incelenmesinde yaygın olarak incelenilen materyallerdendir. Briyofitlerin, radyoaktif materyalleri tutma kapasitesinin yüksek olması, çevresel radyoaktivitenin belirlenmesinde biyoindikatör tür olarak kullanılabilirliğini göstermektedir. Karayosunlarındaki radyonüklidlerin çevre kirliliğinin izlenmesi dünya genelinde yaygınlaşırken, eski Yugoslavya'da bu alandaki araştırmalar ihmal edilmiştir. 1985 yılında

(Çernobil kazasından önce) Bosna Hersek'teki avlanma alanlarında yosunlardaki ¹³⁷Cs radyonüklid konsantrasyonları 267,0 Bq/kg ve 508,0 Bq/kg (ortalama değer 429,0 Bq/kg) arasındayken, 1987 yılında (kazadan sonra) 858,0 Bq/kg ila 4604,0 Bq/kg (ortalama değer 2645,0 Bq/kg) arasındadır (Saračević vd. 1989). Ülkemizde ise, Çernobil kazasının ardından karayosunu, likenler, toprak, su gibi örnekler üzerinde radyoaktif kirlilik seviyelerini belirlemek için çalışmalar yapılmıştır (Saka 1997, Topçuoğlu vd. 1995, Topçuoğlu vd. 2003a, Celik vd. 2009, Belivermiş 2009, Belivermiş vd. 2010, Kaya vd. 2015, vb.) Bu derleme, global ölçekte biyomonitöring konusundaki araştırmaların durum analizini içermektedir. Amacımız, bu konuda çalışma yapan özellikle lisans ve yüksek lisans öğrencilerine bir Türkçe altlık oluşturmak bu konu hakkında yapılmış çalışmaları derlemektir. Bu konuyla ilgili Türkçe yayın sayısı diğer biyomonitör yayınlara kıyasla daha azdır, Türkçe bir derlemenin bu boşluğu dolduracağı düşünülmektedir.

2. Materyal ve Yöntemler

Radyoaktif kirliliğin belirlenmesinde liken ve karayosunlarının biyoindikatör tür olarak kullanıldığı birçok çalışma literatüre dahil edilmiştir. Havadan beslenmeleri ve yapısal olarak geniş yüzey alanları içermeleri avantajıyla, doğrudan bünyelerine radyonüklidleri biriktirebilirler.

Briyofitlerin (Karayosunları/ Bryopsida ve ciğerotları/ Marchantiopsida ve Jungermanniopsida) radyoaktiviteye vasküler bitkilere kıyasla daha dirençli olduğu bilinmektedir (Kryshev vd. 2005, Frahm vd. 1998) ve çok daha yüksek miktarlarda radyonüklidleri (Frahm vd. 1998, Papastefanou vd. 1989) absorbe etme eğilimindedir. Bazı türlerin geniş coğrafi dağılımı nedeniyle, karayosunları radyoizotopların birikimini haritalamak için de kullanılmıştır (Smidt vd. 2011).

Bu, çalışma Çevresel Radyoaktivite Çalışmalarında Biyoindikatör olarak Karayosunları'nın Kullanıldığı birçok çalışma derlenerek hazırlanmıştır. Amacımız, bu konuda çalışma yapan özellikle lisans ve yüksek lisans öğrencilerine bir Türkçe altlık oluşturmak bu konu hakkında yapılmış çalışmaları derlemektir.

2.1 Materyal

Karayosunlarında radyoizotopların yüksek birikimi, ağırlıklı olarak iki faktörden kaynaklanır; karayosunları oldukça küçüktür ve yaprakçıkları tek bir hücre katmanından oluşur. Böylece çok

yüksek bir yüzey-hacim oranına sahiptirler. Ayrıca, gametofit, damarlı bitkilerde bulunan geçirimsiz kütikülden yoksundurlar. Sporofit, spor kapsülü ve sapı bir kütiküle sahip olabilir ancak bitkinin biyokütlesine çok az katkıda bulunur, karayosunlarının yüzeyi bu nedenle suyu ve besinleri bütün olarak emerek bünyesine alırlar. Öte yandan, karayosunların kökleri yoktur, rizoit denen kök benzeri yapılara sahiptirler ve ortama tutunmayı sağlarlar ve aynı zamanda absorpsiyona da katkıda bulunabilirler. Bazı ilkel Briyopsida (Polytrichaceae), yüksek bitkilere benzer damar dokusu sergiler, ancak daha düşük taşıma kapasitesi vardır, Briyopsida'da vasküler doku azalır ve işlevsel değildir (Schmidt vd. 2023).

Bryofitler, evrim sürecinde algler ile eğreltiler ve tohumlu bitkilerin arasında yer almaktadır. Yapılan jeokimyasal analizler kriptosporlardaki spor duvarının, bilinen bütün kara bitkilerinin spor duvarlarıyla kimyasal olarak benzediğini kanıtlamıştır (Steevens 2010). Moleküler analizlere göre briyofitler Bryobiotina Subkingdomu altında, Anthocerotophyta, Marchantiophyta ve Bryophyta olmak üzere 3 kısımda incelenmektedir (Glime, 2013).

Çevresel radyoaktivite çalışmalarında en çok incelenen materyallerden olan briyofitler hem radyoaktif kirlilik düzeyinin hem de ekosistemin doğal fon düzeyinin tahmin ve tespiti için kullanılabilir. Atmosfere salınan ^{131}I , ^{134}Cs ve ^{137}Cs en önemli ve en tehlikeli radyonüklidlerdir. Çernobil kazasından kısa bir süre sonra, karayosunları, likenler ve diğer biyoindikatörlerdeki radyonüklid konsantrasyonları üzerine kapsamlı araştırmalar başlamıştır (Elstner vd. 1987, Papastefanou vd. 1989; Marović vd. 2008). Finlandiya'daki karayosunlarında 1986 yılında (Ilus vd. 1987) ^{137}Cs radyonüklid konsantrasyonları 28000,0 Bq/kg iken, Bavyera'da 12370,0 Bq/kg, Münih'te 30000,0 Bq/kg'dır (Elstner vd. 1987, Heinzl vd. 1988). Çernobil Nükleer Santral Kazası'ndan sonra karayosunlarıyla biyomonitör çalışmaları Avrupa genelinde kontamine olan bölgelerde yaygınlaşmaya başlamıştır. Ülkemizde de bu konuyla ilgili çalışmalar bulunmaktadır. Çernobil nükleer santralindeki kaza (26.04.1986, Ukrayna) 20. yüzyıla damgasını vurmuştur.

Köklerin olmaması, esas olarak hava birikiminden emilim sağlar ve karayosunlarının partikülleri yoğunlaştırdığı ve kuru ve ıslak birikimden kimyasal türleri çözdüğü gösterilmiştir (Stainnes 1995). Radyoaktif elementlerin yosunlarda birikmesi ve uzaklaştırılması da yağışla ilişkilidir (Taylor ve Witherspoon 1972, Krmar vd. 2009).

Adsorbe edilen elementlerin protoplastlara (Tyler 1990, Wells ve Brown 1990) ve yosunun yaşlı kısımlarından daha genç kısımlarına (Brown ve Brown, 1990) taşındığı görülmektedir. Bu süreç muhtemelen yağışa bağlı daha fazla kaybı önler. ^{137}Cs 'nin çoğunun membran ve hücre duvarı fraksiyonlarında dağıldığı görülmektedir (Dragović 2004). Ancak, ağır metal birikimi için pleurokarp karayosunların kısa vadeli, akrokarp karayosunların ise uzun vadeli birikimi yansıttığı gösterildiğinden, araştırmalarda seçilecek türlere dikkat edilmelidir (Sabovljević vd., 2005).

Kuru ağırlıklarının 10-12 katı su tutabilme kapasitesine sahip olan karayosunları; orman ekosisteminde zeminin daha nemli kalmasını, tohumların çimlenmesini, mineral depo edilmesini, hayvanlara besin kaynağı oluşturulmasını sağlar, aynı zamanda da erozyonu önlemede rol oynamaktadır (Çetin 1988, Ursavaş ve Öztürk 2016).

2.2 Metot

2.2.1 Biyoindikatör özellikler

Doğal yaşam ortamlarını olumsuz etkileyen etmenlere karşı, canlı organizmalar uyarıcı olarak yanıt verir ve bu özelliklerin incelenmesinde ve izlenmesinde biyoindikatör türler kullanılarak biyolojik çalışmalar yapılmaktadır (Ellenberg 1991).

Canlı organizmalardaki kirlenmelerin belirlenmesi çalışmalarında ("biyomonitöring" veya "biyoindikasyon"), görüntüleyici organizmalar ve araştırma kapsamındaki unsurlar belirli özellikleri içermelidir. Organizmanın bolluğu, geniş coğrafi dağılımı, kolay tanımlanması ve örneklenmesi, mevsimsel değişikliklerin etkilemediği, her daim çalışılabilirliği biyoindikatör grupların ortak özelliklerindedir.

Bir bölgedeki her bir biyoindikatör organizma bireyi, o bölgedeki kirlenmelere eşit düzeyde maruz kalmamaktadır. İklim koşulları, kirlenme birikimi ve hareket düzeyini etkileyerek farklı alanların kıyaslanması için net sonuçlar sunmamaktadır (Freitas vd. 1999).

Biyomonitöring, biyoindikatör organizmada biriken elementlerin niteliğini, birikimini, kökenini, yerel ya da bölgeselliğini inceleme yöntemidir. Diğer yöntemlere oranla daha pratik ve ucuz olmasının yanı sıra verisel anlamda daha etkin ve daha geniş alanların izlenmesini sağlayabildiği için yaygınlaşan bir yöntemdir (Freitas vd. 1999).

2.2.2 Radyoaktivite ve radyasyon

Periyodik cetvelde proton sayısı 83' ten büyük olan elementler kararsız bir yapıya sahiptirler ve içerdikleri fazla enerjiden dolayı daha küçük atomlara parçalanırlar. Bu parçalanma kendiliğinden olabildiği gibi başka elementlerin enerjisi ile de olabilmektedir. Parçalanma esnasında çekirdekten parçalar ayrılır ve bu olaya radyoaktif parçalanma denir. Çekirdekten enerji yayılması ile de radyasyon oluşur (Görür 2006).

Yeryüzündeki tüm canlılar yaşam süreci boyunca hem doğal (%87'si yer kabuğundaki ²³²Th, ²³⁸U ve bunların bozunma ürünleri ve doğal radyonüklid olan ⁴⁰K) hem de yapay radyasyona maruz kalmaktadır (UNSCEAR 2000). 1895'e kadar doğal radyasyon, ardından X-ışınlarının keşfi ile geliştirilen teknolojiler sebebiyle insanlar yapay radyasyona da maruz kalmaya başlamıştır. Nükleer santral kazaları, silah denemeleri ile oluşan radyoaktif serpintiler birçok ülke halkının kontaminasyonuna sebep olabilmektedir. İyonlaştırıcı radyasyonla ışınlanan kişilerde hasar oranı ciddi boyutlara ulaşabilmekte ve bu radyasyon düzeyi ancak dedektörlerle algılanabildiğinden farklı dedeksiyon sistemlerinin geliştirilmesi önemlidir (Knoll, 2000).

Doğal elementlerden çok sayıda yapay olarak radyoaktif izotop üretilmiştir (⁹⁰Sr, ¹³⁷Cs ve ¹³¹I). Radyoaktif maddedeki dönüşüm hızı olan aktivitenin birimi "becquerel", sembolü "Bq", bir becquerel saniyede bir dönüşüme denk gelir (TAEK 2009). ¹³⁷Cs (Sezyum-137) nükleer faaliyetler sonucunda oluşmuş bir fisyon ürünüdür. Yarı ömrünün uzun oluşu ve topraktaki dikey ilerleyişinin yavaş oluşu bitkiler üzerinde yapılan çalışmalarda yaygın olarak kullanılmasını sağlamaktadır (Belivermiş 2009).

2.2.3 Örnek toplama ve analiz yöntemlerinin uygulanması

Doğal radyoaktivitenin ve fisyon ürünlerinin belirlenebilmesi için yapılması planlanan çalışmalarda öncelikle amaca uygun örnekleme bölgeleri seçilmekte, ardından örneklerin toplanması uygun analiz yöntemlerinin uygulanması süreci gelişmektedir. Çevresel kontaminasyonun kaynağı saptanarak, bölgenin durumu, mevsim şartlarına göre örnek toplama ve dedeksiyon işlemine hazırlık yapılmalıdır (TAEK 2009).

Toprağa yakın yükseklikten alınan karayosunlarındaki radyonüklidlerin aktivite oranının düşük çıkması beklendiğinden, ağaçların üst kısımlarından örnek alınmalıdır. Substrat çeşidinin radyonüklidin birikimindeki rolünün

önemli olmadığı düşünülmektedir (Dragović vd. 2004). Arazi çalışma alanının belirlenmesinin ardından doğal ve yapay radyonüklidlerin izlenme amacına yönelik örnekler her zaman bulunabilmeli ve bütünü yansıtacak şekilde seçilmelidir (TAEK 2009).

2.2.4 Gama spektrometrik yöntem

Gama spektrometresi radyoaktivite ölçümünün en hassas, en hızlı ve en pratik yöntemlerindedir. Germanyum dedektörleri, düşük seviyeli aktivite (birkaç Bq/kg) ölçümlerinde dahi uygulanabilmektedir. Doğal fon (background) radyasyonu yersel ve kozmik radyasyon bileşenlerinden oluşmaktadır (Knoll 2000). ⁴⁰K, ²³⁸U, ²³²Th ve ²³⁵U doğal radyasyonun temel kaynaklarıdır. Dedeksiyon sisteminin kalibre edilmesi, ilgilenilen radyonüklidlerin minimum dedekte edilebilir aktivitelerinin her bir radyonüklid için belirlenmesinin ardından örneğin radyonüklid aktivitesi nicel olarak değerlendirilebilir (Knoll 2000). Gama spektrometresinde örnekler için herhangi bir ön hazırlık yapılmazken, numuneler çeşitli ölçüm kaplarında, kurşun zırlı odacıklı sayım geometrisinde, sayım veriminin artırılabilmesi için yakın konumda sayılmalıdır. Sayım süresi, örneğin aktivitesine, ölçüm sistemindeki doğal düzey sayımına, ilgilenilen radyonüklide bağlıdır.

¹³⁷Cs ve ⁶⁰Co gibi radyoaktif kaynaklarla dedektör sisteminin kalibrasyonunun kontrolü düzenli olarak yapılmalıdır (ANSI 1978). Radyasyonun enerjisiyle biriken yükler ön yükseltgeçte voltaj sinyaline, oradan yükseltgeçte sinyalleri yükselterek enerjinin ayrılmasını, şekillendirilen sinyal ADC (analog dijital çevirici)'ye gelir ve sayısal sisteme, MCA (çok kanallı analizör)'de ise sinyaller dijital hale dönüşür. MCA'da her kanalın karşılık geldiği bir enerji bulunmakta ve sinyal birikimleriyle de pik oluşmaktadır, bu pikler monitörde spektrum olarak izlenir (Knoll 2000).

3. Bulgular

Karayosunu örnekleri kullanılarak radyonüklid düzeylerinin ölçümünün yapıldığı çalışmalara örnek verilecek olursa;

Türkiye'de Çernobil sonrasında liken ve karayosunları ile yapılan biyomonitöring çalışmalarında öncelikle; ağaç ve kayalardan, yerden en az 1,5 m yüksekten ve yakın büyüklükteki örneklerin alınmasıyla toplanan karayosunu ve likenler laboratuvarında deiyonize suyla yıkandıktan sonra etüvde (max. 85°C) kurutulmuş HPGe dedektörlü gama spektrometresinde radyoaktivite analizleri yapılmıştır. Çernobil sonrasında Türk Atom

Enerjisi Kurumu tarafından yapılan çalışmaya ait kitap 2006 yılında yayımlanmıştır. Kitaptaki verilere göre; 1992'de karayosunu örnekleri üzerinde yapılan ölçümlerde ^{134}Cs ve ^{137}Cs derişimi sırasıyla 930Bq/kg ve 19320 Bq/kg olarak Fındıklı'da saptanmıştır. Rize bölgesi 1992 yılı ölçümlerinde en düşük radyoaktivite Kendirli istasyonunda 60Bq/kg ^{134}Cs ve 1330 Bq/kg ^{137}Cs olarak ölçülmüştür. 1996'da Kars ve Iğdır'dan toplanan örneklerde en yüksek ^{137}Cs radyoaktivitesi 292Bq/kg ile Akçalar' da saptanmıştır. 1999'da Emendere karayosunlarında 49,6Bq/kg ^{137}Cs radyoaktivite derişimi bulunmuştur. 2000 yılı Trakya karayosunlarında yapılan çalışmada ^{137}Cs miktarı ise 49Bq/kg olarak bulunmuştur (TAEK 2006).

Finlandiya'daki karayosunlarında 1986 yılında (Ilus vd. 1987) ^{137}Cs radyonüklid konsantrasyonları 28000 Bq/kg iken, Bavyera'da 12370,0 Bq/kg, Münih'te 30000,0 Bq/kg'dır (Elstner vd. 1987, Heinzl vd. 1988). Çernobil Nükleer Santral kazasının 1,5 yıl sonrasında karayosunu ve likenlerdeki yüksek ^{137}Cs aktivitesinin yüksekliği, yarı ömrünün biyoindikatörlerde daha uzun olduğunu ifade etmesi, bu canlıların radyonüklidleri yakalamaları ve bünyelerinde tutma özelliklerinden kaynaklanır (Papastefanou vd. 1989).

Karayosunları ve likenlerle Batı ve Doğu Karadeniz Bölgesi'ndeki bazı ağaçların yüzeylerinde 1990-1993 yılları arasında karayosunu ve 1987-1992 yılları arasında liken türleriyle ^{137}Cs konsantrasyonlarının yarı ömürlerinin tahmini üzerine çalışmalar yapılmıştır. *Leucodon immersus* Schwagrichen karayosunu için yarı ömrün 10,9 ay, *Xanthoria parietina* (L.) Th. Fr. likeni için ise yarı ömrün 58,6 ay olduğu tahmin edilmektedir (Topçuoğlu vd. 1995).

Ordu İli'nden toplanan liken ve karayosunu numuneleri HpGe dedektörü kullanılarak ölçülmüştür. Ordu'dan toplanan liken örneklerinin ^{134}Cs ve ^{137}Cs aktivite ölçümlerinde göre doğu kesiminden batıya doğru radyasyon düzeylerinde kirleticilerin kayda değer etkisi olduğu görülmüştür (Saka 1997).

Doğu Anadolu Bölgesi'nde, germanyum dedektör sistemiyle, toprak üzerindeki karayosunu ve liken biyoindikatörleriyle ^{134}Cs , ^{137}Cs , ^{238}U , ^{232}Th , ^{40}K aktiviteleri bulunmuştur. Aynı bölgeden su örnekleri alınarak toplam beta aktivite ölçümü de yapılmıştır. Bölge yakınındaki Medzamor Nükleer Santrali'nden kaynaklı radyoaktif kontaminasyon olmadığı yapılan ölçümlerle belirlenmiştir (Topçuoğlu vd. 2003a).

İzmit Körfezi'nde 2006 (Aralık ayı) ve 2007 (Mart) arasında 7 farklı istasyondan 16 (toprak, liken, karayosunu) örnek toplanmıştır. Yüzey toprağının (0-20 cm) ^{137}Cs aktivite düzeyinin değerleri $1,41\pm 0,17$ Bq/kg (Kartepe) ve $27,6\pm 1,4$ Bq/kg (Bahçecik)'dir. Topraktan transfer faktörü karayosununda $0,26\pm 0,12$ Bq/kg ve $148,3\pm 26,7$ Bq/kg, likende ise $0,12\pm 0,07$ Bq/kg ve $2,83\pm 0,46$ Bq/kg'dır (Erdurmuş 2007).

Yavaş büyüme ile karakterize edilen karayosunları, çevreden gelen farklı radyonüklidleri diğer bitki örtüsünden çok daha yüksek derecede verimli bir şekilde biriktirebilmektedir. Sonuç olarak, karayosunları çeşitli ekosistemlerdeki radyoaktif kirlenmenin hassas biyogöstergelerindedir. Fukuşima Dai-ichi nükleer santralindeki kazadan sonra havaya salınan radyoaktivite, atmosferik süreçlerin ve biyosferdeki madde taşınımının bir parçası haline gelmiştir. (Marović vd. 2008).

Doğu Karadeniz Bölgesi'nde karayosunu, liken ve toprak numuneleri toplanarak germanyum dedektöründe analizleri yapılmıştır. Likenlerde ^{137}Cs aktivitesi 29-879 Bq/kg iken ekolojik yarı ömrü ise 1,36-2,96 yıl aralığında değişmektedir. Karayosunlarında ^{137}Cs spesifik aktivitesi 67-396 Bq/kg, toprakta ise 27-775 Bq/kg arasında değişen değerler almaktadır (Celik vd. 2009). Atmosferik radyonüklidlerin tespitinde, Trakya'da ağaç kabuklarının kullanılabilirliği için inceleme yapılarak ^{137}Cs , ^{238}U , ^{232}Th ve ^{40}K aktivite konsantrasyonları ölçülmüştür.

^{137}Cs 'nin ortalama aktiviteleri karayosunu, liken ve toprakta sırasıyla 2,22 Bq/kg, 1,47 Bq/kg ve 32,7 Bq/kg'dır. Meşe ağacında ^{232}Th aktivitesi 0,89 Bq/kg, ^{238}U aktivitesi 0,84 Bq/kg, çam ağacında ise ^{232}Th aktivitesi 4,03 Bq/kg, ^{238}U aktivitesi 8,68 Bq/kg'dır. Karayosunu ve liken biyoindikatörleri için meşe ve çam ağacı kabuklarının tutunma ortamının yararlı bir substrat oluşturduğu gözlemlenmiştir (Belivermiş vd. 2010).

2011'de Muğla (Yatağan), Soma (Manisa), Seyitömer, Tunçbilek (Kütahya)'ten karayosunu ve liken türleri toplanarak ^{210}Po ve ^{210}Pb ölçümleri yapılmıştır. Bu çalışmanın diğer çalışmalardan farkı mesafe ile kontaminasyon arasındaki ilişkinin gözlemlenmesidir. Yatağan Termik Santrali'nin 7 km uzağında yapılan analizlerde ^{210}Po ve ^{210}Pb düzeylerinin artışı gözlemlenmiştir (Sert vd. 2011).

1986'daki Çernobil kazasından sonra örnekleme alanındaki radyoaktif kirlenmenin boyutunu gözlemlenmenin bir yolu olarak Slovakya ve Beyaz

Rusya'dan alınan karayosunu örneklerinde ¹³⁷Cs ve ²¹⁰Pb'yi incelemiştir (Aleksiayenak vd. 2013). Gümüşhane'de yapılan çalışmalarda doğal ve yapay radyoaktivite düzeylerini belirlemek için karayosunu ve toprak numuneleri HPGe dedektör sisteminde analiz edilmiştir.

¹³⁷Cs aktivitesi bazı numunelerde MDA'nın altında hesaplanmıştır. ¹³⁷Cs oranı Gümüşhane yakınındaki şehirler (Artvin, Rize ve Trabzon) ile kıyaslandığında daha düşük aktivite oranındadır (Kaya vd. 2015). Karayosunu ve liken örneklerindeki ²¹⁰Po, ²³⁴U ve ²³⁸U aktiviteleri Alfa spektrometrik yöntem ile belirlenmiştir. Polonya'nın Sobieszewo Adası'nda karayosunu ve liken örnekleri toplanmıştır. ²³⁸U ve ²¹⁰Po aktivite düzeyleri tallus çeşidine göre değişmektedir (Boryło vd. 2017).

Batı Arktikte karayosunu ve liken örnekleri toplanarak ve ⁹⁰Sr, ^{134,137}Cs, ^{230,232}Th, ^{234,238}U, ²³⁹⁺²⁴⁰Pu ve ²⁴¹Am'i değerlendirmiştir (Cwanek vd. 2019).

4. Tartışma ve Sonuç

Çernobil Nükleer Santral Kazasından önce yapılan çevresel radyoaktivite çalışmalarının yeterli sayıda olmaması ve referans alınabilecek background seviyelerinin bilinmemesi araştırmacıları farklı bölgelere yönlendirmektedir. Background seviyesinin referans olmasının yanı sıra radyoaktif kontaminasyonun ardından karayosunu, liken vd. biyoindikatör türlerle belirli periyotlarda yapılacak analizler çevresel radyoaktivite çalışmaları için iyi bir kaynak veri oluşturur (Gürsü 2020). Ekolojik etkiye neden olan bu kazalarda, organizmaların konsantrasyon etme mekanizmaları sonucunda, yüksek miktarda radyoaktif çekirdekleri biriktirmesi söz konusudur. Bu etkinin büyüklüğü ve önemi ise, ekosistemin tipine bağlı olarak değişmektedir.

Çernobil Nükleer Santrali Kazası'ndan sonra dünyanın çeşitli bölgelerinde ve ülke çapında bazı kritik bölgelerde olmak üzere radyoaktif kirliliğin tespiti için çalışmalar yapılmıştır.

Karayosunu türlerine göre analiz edilen radyonüklidlerin aktivite konsantrasyonları değişmektedir, Çernobil kazasından sonra bölgelerin homojen olmayan bir şekilde kontamine olması, aynı türe ait örneklerin farklı lokasyonlardan toplanması, aynı türün örnekleri arasında olduğu gibi aynı karayosunundaki radyoazyum konsantrasyonlarının farklılığı yapılan çalışmalarla belirlenmiştir. Yavaş büyümeleri ile karakterize edilen karayosunları, çevreden gelen farklı radyonüklidleri diğer bitki örtüsünden çok daha yüksek derecede verimli bir

şekilde biriktirebilmektedir. Sonuç olarak, karayosunları çeşitli ekosistemlerdeki radyoaktif kirlenmenin hassas biyogöstergelerindedir.

Sanayi ve teknolojinin ürettiği kimyevi atıkların sebep olduğu çevresel kirlilik seviyeleri şiddetlenerek artmaktadır. Bu nedenle atmosferik kaynaklı element düzeyleri biyoindikatör organizmalar kullanılarak saptanmaya devam edilmeli ve düzenli olarak kirlilik ölçümleri yapılmalıdır. Radyoaktif kirliliğin giderek artmasının başlıca nedenleri; madencilik faaliyetleri, kaynak olarak fosil yakıtların tercih edildiği termik santraller, baz istasyonları ve nükleer santrallerdir. Radyoaktif kirliliği arttıran Çernobil ve Fukuşima'da meydana gelen santral faciaları yüksek dozda radyasyonun yıkıcı etkisini göz önüne sermiştir. Radyoaktif kirlilik küresel ısınmaya neden olmakta ve kozmojenik radyasyonun yeryüzüne inmesini arttırmaktadır. Sonuç olarak; bilim, sanayi ve teknolojinin gelişmesinin beraberinde oluşan çevre kirliliğinin kaynağı insanoğludur ve yine zararı kendine olan bu süreci önleyip çözüme kavuşturacak da kendisidir. Biyoindikatör olarak karayosunları bu konudaki çalışmalarda kullanılabilir bir bitkisel materyal olarak karşımıza çıkmaktadır.

Kaynaklar

- Aleksiayenak Y.V. Frontasyeva M.V. Florek M. Sykora I. Holy K. Masarik J. Brestakova L. Jeskovsky M. Steinnes E. Faanhof A. Ramathlape, K.I. 2013. Distributions of ¹³⁷Cs and ²¹⁰Pb in moss collected from Belarus and Slovakia. J. Environ. Radioact. 117: 19–24.
- ANSI. 1978. American National Standards Institute, Calibration and Usage of Germanium detectors for Measurement of Gamma-ray Emission Rates of Radionuclides, Rep. N42.14, ANSI, New York.
- Belivermiş M. Kılıç Ö. Çotuk Y. Topçuoğlu S. 2009. Trakya Bölgesi'nde Doğal ve Yapay Radyonüklitlerin Biyoindikatör Organizmalarla İzlenmesi, X. Ulusal Nükleer Bilimler ve Teknolojileri Kongresi, 6-9 Ekim, İstanbul Üniversitesi Fen Fakültesi Biyoloji Bölümü, 187-194.
- Belivermiş M. Kılıç O. Çotuk Y. Topçuoğlu S. Kalaycı G. Peştereli D. 2010. The usability of tree barks as long term biomonitors of atmospheric radionuclide deposition, Applied Radiation and Isotopes. 68: 2433–2437.
- Boryło A. Romańczyk G. Skwarzec B. 2017. Lichens and mosses as polonium and uranium biomonitors on Sobieszewo Island.

- Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry, 311:1.
- Brown D.H. R.M. Brown. 1990. Reproducibility of sampling for element analysis using bryophytes. In: Element Concentration Cadasters in Ecosystems (Eds. H. Lieth and B. Markert). 55–62. VCH Publishers, Weinheim.
- Celik N. Cevik U. Celik A. Koz B. 2009. Natural and artificial radioactivity measurements in Eastern Black Sea region of Turkey, Journal of Hazardous Materials, 162: 146-153.
- Cwanek A. Mietelski J.W. Okas E. Olech M.A. Misiak R. 2019. Sources and variation of isotopic ratio of airborne radionuclides in Western Arctic lichens and mosses. J. Chemosphere. 239: 124783.
- Çetin B. 1988. Dilek Yarımadası Milli Parkı Karayosunları (Musci). (I). Doğa Türk Botanik Dergisi, 12:3, 207–214.
- Dragović S. Nedić O. Stanković S. G. Bačić. 2004. Radiocesium accumulation in mosses from highlands of Serbia and Montenegro: chemical and physiological aspects. J. Environ. Radioact., 77: 381–388.
- Ellenberg H. Arndt U. Bretthauer R. Ruthsatz B. Steubing L. 1991. Biological Monitoring; Signals from the Environment, Friaedr, Vieureg and Sohn Verlagsgesellschaft mbtt, Braunschweig; pp. 318.
- Elstner E.F. Fink R. Höll W. Lengfelder E. H. Ziegler. 1987. Natural and Chernobyl-caused radioactivity in mushrooms, mosses and soil-samples of defined biotops in SW Bavaria. Oecologia. 73: 553-558.
- Erdurmuş B. 2007. İzmit Körfezi'nde ^{137}Cs ve ^{210}Po radyonüklidlerinin seviyelerini ve ürünlere topraktan transfer faktörlerini saptamak. Yüksek Lisans Tezi, Kocaeli Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Fizik Anabilim Dalı, Kocaeli.
- Frahm J.P. 1998. Moose Als Bioindikatoren; Quelle & Meyer: Wiesbaden, Germany, 187.
- Freitas M.C. Reis M.A. Alves L.C. Wolterbeek, H.T. 1999. Distribution in Portugal of Some Pollutans in Lichen *Parmelia Sulcata*. Environmental Pollution, 106:2, 229-235.
- Glime J.M. 2013. Bryophyte Ecology. Ebook sponsored by Michigan Technological University and the International Association of Bryologists.
- Görür Ş. 2006. Çevresel Radyoaktivite ile Bu Çevrede Yaşayanlara Ait Diş Örneklerindeki Radyoaktivite Arasındaki İlişkinin Araştırılması. Yüksek Lisans Tezi, Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Fizik Anabilim Dalı, Adana.
- Gürsü G. 2020. Ankara İli'nin Radyoaktif Kirliliğinin Liken Türleriyle Biyoizlenmesi. Doktora Tezi, Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Biyoloji Anabilim Dalı, Ankara.
- Harmens H. Norris, D.A. Steinnes E. Kubin E. Piispanen J. Alber R. Aleksiyenak Y. 2010. Mosses as biomonitors of atmospheric heavy metal deposition: spatial patterns and temporal trends in Europe. J. Environ. Pollut. 158: 3144–3156.
- Heinzl J. Korschinek G. E. Nolte. 1988. Some measurement on Chernobyl, Phys. Scr., 37, 314-316.
- Ilus E. Sjöblom K.L. Aaltonen H. Klemola S. H. Arvela. 1987. Monitoring of radioactivity in the environs of Finnish Nuclear power stations in 1986: Supplement 12 to annual report STUK-A55. Report No. STUK-A67.
- Kaya S. Karabıdak S.M. Çevik U. 2015. Gümüşhane İli Çevresinde Toplanan Toprak ve Karayosunu Örneklerinde Doğal (^{226}Ra , ^{232}Th ve ^{40}K) ve Yapay (^{137}Cs) Radyoaktivite Konsantrasyonlarının Belirlenmesi. GÜFBED/GUSTIJ, 5:1, 24-33.
- Knoll F.G. 2000. Radiation Detection and Measurement Third Edition. Wiley, 816, New York.
- Krmar M. Radnović D. Mihailović D.T. Lalić B. Slivka J.A. Bikit. 2009. Temporal variations of ^7Be , ^{210}Pb and ^{137}Cs in moss samples over 14 month period. Appl. Radiat. Isot. 67: 1139-1147.
- Kryshch I.I. Sazykina T. Beresford N.A. 2005. Effects on Wildlife. In Chernobyl: Catastrophe and Consequences, 1st ed.; Smith, J.T. Beresford, N.A., Eds.; Springer: Berlin, Germany. 267–287.
- Manning W.J. Feder W.A. 1980. Biomonitoring air pollutants with plants. Applied Science Publishers, London.
- Marović G. Franić Z. Sencar J. Bituh T.O. Vugrinec. 2008. Mosses and some mushroom species as bioindicators of radiocaesium contamination and risk assessment. Coll Antropol. 32: 109-14.
- Martin M.H. Coughtrey P.J. 1982. Biological monitoring of heavy metal pollution. Applied Science Publishers, London.
- Papastefanou C. Manolopoulou M. Sawidis T. 1989. Lichens and mosses: Biological monitors of radioactive fallout from the Chernobyl reactor accident. J. Environ. Radioact. 9: 199–207.

- Puckett K.J. 1988. Bryophytes and lichens as monitors of metal deposition, in T.H. III Nash and V. Wirth (eds.), *Lichens, Bryophytes and Air Quality*, Bibliotheca Lichenologica 30, Cramer, Berlin, pp. 231-267.
- Sabovljević M. Vukojević V. Mihajlović N. Dražić, G. Ž. Vučinić. 2005. Determination of heavy metal deposition in the county of Obrenovac (Serbia) using mosses as bioindicators. I: Aluminum (Al), arsenic (As) and boron (B). *Arch. Biol. Sci.* 57: 205-212.
- Saka A.Z. Çevik U. Bacaksız E. Kopya A.İ. Tıraşoğlu E. 1997. Levels of cesium radionuclides in lichens and mosses from the province of Ordu in the Eastern Black Sea area of Turkey. *Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry*, 222:1-2, 87-92.
- Saračević L. Kljajić R. Mihajl A.Z. Milošević. 1989. Komparativni prikaz nivoa radioaktivnosti lišaja i mahovine u lovištima BiH prije i poslije havarije u Černobilju. XV Jugoslovenski simpozijum za zaštitu od zračenja, Priština, 3-6.
- Schmidt B. Kegler F. Steinhäuser G. Chyževskiy I. Dubchak S. Ivesic C. Koller Peroutka, M. Laarouchi A. Adlassnig, W. 2023. Uptake of Radionuclides by Bryophytes in the Chernobyl Exclusion Zone. *Toxics* 2023, 11: 218.
- Sert E. Uğur A. Özden B. Sa. M.M. Camgöz B. 2011. Biomonitoring of ^{210}Po and ^{210}Pb using lichens and mosses around coal-fired power plants in Western Turkey. *Journal of Environmental Radioactivity*, June 2011 102:6, 535-542.
- Smidt S. Bauer H. Fürst A. Jandl R. Mutsch F. Seidel C. Zechmeister H. 2011. Schwermetalle und Radionuklide in Österreichischen Waldökosystemen. *Austrian J. For. Sci.* 28: 251-278.
- Stainnes E. 1995. A critical evaluation of the use of naturally growing moss to monitor the deposition of atmospheric metals. *Sci. Total Environ.* 160: 243-249.
- Stemans P. Lepot K. Marshall C.P. Javaux E.I. 2010. FTIR characterisation of the chemical composition of Silurian cryptospores from Gotland, Sweden. *Review of Paleobotany and Palynology*.
- TAEK. 2006. Türkiye’ de Çernobil Sonrası Radyasyon ve Radyoaktivite Ölçümleri 6: 89-90.
- TAEK. 2009. Radyasyon, İnsan ve Çevre 3-12.
- Taylor F.G. Whitherspoon J.P. 1972. Retention of simulated fall out particles by lichens and mosses. *Health Physics.* 23: 867-869.
- Tyler G. 1990. Bryophytes and heavy metals: a literature review. *Bot. J. Linn. Soc.*, 104: 231-253.
- Topçuoğlu S. Van Dawen A.M. Güngör N. 1995. The Natural Depuration Rate of ^{137}Cs Radionuclides in a Lichen and Moss Species. *J. Environ. Radioactivity*, 29:2, 157-162.
- Topçuoğlu S. Karahan G. Güngör N. Kırbasoğlu Ç. 2003a. Natural and artificial radioactivity in Emendere thermal spring area in Western Anatolia. *Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry*, 256:3: 395- 398.
- UNSCEAR. 2000. Report on Sources and Effects of Ionizing Radiation to the General Assembly (2 Volumes), United Nations, Vienna.
- Ursavaş S. Öztürk E. 2016. Çankırı Karatekin Üniversitesi, Orman Fakültesi Araştırma ve Uygulama Ormanında Ölü Ağaçlar Üzerinde Tespit Edilen Karayosunları. *Anatolian Bryology.* 6: 1-27.
- Wolterbeek B. 2002. Biomonitoring of trace element air pollution: principles, possibilities and perspectives. *Environ. Pollut.* 120: 11-21.
- Wattanavatee K. Krmar M. Bhongsuwan T. 2017. A survey of natural terrestrial and airborne radionuclides in moss samples from the peninsular Thailand. *J. Environ. Radioact.* 177: 113-127.
- Wells J.M. D.H. Brown. 1990. Ionic control of intracellular and extracellular Cd uptake by the moss *Rhytidiadelphus squarrosus* (Hedw.) Warnst.
- Wittig R. 1993. General aspects of biomonitoring heavy metals by plants, In: *Plants as biomonitors: Indicators for heavy metals in the terrestrial environment*. Markert, B. (ed), VCH, pp. 3-27, Weinheim.

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 ν 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 Kizildağ (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/IPCN> [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, mikroskopik 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 fikirlendir.
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%) kullanılmalıdır. 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) Ochyra'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 (virgöl) 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 virgöl 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 Kızıldağ (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/IPCN> [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 yapılabilirdir.

Şekil çizilebilen hangi programı kullanılıyorsanız kullanın farklı kaydet seçeneği kullanarak *.ai veya *.pdf şeklinde kaydedilmesi gerekir. Eğer kullandığınız program farklı kaydet seçeneği yoksa şekil kopyalanıp düzeltilebilir 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, serhaturavas@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. **Updated Checklist of Turkish Bryophyte Vegetation**
Güncellenen Türkiye briyofit vejetasyonu kontrol listesi
Mevlüt ALATAŞ, Tülay EZER, Hüseyin ERATA, Nevzat BATAN
11. **Antioxidant, Antimicrobial and Some Chemical Composition of *Plagiochila asplenioides* (L.) Dumort Extract**
Plagiochila asplenioides (L.) Dumort Ekstraktlarının Antioksidan, Antimikrobiyal ve Bazı Kimyasal Bileşimi
Onur Tolga OKAN
20. **An Important Record for the Moss Flora of Türkiye from Cappadocia (*Sciuro-hypnum glaciale* (Schimp.) Ignatov & Huttunen)**
*Kapadokya'dan Türkiye Karayosunu Florası İçin Önemli Bir Kayıt (*Sciuro-hypnum glaciale* (Schimp.) Ignatov & Huttunen)*
Kara RECEP, Hatice TAŞPINAR, Seda SERİN
24. **Notes on Epiphytic Bryophyte Community *Orthotrichetum pumili* in Urban Area**
*Kentsel Alandaki Epifitik Briyofit Birliği *Orthotrichetum pumili* Üzerine Notlar*
Mevlüt ALATAŞ, Tülay EZER, Hüseyin ERATA, Nevzat BATAN
31. **Gomeda Valley (Cappadocia/Nevşehir) Epilitic Bryophyte Vegetation**
Gomeda Vadisi (Kapadokya/Nevşehir) Epilitik Briyofit Vejetasyon
Recep KARA
42. **Antimicrobial and Antioxidant Activities of Some Mosses**
Bazı Karayosunlarının Antimikrobiyal ve Antioksidan Aktiviteleri
Recep KARA

Review Article / Derleme Makaleleri

50. **Using Mosses as Bioindicators in Environmental Radioactivity Studies**
Çevresel Radyoaktivite Çalışmalarında Biyoindikatör Olarak Karayosunları'nın Kullanılması
Gamze GÜRSU, Nevin TAŞALTIN