



ÇANKIRI KARATEKİN UNIVERSITY



Cilt / Volume: 10

Sayı / Number: 2

Kasım / November: 2024

e- ISSN: 2458-8474 Online

ANATOLIAN BRYOLOGY

Kapak fotoğrafi / Cover photo

1. *Grimmia laevigata*
2. Soganli Valley (Kayseri)
3. *Anthoceros caucasicus*
4. *Pterygoneurum ovatum*

by Dr. Recep KARA
by Dr. Recep KARA
by Dr. Güray UYAR
by Dr. Tülay EZER

ÇANKIRI KARATEKİN UNIVERSITY
ÇANKIRI KARATEKİN ÜNİVERSİTESİ



ANATOLIAN BRYOLOGY
ANADOLU BRİYOLOJİ DERGİSİ



Cilt / Volume: 10

Sayı / Number: 2

Kasım / November 2024

e-ISSN: 2458-8474

ÇANKIRI 2024

ANATOLIAN BRYOLOGY		
Cilt / Volume: 10	Sayı / Number: 2	Kasım / November 2024
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, Fen Fakültesi Binası, Uluyazı Kampüsü, Orman Fakültesi, Orman Mühendisliği Bölümü, 18100, Çankırı / TÜRKİYE Tel.: +90 376 212 27 57 / 3261; Faks: +90 376 213 6983 E-posta: serhatursavas@gmail.com, anatolianbryology@gmail.com İnternet sitesi = Website: https://dergipark.org.tr/tr/pub/anatolianbryology		
Editör = Editor-in Chief Dr. Serhat URSAVAŞ	Yardımcı Editor = Associate Editor Dr. Tamer KEÇELİ	Alan Editörü = Section Editor Dr. Muhammet ÖREN (Marchantiophyta) Dr. Nevzat BATAN (Bryophyta)
Yayın Kurulu = Editorial Board		
Dr. Bernard GOFFINET Dr. Gökhan ABAY Dr. Güray UYAR Dr. Joan SİLVA Dr. Rayna NATCHEVA Dr. Ryszard OCHYRA Dr. Turan ÖZDEMİR Dr. William R. BUCK	University of Connecticut University of Recep Tayyip Erdoğan Ankara Hacı Bayram Veli University State University of Paraíba Bulgarian Academy of Sciences Polish Academy of Sciences Karadeniz Teknik University New York Botanical Garden	USA TÜRKİYE TÜRKİYE BRAZIL BULGARIA POLAND TÜRKİYE USA
Dil Editörü = Language Editor Dr. Okan ÜRKER Dr. Üstüner BİRBEN Sekretarya = Secretary Research Assistant: Simge ÇİZGEN		

ANATOLIAN BRYOLOGY		
Danışma Kurulu = Advisory Board		
Dr. Adnan ERDAĞ	Adnan Menderes Üniversitesi	TÜRKİYE
Dr. Barbaros ÇETİN	Dokuz Eylül Üniversitesi	TÜRKİYE
Dr. Bernard GOFFINET	University of Connecticut	USA
Dr. Gökhan ABAY	Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi	TÜRKİYE
Dr. Güray UYAR	Ankara Hacı Bayram Veli Üniversitesi	TÜRKİYE
Dr. Hatice ÖZENOĞLU	Adnan Menderes Üniversitesi	TÜRKİYE
Dr. İsa GÖKLER	Dokuz Eylül Üniversitesi	TÜRKİYE
Dr. Joan SİLVA	State University of Paraíba	BRAZIL
Dr. Mesut KIRMACI	Adnan Menderes Üniversitesi	TÜRKİYE
Dr. Mevlüt ALATAŞ	Munzur Üniversitesi	TÜRKİYE
Dr. Muhammet ÖREN	Zonguldak Bülent Ecevit Üniversitesi	TÜRKİYE
Dr. Nevzat BATAN	Karadeniz Teknik Üniversitesi	TÜRKİYE
Dr. Rayna NATCHEVA	Bulgarian Academy of Sciences	BULGARIA
Dr. Recep KARA	Nevşehir Hacı Bektaş Veli Üniversitesi	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. Tamer KEÇELİ	Çankırı Karatekin Üniversitesi	TÜRKİYE
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/anatolianbryology adresinden ulaşabilirsiniz.</p> <p>© 2024</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>© 2024</p>		

Contents = İçindekiler

Research Article / Araştırma Makalesi

- 67. Investigating Seasonal Variation in The Phytochemical and Antioxidant Capacities of Different *Sphagnum* Taxa**
Farklı Sphagnum Türlerinin Fitokimyasal ve Antioksidan Kapasitelerindeki Mevsimsel Değişimin İncelenmesi
Tülay AŞKIN ÇELİK, Özlem Sultan ASLANTÜRK, Gözde ASLAN, Mesut KIRMACI
- 79. A Study on Bryophytes of Gülderen Waterfall (Hayrat, Trabzon)**
Gülderen Şelalesi (Hayrat, Trabzon) Briyofitleri Üzerine Bir Araştırma
Edanur AYHAN, Nevzat BATAN, Zeynep Gizem YILMAZ
- 89. Antidiabetic Effect of *Cinclidotus pachylomoides* Bizot (Bryophyta) Extract**
Cinclidotus pachylomoides Bizot (Bryophyta) Ekstraktının Antidiyabetik Etkisi
Ulaş DEĞİRMENÇİ, Tülay EZER
- 95. Liverwort (Marchantiophyta) and Hornwort (Anthocerotophyta) Flora of Yenice District (Çanakkale): New Floristic Findings from the Northern Part of Mount Ida (Kaz Dağı)**
Yenice İlçesi (Çanakkale) Ciğerotları (Marchantiophyta) ve Boynuzotları (Anthocerotophyta) Florası: Kaz Dağının Kuzey Bölümünden Yeni Floristik Bulgular
Özcan ŞİMŞEK
- 110. The Investigation of Comparative Spore Morphologies of Acrocarpous and Pleurocarpous Two Mosses (Bryophyta)**
Akrokarp ve Pleurokarp İki Karayosunun (Bryophyta) Karşılaştırmalı Spor Morfolojilerinin İncelenmesi
Züleyha ASLAN ERGENEKON, Elif AY, Tülay EZER
- 120. Bryophyte Flora of Karçal Mountains (Artvin, Türkiye)**
Karçal Dağları Briyofit Florası (Artvin, Türkiye)
Nevzat BATAN, Hüseyin ERATA, Mevlüt ALATAŞ, Tülay EZER, Osman ÖZCAN, Nurtaç TAŞCI
- 152. Bioactive Compounds and Antioxidant Capacities of *Mnium hornum* and *Mnium lycopodioides***
Mnium hornum ve Mnium lycopodioides Türlerinin Biyoaktif Bileşikleri ve Antioksidan Kapasiteleri
Yeliz ÇAKIR SAHİLLİ, Mevlüt ALATAŞ
- 158. Rediscovering Harmankaya: A Critical Habitat for Bryophyte Biodiversity in Zonguldak, Türkiye**
Harmankaya'yı Yeniden Keşfetmek: Zonguldak, Türkiye'de Briyofit Biyoçeşitliliği İçin Kritik Bir Habitat
Ayşe Dilek UNAN, Selin BAY, Nisanur TÜRE, Muhammet ÖREN
- 169. Determination of Antioxidant Activity and Biochemical Content of *Homalothecium philippeanum* (Spruce) Schimp.**
Homalothecium philippeanum (Spruce) Schimp.'in Antioksidan Aktivitesinin ve Biyokimyasal İçeriğinin Belirlenmesi
Selime Deniz BOZKURT, Dilay TURU, Gizem GÜL, Cenker YAMAN, Atakan BENEK, Kerem CANLI
- 179. Environmental and Topographical Factors Influencing Moss Distribution in Semi-Arid Regions: A Study of Çankırı-Eldivan Mountain**
Yarı Kurak Bölgelerde Karayosunu Varlığını Etkileyen Çevresel ve Topoğrafik Değişkenler: Çankırı-Eldivan Dağı Örneği
Serhat URSAVAŞ, Semih EDİŞ

ABSTRACTED / INDEXED / ARCHIVED

Thomson Reuters/Clarivate Analytics (Biological Abstracts and BIOSIS Previews), EBSCO, TR Dizin, Türkiye Atıf Dizini, CrossRef, Google Scholar, SOBIAD, OJOP (Online Journal Platform and Indexing Association)

HAKEMLER = REVIEWERS

Dr. Ahmet UYGUR	Aksaray (TÜRKİYE)
Dr. Ergin Murat ALTUNER	Kastamonu (TÜRKİYE)
Dr. Ebru GÜL	Çankırı (TÜRKİYE)
Dr. Hüseyin ERATA	Gümüşhane (TÜRKİYE)
Dr. Özcan ŞİMŞEK	Çanakkale (TÜRKİYE)
Dr. Mesut KIRMACI	Aydın (TÜRKİYE)
Dr. Mevlüt ALATAŞ	Elazığ (TÜRKİYE)
Dr. Muhammet ÖREN	Zonguldak (TÜRKİYE)
Dr. Nevzat BATAN	Trabzon (TÜRKİYE)
Dr. Recep KARA	Nevşehir (TÜRKİYE)
Dr. Tamer KEÇELİ	Çankırı (TÜRKİYE)
Dr. Talip ÇETER	Kastamonu (TÜRKİYE)
Dr. Tülay EZER	Niğde (TÜRKİYE)
Dr. Yasin HAZER	Zonguldak (TÜRKİYE)
Dr. Tayyibe Beyza YÜCEL	Giresun (TÜRKİYE)
Dr. Soner ÇAKAR	Zonguldak (TÜRKİYE)
Dr. Joan Bruno SİLVA	Paraíba (BRAZIL)
Dr. Kerem CANLI	İzmir (TÜRKİYE)
Dr. Merih AKKAPULU	Mersin (TÜRKİYE)
Dr. Ali Osman ADIGÜZEL	Samsun (TÜRKİYE)
Dr. Adnan ERDAĞ	Aydın (TÜRKİYE)



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

DOI: 10.26672/anatolianbryology.1521625

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



Investigating Seasonal Variation in The Phytochemical and Antioxidant Capacities of Different *Sphagnum* Taxa

Tülay AŞKIN ÇELİK¹ , Özlem Sultan ASLANTÜRK¹ , Gözde ASLAN² , Mesut KIRMACI¹ 

¹Aydın Adnan Menderes University, Faculty of Science, Department of Biology, Aydın, TÜRKİYE

²Aydın Adnan Menderes University, Buharkent Vocational School, Department of Chemistry and Chemical Processing Technologies, Aydın, TÜRKİYE

Received: 24 July 2024

Revised: 17 September 2024

Accepted: 08 October 2024

Abstract

This study investigated the phytochemical content and antioxidant activities of four *Sphagnum* taxa (*S. centrale*, *S. palustre*, *S. teres* and *S. auriculatum*) collected from the Black Sea region of Turkey during two different seasons. The phytochemical groups in the methanol extracts of *Sphagnum* taxa were identified using qualitative screening methods. The total phenol content of these taxa was quantitatively determined using Folin-ciocalteu reagent with gallic acid equivalents as the standard their antioxidant activities were evaluated by 1,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl free radical scavenging ability (DPPH), the CUPRAC test, and phosphomolybdenum assay. Qualitative phytochemical screening of the methanol extracts showed that phenols, tannins, and saponins were present in the extracts, whereas alkaloids and flavonoids were absent. The highest DPPH free radical scavenging activity was observed in 100 µg mL⁻¹ *S. teres* methanol extract (74.47±0.001% in the first season, September 2021 and 75.37±0.002% in the second season, May 2022). The highest total antioxidant capacity was found in 100 µg mL⁻¹ *S. palustre* extract (81.00±0.027% in the first season and 84.87±0.002% in the second season). The results of our experiment showed that *Sphagnum* taxa collected in spring had higher antioxidant activity than those collected in autumn.

Keywords: Antioxidants, biological activity, bryophytes, seasonal changes, secondary metabolites

Farklı *Sphagnum* Türlerinin Fitokimyasal ve Antioksidan Kapasitelerindeki Mevsimsel Değişimin İncelenmesi

Öz

Bu çalışmada, Türkiye'nin Karadeniz bölgesinden iki farklı mevsimde toplanan dört *Sphagnum* taksonunun (*S. centrale*, *S. palustre*, *S. teres* ve *S. auriculatum*) fitokimyasal içeriği ve antioksidan aktiviteleri araştırılmıştır. *Sphagnum* taksonlarının metanol ekstraktlarındaki fitokimyasal gruplar kalitatif tarama yöntemleri kullanılarak tanımlanmıştır. Bu taksonların toplam fenol içeriği, standart olarak gallik asit eşdeğerleri ile Folin-ciocalteu reaktifi kullanılarak kantitatif olarak belirlenmiş, antioksidan aktiviteleri 1,2-difenil-1-pikrilhidrazil serbest radikal süpürme yeteneği (DPPH), CUPRAC testi ve fosfomolibden deneyi ile değerlendirilmiştir. Metanol ekstraktlarının kalitatif fitokimyasal taraması, ekstraktlarda fenollerin, tanenlerin ve saponinlerin bulunduğunu, alkaloidlerin ve flavonoidlerin ise bulunmadığını göstermiştir. En yüksek DPPH serbest radikal süpürme aktivitesi 100 µg mL⁻¹ *S. teres* metanol ekstraktında gözlenmiştir (ilk sezon olan Eylül 2021'de %74,47±0,001 ve ikinci sezon olan Mayıs 2022'de %75,37±0,002). En yüksek toplam antioksidan kapasite 100 µg mL⁻¹ *S. palustre* ekstresinde tespit edilmiştir (ilk sezonda %81,00±0,027 ve ikinci sezonda %84,87±0,002). Deneyimizin sonuçları, ilkbaharda toplanan *Sphagnum* taksonlarının sonbaharda toplananlara göre daha yüksek antioksidan aktiviteye sahip olduğunu göstermiştir.

Anahtar kelimeler: Antioksidan, biyolojik aktivite, briyofit, mevsimsel değişimler, sekonder metabolitler

* Corresponding author: celik@adu.edu.tr

To cite this article: Aşkın Çelik T., Aslantürk Ö.S., Aslan G., Kırmacı M. 2024. Investigating Seasonal Variation in The Phytochemical and Antioxidant Capacities of Different *Sphagnum* Taxa. *Anatolian Bryology*. 10:2, 67-78.



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

1. Introduction

Since ancient times, plants have been used as remedies for a wide range of human ailments. Bioactive substances derived from plants are of profound interest in contemporary medicine due to their absence of adverse side effects and lower costs than synthetic drugs. Accordingly, traditional medicinal plants are currently the focus of medical research. Therefore, exploring the biological properties of plants and their metabolites that exhibit therapeutic effects is crucial. Previous studies have shown that bryophytes, having an almost global distribution represented by approximately 20,000-25,000 taxa worldwide, constitute the second largest group of plant biodiversity (Crum, 2001; Patiño and Vanderpoorten, 2018). According to a study conducted by Kürschner and Erdağ (2023), Turkish bryophytes are represented by ±1287 taxa (±1054 mosses, ±229 liverworts, and ±4 hornworts) (Kürschner and Erdağ, 2024; Ellis et al., 2024; Batan et al., 2024a, b). They, particularly those of the genus *Sphagnum*, play a crucial role in aquatic ecosystems, forming the main component of peat, commonly known as peat mosses. In Türkiye, marshes created by *Sphagnum* are scarce and located solely in the Northeastern region of the country (Northeastern Black Sea Region) (Kırmacı et al., 2019). There are 30 taxa belonging to the genus *Sphagnum*, which are naturally distributed in Türkiye. These taxa are classified into seven sections (*Sphagnum*, *Acutifolia*, *Squarrosa*, *Subsecunda*, *Cuspidata*, *Rigida* and *Hemitheca*) (Kırmacı et al., 2022; Özen-Öztürk et al., 2023).

Recently, there has been increasing interest in the chemical structure of bryophytes due to the identification of biologically active compounds that have significant biological potential (Krzaczkowski et al., 2009; Üçüncü et al., 2010; Fu et al., 2012; Cheng et al., 2012; Asakawa and Ludwiczuk, 2013). Extracts from bryophytes could constitute a significant source of new pharmaceutically active compounds (Asakawa, 2007; Klavina et al., 2018; Türker and Türkyılmaz Ünal, 2020). Mosses contain terpenoids as well as derivatives of benzoic, cinnamic, and phthalic acid coumarins and nitrogen-containing aromatic compounds that are structurally similar to those in vascular plants (Asakawa and Ludwiczuk, 2013). The various secondary metabolites in mosses play adaptive roles in their tissues. Investigating the structure of these compounds is crucial because it can offer insights into how mosses respond to environmental variations, including drought and humidity and it can provide protection from oxidative stress caused by pollution. Additionally, these studies reveal the functional roles of key

substances involved in moss metabolism and help in understanding the mechanisms underlying secondary metabolite metabolism (Goffinet and Shaw, 2008; Xie and Lou, 2009). Several studies have explored the impact of seasonal variations in the phytochemical content, antioxidant activity and chemical element accumulation of select mosses belonging to the *Sphagnum* genus (Peters et al., 2018; Çelik et al., 2023).

Sphagnum taxa exhibit a variety of physical and structural properties that help them adapt to environmental stress. In addition, it is known to produce a wide range of biochemicals that could potentially protect cells from stress-induced damage. Bryophyta taxa have antibacterial, antifungal, antiviral, antioxidant, insecticidal, cytotoxic and antitumor effects (Cheng et al., 2013; Onbasli and Yuvali, 2021; Yücel and Erata, 2021). However, the relationships between the anatomical, morphological, and biochemical characteristics of *Sphagnum* (i.e. metabolites, pigments, and antioxidant enzymes) and their responses to changes in the environment are not yet fully understood.

It is thought that there may be changes in the phytochemical content and antioxidant activities of mosses collected in different seasons. To confirm this hypothesis, this preliminary study aimed to investigate how change the phytochemical contents and antioxidant activities of different *Sphagnum* taxa collected from the Black Sea region of Türkiye in different seasons were collected in two seasons (September 2021 and late May 2022). To conduct this study, four different *Sphagnum* taxa (*Sphagnum centrale* C.E. O. Jensen, *S. palustre* L., *S. auriculatum* Schimp., and *S. rubellum* Wilson) were collected in two seasons (Autumn, September 2021; Spring, Late May 2022). Methanolic extracts were obtained from the aforementioned taxa and the seasonal fluctuations in phytochemically active compounds were identified by screening methods. The antioxidant activity of the extracts was also evaluated by 1,1-diphenyl-2-picryl-hydrazyl radical (DPPH), CUPRAC, and phosphomolybdenum assays.

2. Materials and methods

2.1. Chemicals

1,1-diphenyl-2-picryl-hydrazyl radical (DPPH), ascorbic acid, and methanol were purchased from Sigma, Chem., Germany, and CUPRAC assay kit was purchased from BQC (Bioquochem) Redox Technologies, Asturias, Spain.

2.2. Collection Localities

The *Sphagnum* samples were collected from the following localities in two different seasons (Autumn, September 2021; Spring, Late May 2022) and identified by Prof. Dr. Mesut Kırmacı.

S. palustre: Trabzon, Sürmene, Çamburnu Üzeri, 280 m., N 40° 53' 58,2" E 40° 12' 27,2"

S. auriculatum, *S. rubellum*: Rize, Kavrun Yaylası, 2050 m; N 40° 53' 49,8" E 41° 07' 48,4"

S. centrale: Trabzon, Barma Yaylası, 1860 m; N 40° 42' 11,2" E 40° 08' 57,7"

The fresh *Sphagnum* samples were collected from the above mentioned localities in autumn (September 2021) and spring (Late May 2022). The sphagnum samples were brought to the laboratory as soon as possible for phytochemical analysis and antioxidant activity determination, identified to taxa (using the relevant flora books and revisions) (Kırmacı et al., 2017), labelled, and stored in paper bags. Samples were deposited in the herbarium of Aydın Adnan Menderes University (AYDN).

2.3. Preparation of methanol extracts from *Sphagnum* taxa

15 g powdered dried mosses (*S. centrale*, *S. palustre*, *S. teres*, *S. auriculatum*, *S. rubellum*) were extracted with 500 mL methanol at room temperature for 24-48 h. After filtration, the extracts were evaporated. Once the solvent evaporated, the crude extract remained at the bottom of the jar. Thereafter, the percentage yields for the extracts were calculated using the formula below:

$$EY \% = \left[\frac{\text{Extract weight (g)}}{\text{Dry sample weight (g)}} \right] \times 100$$

The crude extracts were kept at +4°C until the experimental studies.

2.4. Phytochemical screening

We carried out phytochemical screening of extracts using standard qualitative protocols adapted from other studies. Sufficient amounts of dried extracts were dissolved in their respective solvents. We performed phytochemical analyses according to Ravishankara (2002) and Dominguez (1973). Details of the tests are described below (Ravishankara et al., 2002; Dominguez, 1973):

2.4.1. Detection of phenols

The prepared methanol extracts were dropped onto a filter paper. A drop of phosphomolybdic acid reagent was added to the drops and exposed to ammonia vapor. The blue color of the stains indicates the presence of phenols in the extract.

2.4.2. Detection of tannins

A 10% alcoholic solution of ferric chloride was added to 2-3 mL of the methanolic extract. Dark blue or greenish grey color of the solution indicates the presence of tannins in the extracts.

2.4.3. Detection of alkaloids

A small drop of precoat from the prepared methanol extract was dropped onto the TLC plate and then the plate was splattered with Dragendorff's reagent. The orange color shows alkaloids.

2.4.4. Detection of flavonoids

A piece of magnesium strip and 1 mL of concentrated hydrochloric acid were added to a test tube containing 2-3 mL of methanol extract. A pink-red or red color of the solution indicates the presence of flavonoids in the extract.

2.4.5. Detection of saponins

In a test tube containing 10 mg of the extracts were mixed with 1 mL of distilled hot water was added. The test tube is then vigorously shaken for 30 s. The appearance of a froth layer indicates saponins (triterpene glycosides). The observed results are recorded as negative if no froth forms, and positive for froth.

2.5. Folin-Ciocalteu test for the determination of total phenolic content

The total phenolic content was spectrophotometrically analyzed using the Folin-Ciocalteu colorimetric method. (Singleton et al., 1999). 100 and 300 µL of properly diluted extract solutions were mixed with 1mL of FC reagent. The reagent was pre-diluted, 10 times, with distilled water. After standing for 3 minutes at room temperature, 3 mL of (2% w/v) sodium carbonate solution was added. The solutions were mixed and allowed to stand for 2h at room temperature. Then, the absorbance was measured at 760 nm, using a UV spectrophotometer (Shimadzu PharmaSpec UV1700, Japan). A calibration curve was prepared, using a standard solution of gallic acid (20, 40, 60, 80, and 100 mg mL⁻¹). It expressed the results as mg gallic acid per 100 gr dry mosses.

2.6. Determination of antioxidant activity

2.6.1. DPPH Free-Radical scavenging assay

The antioxidant activity of the extracts was measured by using 1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl (DPPH) as a free radical model (Brand-Williams et al., 1995). This test is based on the change in purple color of the DPPH solution to yellow by antioxidant molecules, because of the scavenging of stable free DPPH radicals, which from purple to yellow measured at 517 nm (Blois, 1958). A

stronger yellow color shows a greater ability of the extract to scavenge free DPPH radicals and stronger antioxidant potential. One mL of 0.1 mM methanol solution of DPPH was added into 3 ml samples 5, 10, 20, 40, 60, 80, and 100 $\mu\text{g mL}^{-1}$ concentrations of methanol extracts or standards. The solution was mixed vigorously and left to stand at room temperature for 30 minutes in the dark. The mixture was measured spectrophotometrically at 518 nm. Using a microplate reader (Elisa Reader, Biotek Co, USA) the absorbance of the mixture was measured spectrophotometrically at $\lambda = 517$ nm. 10 and 50 $\mu\text{g mL}^{-1}$ ascorbic acid was used as a positive control. We calculated the antioxidant activity as below:

$$\text{DPPH Scavenging capacity (\%)} = [(A_0 - A_1)/A_0] \times 100$$

Where A_0 was the absorbance of the control and A_1 was the absorbance in the presence of the methanol extracts. We compared the actual decrease in absorption induced by the test with the positive controls. The analysis was performed in three replicates, and all data was reported as means \pm standard deviations.

2.6.2. Phosphomolybdenum Assay for the Determination of Total Antioxidant Capacity

The total antioxidant capacity (TAC) assay of samples was carried out by the phosphomolybdenum assay (Ghafoor and Choi, 2009). A 0.1 mL aliquot of the extract (10, 20, 40, 60, 80, and 100 $\mu\text{g mL}^{-1}$) solution was shaken with 1 mL of reagent solution (0.6 M sulfuric acid, 28 mM sodium phosphate, and 4 mM ammonium molybdate). The test tubes were covered with aluminum foil and incubated in a water bath at 95 °C for 90 minutes. After the samples were cooled, the absorbances were measured at 765 nm. 10 and 50 $\mu\text{g mL}^{-1}$ ascorbic acid was used as standard. All experiments were performed in triplicate. The total antioxidant capacity (TAC) of the extracts was estimated using the following formula:

$$\text{TAC (\%)} = [(\text{Abs. of control} - \text{Abs. of sample}) / (\text{Abs. of control})] \times 100$$

2.6.3. CUPRAC Spectrophotometric Assay for the Determination of Total Antioxidant Capacity

The antioxidant capacity of the *Sphagnum* methanol extracts was calculated by utilizing the reduction ability of the copper(II)-neocuproin complex (Cu(II)-Nc) formed by 2,9-dimethyl-1,10-phenanthroline (Neocuproin-Nc) with Cu(II) to the copper(I)-neocuproin [Cu(I)-Nc] chelate, which gives maximum absorbance at 450 nm (Apak et al., 2007). A total of 40 μL of the diluted

extracts was added to 200 μL of the previously prepared working solution. Trolox was used as a standard in experiments. The mixture was incubated at room temperature for 30 min, and the absorbance was measured at 450 nm using a plate reader (Elisa Reader, Biotek Co, USA). The results were expressed as mM Trolox equivalents (TE mM).

2.7. Statistical Analysis

The results of the antioxidant screening were subjected to statistical analysis using SPSS 25 for Windows, IBM Corporation, New York, NY, USA. The results were expressed as mean \pm SD and analyzed by One-Way ANOVA (Analysis of Variance) and a p-value was obtained. A significant difference was defined as $p \leq 0.05$.

3. Findings

3.1. Extraction amounts and extraction yield

The amounts of *Sphagnum* extract from the samples were measured in grams. The details of the extraction yield for each sample are given in Table 1. The extraction quantity obtained from *Sphagnum* samples collected in the first season varied between 0.4644 g and 1.0581 g and the extraction efficiency was calculated between 3.096% and 7.054%. The extraction quantity obtained from *Sphagnum* samples collected in the second season varied between 0.5013 g and 0.7640 g and the extraction efficiency was calculated between 3.342% and 5.093%. When both seasons were compared, the extraction quantities and extraction efficiency % obtained in the first season were found to be higher than the second season.

3.2. Phytochemical screening

Qualitative phytochemical screening results of methanol extracts indicated that phenols, tannins, and saponin components were present in the methanol extracts. During the first season, phenols were detected in only two of the four *Sphagnum* taxa (*S. auriculatum* and *S. rubellum*). In contrast, all samples collected in the second season were found to contain phenols (Table 2). In both seasons, tannins were found only in the methanol extract of *S. centrale*. *S. palustre* methanol extract contained tannins only in the first season, and tannins were not detected in the second season. Again, saponins were only found in the methanol extract of *S. centrale* in the first season, whereas saponins were not detected in the other three samples. The alkaloids and flavonoids were not detected in the methanol extracts of all *Sphagnum* samples used in the trials in both seasons (Table 2).

Table 1. Extraction yield of methanol extracts obtained from several taxa within the *Sphagnum* spp.

Taxa	Dry Sample Weight (g)	Extract Quantity (g)		Extraction Efficiency (%)	
		Season I	Season II	Season I	Season II
<i>S. centrale</i>	15	0.4644	0.7640*	3.096	5.093*
<i>S. palustre</i>	15	1.0581*	0.7279	7.054*	4.853
<i>S. auriculatum</i>	15	0.6996	0.5298	4.664	3.532
<i>S. rubellum</i>	15	0.8424*	0.5013	5.616*	3.342

* $p < 0.05$ Season I: September 2021; Season II: Late May 2022Table 2. Phytochemical screening of different *Sphagnum* taxa methanol extracts

Taxa	Phenols		Tannins		Saponins		Alkaloids		Flavonoids	
	S I	S II	S I	S II	S I	S II	S I	S II	S I	S II
<i>S. centrale</i>	+	+	+	+	+	-	-	-	-	-
<i>S. palustre</i>	+	+	+	-	+	-	-	-	-	-
<i>S. teres</i>	+	+	-	-	+	+	-	-	-	-
<i>S. auriculatum</i>	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-

Season: S; (+) present; (-) absent; Season I: September 2021; Season II: Late May 2022

Table 3. Total phenolic content in milligrams of gallic acid equivalents per gram of methanol extract of *Sphagnum* taxa

Taxa	mg GAE/g of extract \pm SD	
	Season I	Season II
<i>S. centrale</i>	55.83 \pm 0.72	69.17 \pm 2.45*
<i>S. palustre</i>	51.25 \pm 3.31	55.00 \pm 1.25
<i>S. auriculatum</i>	55.42 \pm 6.17	67.50 \pm 7.60*
<i>S. rubellum</i>	57.50 \pm 3.75	63.75 \pm 4.48

* $p < 0.05$ Each value is the average of three analyses \pm standard deviation Season I: September 2021; Season II: Late May 2022

3.3. Folin-Ciocalteu assay of total phenolic content

The quantification of total phenolic compounds (TPC) in methanol extracts was achieved using Folin-Ciocalteu reagent and expressed in gallic acid equivalents. Table 3 displays the TPC of the *Sphagnum* specimens

The mg GA/g extract of the *Sphagnum* specimens collected during the second season presented a greater TPC than did those collected during the first season. During the first season, the TPC in the collected samples ranged from 51.25 to 57.50 mg GAE/g. However, in the second season, the content ranged between 55.00 and 69.17 mg GAE/g. The second season samples of *S. centrale* (69.17 mg GAE/g) and *S. auriculatum* (67.50 mg GAE/g) had the highest total phenolic content.

3.4. Antioxidant activity

3.4.1. DPPH scavenging activity

The DPPH scavenging assay relies on the conversion of the DPPH solution from purple to yellow which is triggered by antioxidant molecules. These molecules effectively scavenged

purple to yellow free radicals, which are stable DPPH radicals, as measured at 517 nm (Blois, 1958). A greater yellow color intensity signifies stronger scavenging of free DPPH radicals, indicating greater antioxidant potential in the extract. The DPPH scavenging activity of ascorbic acid ($10 \mu\text{g mL}^{-1}$ and $50 \mu\text{g mL}^{-1}$), used as the standard in the experiment, yielded a remarkable outcome (Table 4). Table 4 displays the antioxidant activity of methanol extracts prepared from *Sphagnum* taxa collected in two seasons at varying concentrations (10 - $100 \mu\text{g mL}^{-1}$). The results demonstrated that the methanol extract from selected *Sphagnum* taxa collected in both seasons exhibited a DPPH scavenging activity of more than 50% at all the tested concentrations. Additionally, there was an increase in DPPH scavenging ability with increasing extract concentration.

Table 4. DPPH radical scavenging activity results of four Sphagnum taxa methanol extract and ascorbic acid (%) with mean \pm SD

Taxa	Concentrations	DPPH Scavenging Activity(% \pm SD) Season I (% \pm SD) Season I	DPPH Scavenging Activity (% \pm SD) Season II	Total Antioxidant Capacity (% \pm SD) Season I	Total Antioxidant Capacity (% \pm SD) Season II
Ascorbic acid	10 μ g mL ⁻¹	81.56 \pm 0.001*	81.63 \pm 0.007*	36.16 \pm 0.013	36.10 \pm 0.003
	50 μ g mL ⁻¹	82.79 \pm 0.001*	82.83 \pm 0.002*	97.98 \pm 0.008*	98.02 \pm 0.018*
<i>S. centrale</i>	10 μ g mL ⁻¹	59.43 \pm 0.003*	59.56 \pm 0.003*	9.04 \pm 0.005	9.57 \pm 0.027
	20 μ g mL ⁻¹	62.70 \pm 0.002*	61.29 \pm 0.011*	11.86 \pm 0.016	12.13 \pm 0.024
	40 μ g mL ⁻¹	63.52 \pm 0.015*	64.20 \pm 0.002*	24.86 \pm 0.012	24.13 \pm 0.055
	60 μ g mL ⁻¹	63.93 \pm 0.001*	65.00 \pm 0.003*	30.51 \pm 0.014	30.19 \pm 0.004
	80 μ g mL ⁻¹	65.98 \pm 0.008*	66.38 \pm 0.007*	34.46 \pm 0.021	37.52 \pm 0.002
	100 μ g mL ⁻¹	67.62 \pm 0.006*	67.47 \pm 0.005*	36.71 \pm 0.008	42.55 \pm 0.006
<i>S. palustre</i>	10 μ g mL ⁻¹	66.80 \pm 0.009*	68.92 \pm 0.001*	33.89 \pm 0.011	34.64 \pm 0.003
	20 μ g mL ⁻¹	67.21 \pm 0.003*	70.82 \pm 0.002*	43.50 \pm 0.018	46.91 \pm 0.008
	40 μ g mL ⁻¹	68.03 \pm 0.002*	74.01 \pm 0.003*	54.01 \pm 0.028*	55.66 \pm 0.003*
	60 μ g mL ⁻¹	68.95 \pm 0.006*	74.19 \pm 0.006*	65.31 \pm 0.032*	66.40 \pm 0.007*
	80 μ g mL ⁻¹	67.21 \pm 0.003*	74.83 \pm 0.004*	78.31 \pm 0.030*	78.47 \pm 0.002*
	100 μ g mL ⁻¹	65.98 \pm 0.005*	75.10 \pm 0.003*	81.00 \pm 0.027*	84.87 \pm 0.002*
<i>S. auriculatum</i>	10 μ g mL ⁻¹	63.82 \pm 0.003*	62.74 \pm 0.002*	12.75 \pm 0.004	13.05 \pm 0.006
	20 μ g mL ⁻¹	64.26 \pm 0.003*	64.83 \pm 0.005*	19.89 \pm 0.007	20.42 \pm 0.014
	40 μ g mL ⁻¹	65.11 \pm 0.001*	66.21 \pm 0.012*	38.93 \pm 0.021	40.00 \pm 0.015
	60 μ g mL ⁻¹	67.66 \pm 0.001*	67.93 \pm 0.002*	53.69 \pm 0.009*	55.53 \pm 0.005*
	80 μ g mL ⁻¹	68.94 \pm 0.002*	70.20 \pm 0.003*	59.73 \pm 0.010*	63.86 \pm 0.006*
	100 μ g mL ⁻¹	69.36 \pm 0.004*	72.48 \pm 0.015*	60.40 \pm 0.006*	65.26 \pm 0.009*
<i>S. rubellum</i>	10 μ g mL ⁻¹	58.55 \pm 0.006*	59.11 \pm 0.005*	17.82 \pm 0.007	19.53 \pm 0.012
	20 μ g mL ⁻¹	63.68 \pm 0.001*	63.38 \pm 0.003*	31.78 \pm 0.003	31.58 \pm 0.005
	40 μ g mL ⁻¹	64.10 \pm 0.004*	65.93 \pm 0.007*	31.78 \pm 0.003	32.42 \pm 0.008
	60 μ g mL ⁻¹	65.81 \pm 0.003*	66.84 \pm 0.004*	36.43 \pm 0.002	40.00 \pm 0.003
	80 μ g mL ⁻¹	68.80 \pm 0.005*	70.21 \pm 0.012*	46.51 \pm 0.005	50.53 \pm 0.013
	100 μ g mL ⁻¹	72.22 \pm 0.001*	74.39 \pm 0.005*	48.06 \pm 0.003	52.26 \pm 0.002*

* $p < 0.05$ Each value is the average of three analyses \pm standard deviation, Season I: September 2021; Season II: Late May 2022

The DPPH radical scavenging activities of the extracts from the *Sphagnum* taxa collected during the second season were greater than those of the *Sphagnum* samples collected during the first season. Even though the antioxidant activities exceeded 50% at all concentrations tested, the methanol extracts of the *Sphagnum* samples collected in both seasons were somewhat lower than those of ascorbic acid. When the DPPH scavenging activities and total antioxidant capacities of the methanol extracts of mosses were compared, the highest activity was observed in the *S. palustre* methanol extract in both seasons (Table 4).

3.4.2. Phosphomolybdenum assay of total antioxidant capacity

Table 4 shows the total antioxidant capacity (TAC) results obtained by the phosphomolybdenum assay. The results indicated an increase in TAC with increasing concentration and the highest TAC value was found for the *S. palustre* methanol extract at $100\mu\text{g mL}^{-1}$ concentration. The TAC value exceeded 50% ($p < 0.05$), with TAC values of 81.00% in the first season (September 2021) and 84.87% in the second season (late May 2022). The TAC of the samples collected during the second season was slightly higher than that in the first season. Ascorbic acid was utilized as the standard antioxidant for this study and the TAC of the samples in both seasons was measured at a concentration of $10\mu\text{g mL}^{-1}$ 36.16% in the first season, which declined insignificantly to 36.10% in the later season. Nonetheless, the TAC value significantly increased to 97.98% in the first season and 98.02% in the second season upon the increase in the concentration to $50\mu\text{g mL}^{-1}$.

3.4.3. CUPRAC spectrophotometric assay of total antioxidant capacity

The total antioxidant capacity of methanol extracts obtained from selected *Sphagnum* samples was determined by CUPRAC assay. The CUPRAC assay revealed lower antioxidant activity in methanol extracts obtained from *Sphagnum* samples collected in both seasons than in those obtained from the Trolox standard. The analysis outcomes were calculated and listed in Table 5 as mMTR/g. The second season *Sphagnum* samples showed a slight increase in antioxidant activity compared to the first season samples, but this increase was very slight compared to the Trolox standard.

Table 5. Total antioxidant capacity of methanol extracts of selected *Sphagnum* taxa

Taxa	CUPRAC value (mM TR/g)	
	Season I	Season II
Trolox (Standard)	1,000	1,000
<i>S. centrale</i>	0.0002	0.0036
<i>S. palustre</i>	0.0005	0.0023
<i>S. airuculatum</i>	0.0005	0.0016
<i>S. rubellum</i>	0.0006	0.0020

Season I: September 2021; Season II: Late May 2022

4. Results and Discussion

Mosses have been used in traditional medicine for centuries. Studies have shown that mosses extracts and phenolic compounds with antioxidant activity can be used in various fields to reduce oxidative damage. The genus *Sphagnum* is a source of many bioactive compounds. The content of the plant varies depending on the season, location of the research material, and plant taxa (Ramussen et al., 1995). It includes polysaccharides, amino acids, carotenoids, fatty acids, triterpenes, and sterols, as well as phenolic compounds like phenolic acids and flavonoids (Zych et al., 2023). *Sphagnum* taxa produce and can secrete different primary and secondary metabolites in their environment that play a role in their physiology, ecology, and stress tolerance (Fudyma et al., 2019; Hamard et al., 2019; Sytiuk et al., 2020). Secondary metabolites are typically produced from primary metabolites, which play a direct role in plant growth and metabolism, through various biosynthetic pathways. Secondary metabolites vary due to differences in living conditions, seasonal changes, exposure to water and moisture levels, and various substances derived from the environment. It is known that various primary and secondary metabolites, especially carbohydrates, carotenoids, phenols, proline, flavonoids, and tannins, play an important role in the growth of bryophytes, in increasing photosynthetic efficiency, and in gaining resistance to abiotic stresses, defend against pathogens and provide protection against microbial infections (Xie and Lou, 2009; Basile et al., 1999; Merkuria et al., 2005; Dey and De, 2012). Onbasli and Yuvalı (2021) reported the promising antioxidant, antimicrobial, antigenotoxic and anticancer activities of *Bryum capillare* ethanol extract. Although there are studies on the identification of *Sphagnum* metabolites (Klavina et al., 2018; Fudyma et al., 2019), there are not enough studies investigating the antioxidant activities of these mosses and seasonal differences in their antioxidant activities.

The contents of active compounds in medicinal plants are affected by seasonal changes and the constituents and active compounds of plants according to the seasons. As observed in the studies of Singh et al. (2008) and Jayanthi et al. (2013), secondary compounds are primarily obtained during the seasons when plants reach the highest maturity and concentration. The production of secondary metabolites is strongly influenced by both biotic and abiotic stresses as shown through genetic control (Naghdi et al., 2004). Various factors, such as climate, altitude, precipitation, sunlight duration, rainfall, outdoor temperature fluctuations, and other conditions, can affect the growth of a plant and the quality, physical properties, and chemical composition of its components in a particular species during different seasons. Stress factors often follow a seasonal pattern, causing plants to release secondary metabolites in varying amounts depending on environmental changes. These changes can also impact the therapeutic efficacy of the plant. While numerous studies have been conducted to investigate the harvest time and season of various medicinal plants and their parts (Özyigit, 2008; Soni et al., 2015), only a limited number of studies have explored the chemical and biochemical responses of bryophytes to seasonal changes (Klavina et al., 2018; Thakur and Kapila, 2017; Lunić et al., 2022). For instance, a study on lipid composition in *Sphagnum* mosses demonstrated a distinct seasonal variation in the total lipid content of the moss (Karunen, 1982). Seasonal differences in the secondary metabolites contained in liverwort were found during an investigation of the chemical composition and concentration of specific metabolites in four different liverwort species (Klavina et al., 2018). Another study on different liverwort species showed seasonal differences in total phenolic and flavonoid content, as well as antioxidant and polyphenol oxidase enzymes (Thakur, and Kapila, 2017). Flavonoids constitute an important group of polyphenolic compounds (Chebil et al., 2007; Wang et al., 2017). The flavonoid pathway differs significantly between angiosperms and bryophytes and between each bryophyte group with regard to the classes of flavonoids produced (Kulshrestha et al., 2022). According to some researchers, flavonoid content varies according to seasonal changes. For example, Stefkov et al. (2009) reported that *Teucrium polium* had the highest total flavonoid content between late May and July. The results of our study were similar to previous studies and showed that the phytochemical content and antioxidant capacity of *Sphagnum* taxa collected in two different seasons varied seasonally (Tables 2, 3, 4 and 5). The secondary

compounds increase in summer, probably enabling black moss to cope with abiotic stresses such as high temperatures and drought (Lunić, et al., 2022). However, it has also been reported in the literature that among different bryophytes, most of the protective substances such as polyphenols are found in summer, while in others the concentration of phenolic substances is highest in spring and gradually decreases throughout the (Thakur and Kapila, 2017; Zhang et al., 2020; Perera-Castro et al., 2020). These data suggest that bryophytes respond species-specifically to different seasonal conditions. Furthermore, the assumptions of synergism and antagonism should be considered. According to the results obtained from *H. cupressiforme*, the season with the highest secondary metabolite content was summer (Lunić et al., 2022). All moss samples used in our study were collected from the same location and from the same population. Therefore, variations in the secondary metabolite content in the methanol extract can be attributed to seasonal climatic characteristics such as temperature, precipitation, humidity and/or fluctuations in the duration and intensity of solar radiation.

Antioxidants are a diverse group of compounds that can be natural or synthetic. They play a crucial protective role against the harmful effects of oxidants, and negative effects of free radicals (Smolińska-Kondla et al., 2022). Antioxidant activity is widely regarded as a crucial aspect of bioactivity. The antioxidant defense systems protect the cell, cell membrane and organelles against oxidative damage under unfavorable conditions, thereby increasing its resistance to stress and prolonging the life span of the cell (Castro and Freeman, 2001). The study conducted by Duru et al., (2024) revealed the presence of several compounds with known biological activities that could contribute to antioxidant activity as a result of GC-MS analysis of *Calliergonella cuspidata*. The results of this study showed that the ethanol, methanol, and n-hexane extracts of *C. cuspidata* had similar DPPH radical scavenging ability as the positive control ascorbic acid. In another study in which phytochemical profile, antioxidant, fatty acid and mineral profile of *Polytrichum piliferum* Hedw. were evaluated, it was revealed that *P. piliferum* showed moderate antioxidant activity, total phenolic and flavonoid content (Çakır Sahilli and Alataş, 2024). The experimental findings of our study showed that the methanol extracts of mosses collected in two different seasons had DPPH scavenging activity above the 50% threshold at all concentrations tested (10-100µgmL⁻¹). The highest antioxidant activity was observed in moss during the last May.

The mosses tested showed the highest antioxidant activity in late May, which may be due to the need for increased antioxidant protection in mosses exposed to higher temperatures (Table 4). This is in accordance with the existing literature data, where it can be found that mosses exhibit higher antioxidant enzymatic activity during the summer (Kashyap et al., 2021).

Total antioxidant capacity (TAC) also increased with increasing concentration of methanol extract got from *Sphagnum* taxa (Table 4). It is well known that bryophytes possess strong antioxidative enzymatic machinery that helps them cope with extreme climates and other stresses (Day and De, 2012; Gahtori and Chaturvedi, 2020; Öztürk et al., 2021). The results of our study are similar to studies showing that bryophytes have strong antioxidative enzymatic mechanisms that help them cope with extreme climatic conditions, seasonal changes and other environmental stresses (Day and De, 2012; Gahtori and Chaturvedi, 2020; Öztürk et al., 2021). The higher free radical scavenging and total antioxidant capacity, especially in spring, the second collection season, compared to autumn, suggests that the bryophytes develop and grow in spring and develop protection mechanisms against the air warming. However, this estimate should be supported by comparative studies on different taxa living in different habitats and collected in different seasons.

In the first season, the antioxidant activity of the methanol extracts, analyzed using the CUPRAC assay, was weaker than that of the Trolox standard (Table 5). A slight increase in antioxidant activity was noted in the *Sphagnum* samples collected during the second season compared to those collected during the first season. Thakur and Kapila (2017) stated that, similar to other plants, the antioxidant activity of bryophytes is influenced by various factors, such as altitude, tissue type, and changing seasons. Additionally, the biochemical compounds responsible for antioxidant activity undergo changes in response to these factors, leading to differences in quality and quantity (Peters et al., 2018; Luni'c et al., 2022). According to current studies, bryophytes have a higher secondary metabolite content and antioxidant capacity in summer, which helps them to form biochemical adaptations in response to environmental changes (Luni'c et al., 2022). Due to variations in temperature, precipitation, environmental factors, sunshine length and intensity, and photoperiod, studies on *Sphagnum* taxa have revealed notable seasonal shifts in the phytochemical composition and antioxidant activity in extracts from these species. The results

of our study reveal the antioxidant potential of *Sphagnum* mosses and the importance of seasonal fluctuations on secondary metabolite content and biological activities.

The results of this study showed that the amounts of secondary metabolites in eight different moss methanol extracts varied during different seasons. The highest antioxidant activity was observed in the second season (late May). The phytochemical content, free radical scavenging ability and high antioxidant activity of the methanol extract obtained from *Sphagnum* taxa, phytochemical content and antioxidant capacity were found to be higher in summer, so late May can be suggested as the most suitable collection season for medicinal purposes. The results of our study revealed that *Sphagnum* taxa that can be used as potential antioxidant sources, especially in the pharmaceutical and food industries, require further investigation. Seasonal variation in secondary metabolites and antioxidant activity is significant when using mosses for medicinal and cosmetic purposes.

Declarations

Authors' contributions

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

Funding

This work was supported by the Aydın Adnan Menderes University Scientific Research Foundation (Project No: FEF-21013).

Conflict of interest

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

Ethics approval and consent to participate

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

References

- Apak R. Güçlü K. Demirata B. Özyürek M. Çelik S.E. Bektaşoğlu B. Berker II. Özyurt D. 2007. Comparative evaluation of various total antioxidant capacity assays applied to phenolic compounds with the CUPRAC assay. *Molecules*. 12: 1496-1547.

- Asakawa Y. Ludwiczuk A. 2013. Bryophytes: Liverworts, mosses, and hornworts: Extraction and isolation procedures. *Methods Mol Biol.* 1055, 1-20.
- Asakawa Y. 2007. Biologically active compounds from bryophytes. *Pure Appl Chem.* 79: 557–580.
- Basile A. Giordano S. Lopez-Saez JA. Cobiánchi R.C. 1999. Antibacterial activity of pure flavonoids isolated from mosses. *Phytochemistry.* 52: 1479-1482.
- Blois M.S. 1958. Antioxidant Determinations by the Use of a Stable Free Radical. *Nature*, 181: 1199-1200.
- Brand Williams W. Cuvelier M.E. Berset C. 1995. Use of free radical method to evaluate antioxidant activity. *LWT Food Sci Technol.* 28; 25-30.
- Castro L. Freeman B.A. 2001. Reactive oxygen species in human health and disease. *Nutrition.* 17:2, 161-165.
- Chebil L. Humeau C. Anthoni J. Dehez F. Engaseser J.M. Ghoul M. 2007. Solubility of flavonoids in organic solvents. *J Chem Eng Data.* 52:51, 552-1556.
- Cheng X. Xiao Y. Wang X. Wang P. Li H. Yan H. Liu Q. 2012. Anti-tumor and proapoptotic activity of ethanolic extract and its various fractions from *Polytrichum commune* L. Ex Hedw in L1210 cells. *J Ethnopharmacol.* 143: 49– 56.
- Cheng X. Xiao Y. Wang P. Wang X. Zhou Y. Yan H. Liu Q. 2013. The ethyl acetate fraction of *Polytrichum commune* L. ex Hedw induced cell apoptosis via reactive oxygen species in L1210 cells. *J Ethnopharmacol.* 148:3, 926-933.
- Crum H. 2001. Structural diversity of Bryophytes. Ann Arbor (MI): University of Michigan Herbarium.
- Çakır Sahilli Y. Alataş M. 2024. Antioxidant activity and some chemical composition of *Polytrichum piliferum* Hedw. Extracts. *Anatolian Bryology.* 10:1, 58-66.
- Çelik Aşkın T. Aslantürk Ö.S. Aslan G. Kırmacı M. 2023. Determination of phytochemical content and antioxidant activities of *Sphagnum divinum* Flatberg & K. Hassel and *Sphagnum girgensohnii* Russow (Sphagnopsida). *Anatolian Bryol.* 9:2, 58-69.
- Day A. De J.N. 2012. Antioxidative potential of bryophytes: stress tolerance and commercial perspectives: a review. *Pharmacologia.* 3:6, 151-159.
- Dominguez X.A. 1973. Métodos de investigación Fitoquímica. México (D.F): Limusa. Fu P. Lin S. Shan L. Lu M. Shen Y.H. Tang J. Liu RH. Zhang X. Zhu R.L. Zhang W.D. 2012. Constituents of the moss *Polytrichum commune*. *J Nat. Prod.* 72,1335-1337.
- Duru D. Deniz Bozkurt S. Yaman C. Gül G. Benek A. Canlı K. 2024. Determination of biochemical content and antioxidant activity of *Calliergonella cuspidata* (Hedw.) Loeske. *Anatolian Bryology.* 10:1, 25-33.
- Fu P. Lin S. Shan L. Lu M. Shen YH. Tang J. Liu RH. Zhang X. Zhu RL. Zhang WD. 2012. Constituents of the moss *Polytrichum commune*. *J Nat Prod.* 72,1335-1337.
- Fudyma J.D. Lyon J. Aminitabrizi R. Gieschen H. Chu R.K. Hoyt D.W. Kyle J.E. Toyoda J. Tolic N. Hess N.J. Heyman H.M. Metz T.O. Tfaily M.M. 2019. Untargeted metabolomic profiling of *Sphagnum fallax* reveals novel antimicrobial metabolites. 1-17.
- Gahtori D. Chaturvedi P. 2020. Bryophytes: A Potential Source of Antioxidants. *Intech Open.* doi: 10.5772/intechopen.84587.
- Ghafoor K. Choi Y.H. 2009. Optimization of ultrasound-assisted extraction of phenolic compounds and antioxidants from grape peels through response surface methodology. *J Korean Soc Appl Biol Chem.* 52: 295–300.
- Goffinet B. Shaw A.J. 2008. Bryophyte Biology. Cambridge: Cambridge University Press.
- Hamard S. Robroek B.J.M. Allard P.M. Signarbieux C. Zhou S. Saesong T. de Baaker F. Buttler A. Chiapusio G. Wolfender J.L. Bragazza L. Jassey V.E.J. 2019. Effects of *Sphagnum* leachate on competitive *Sphagnum* microbiome depend on species and time. *Front Microbiol.* 10: 1–17.
- Heinrichs J. Anton H. Gradstein S.R. Mues R. 2000. Systematics of *Plagiochila* Sect. *Glaucoscentes* Carl (Hepaticae) from Topical America: A Morphological and Chemotaxonomical Approach. *Plant Syst Evol.* 220,115-138.
- Jayanthi A. Prakash K.U. Remashree AB. 2013. Seasonal and geographical variations in cellular characters and chemical contents in *Desmodium gangeticum* (L.) D.C. An ayurvedic medicinal plant. *Int J Herb Med.* 1: 34–37.
- Karunen P. 1982. Seasonal changes in lipids of photosynthetically active and senescent parts of *Sphagnum fuscum*. *Lindbergia.* 8: 35-44.
- Kashyap R. Csintalan Z. Veres K. Péli E.R. 2021. Seasonal variation of antioxidant enzymatic responses in the desiccation-tolerant

- bryophyte *Syntrichia ruralis* (Hedw.) Web. & Mohr. *Columella*. *J Agric Environ Sci*. 8: 37-50.
- Kırmacı M. Semiz A. Şen A. 2017. Türkiye Sphagnum L. (Sphagnaceae) Cinsinin Revizyonu. TÜBİTAK 1001 proje bitirme raporu, Proje No: 113Z631.
- Kırmacı M. Filiz F. Çatak U. 2019. Turkish blanket bogs and *Sphagnum* (Bryophyta) diversity of these blanket bogs. *Acta Biol Turc*. 32:4, 211–219.
- Kırmacı M. Çatak U. Filiz F. 2022. Preliminary red list assessment of Turkish *Sphagnum* (Sphagnopsida). *Anatolian Bryol*. 8:1, 1-10.
- Klavina L. Springe G. Steinberga I. Mezaka A. Ievinsh G. 2018. Seasonal changes of chemical composition in boreonemoral moss species. *Environ Exp Biol*. 16: 9-19.
- Krzaczkowski L. Wright M. Rebérioux D. Massiot G. Etiévant C. Gairin JE. 2009. Pharmacological screening of bryophyte extracts that inhibit growth and induce abnormal phenotypes in human HeLa cancer cells. *Fundam Clin Pharmacol*. 23:4, 473-82.
- Kulshrestha S. Jibrán R. Van Klink J.W. Zhou Y. Brummell D.A. Nick W. Albert N.W. Schwinn K.E. Chagné D. Landi M et al. 2022. Stress, senescence, and specialized metabolites in bryophytes. *J Exp Bot*. 73:13, 4396–4411.
- Kürschner H. Erdağ A. 2023. Türkiye Karayosunları Florası- Bryophyte Flora of Türkiye. İstanbul: Hiperyayın.
- Lunić T.M. Mandić M.R. Oalde Pavlović M.M. Sabovljević A.D. Sabovljević M.S. Božić Nedeljković B.Đ. Božić B.Đ. 2022. The influence of seasonality on secondary metabolite profiles and neuroprotective activities of moss *Hypnum cupressiforme* extracts: *In vitro* and *In silico* Study. *Plants*. 11:123, 2-19.
- Merkuria T. Steiner U. Hindorf H. Frahm J.P. Dehne H.W. 2005. Bioactivity of bryophyte extracts against *Botrytis cinerea*, *Alternaria solani* and *Phytophthora infestans*. *J Appl Bot Food Qua*. 79: 89-93.
- Naghdi Badi H. Yazdani D. Mohammad Ali S. Nazari F. 2004. Effects of spacing and harvesting time on herbage yield and quality/quantity of oil in thyme, *Thymus vulgaris* L. *Ind Crops Prod*. 19: 231–236.
- Onbasli D. Yuvali G. 2021. *In vitro* medicinal potentials of *Bryum capillare*, a moss sample, from Turkey. *Saudi J Biol Sci*. 28:1, 478-483.
- Özen-Öztürk Ö. Özdemir T. Batan N. Erata H. 2023. Three *Sphagnum* taxa new to Turkey and South-West Asia *Bot Ser*. 47:1, 47–53.
- Öztürk Ş. Hazer Y. Kaşkatepe B. Ören M. 2021. Determination of total phenol contents, antibacterial and antioxidant activity of some mosses species. *Karaelmas Sci Eng J*. 12:1, 86-92.
- Özyigit II. 2008. Phenolic changes during in vitro organogenesis of cotton (*Gossypium hirsutum* L.) shoot tips. *Afr J Biotechnol*. 7:8, 1145–1150.
- Patiño J. Vanderpoorten A. 2018. Bryophyte biogeography. *Crit Rev Plant Sci*. 37:2-3, 175-209.
- Perera-Castro A.V. Waterman M.J. Turnbull J.D. Ashcroft M.B. McKinley E. Watling J.R. Bramley-Alves J. Casanova-Katny A. Zuniga G. Flexas J. 2020. It is hot in the sun: Antarctic mosses have high temperature optima for photosynthesis despite cold climate. *Front Plant Sci*. 11: 1178.
- Peters K. Gorzolka K. Bruelheide H. Neumann S. 2018. Seasonal variation of secondary metabolites in nine different bryophytes. *Ecol Evol*. 8: 9105-9117.
- Rasmussen S. Wolff C. Rudolph H. 1995. Compartmentalization of phenolic constituents in *Sphagnum*. *Phytochemistry*. 38: 35–39.
- Ravishankara M.N. Neeta S. Harish P. Rajani M. 2002. Evaluation of antioxidant properties root bark of *Hemidesmus indicus* R. Br. (Anantmul). *Phytomedicine*. 9: 153-160.
- Singh H.P. Kaur S. Mittal S. Batish D.R. Kohli R.K. 2008. Phytotoxicity of major constituents of the volatile oil from leaves of *Artemisia scoparia* Waldst. & Kit. *Z Naturforsch C*. 63: 663-666.
- Singleton V.L. Orthofer R. Lamuela Raventós R.M. 1999. Analysis of total phenols and other oxidation substrates and antioxidants by means of Folin-Ciocalteu reagent. *Methods Enzymol* 299: 152-178.
- Smolińska-Kondla D. Zych M. Ramos P. Waclawek S. Stebel A. 2022. Antioxidant potential of various extracts from 5 common European mosses and its correlation with phenolic compounds. *Herba Polonica*. 68:2, 54-68.
- Soni U. Brar S. Gauttam V.K. 2015. Effect of seasonal variation on secondary metabolites of medicinal plants. *Int J Pharm Sci Res*. 6: 3654–3662.
- Stefkov G. Karapandzova M. Stefova M. Kulevanova S. 2009. Seasonal variation of flavonoids in *Teucrium polium* L.

- (Lamiaceae). Maced Pharm Bull. 55:1-2, 33-40.
- Sytiuk A. Céréghino R. Hamard S. Delarue F. Dorrepaal E. Küttim M. Lamentowicz M. Pourrut B. Robroek BJM. Tuittila ES. Jassey V.E.J. 2020. Morphological and biochemical responses of *Sphagnum* mosses to environmental changes. BioRxiv.1-46.
- Thakur S. Kapila S. 2017. Seasonal changes in antioxidant enzymes, polyphenol oxidase enzyme, flavonoids and phenolic content in three leafy liverworts. Lindbergia. 40: 39-44.
- Üçüncü O. Cansu T.B. Özdemir T. Karaoğlu Alpay Ş. Yaylı N. 2010. Chemical composition and antimicrobial activity of the essential oils of mosses *Tortula muralis* Hedw., *Homalothecium lutescens* (Hedw) H. Rob., *Hypnum cupressiforme* Hedw., and *Pohlia nutans* (Hedw.) Lindb. from Turkey. Turk J Chem. 34: 1–10.
- Türker H. Türkyilmaz Ünal B. 2020. Bryophytes as the potential source of antioxidant. Anatolian Bryol. 6:2, 129-137.
- Wang X. Cao J. Dai X. Xiao J. Wu Y. Wang Q. 2017. Total flavonoid concentrations of bryophytes from Tianmu Mountain, Zhejiang Province (China): phylogeny and ecological factors. PLoS One. 12:3, e0173003.
- Xie C.F. Lou H.X. 2009. Secondary metabolites in bryophytes: An ecological aspect. Chem Biodiversity. 6:3, 303-312.
- Yücel T.B. Erata H. 2021. Antimicrobial and antioxidant activities and volatile constituents of *Eurhynchium angustirete* (Broth.) T. J. Kop. and *Isothecium alopecuroides* (Lam. ex Dubois) Isov. from Turkey. Nat. Volatiles & Essent. Oils. 8:3, 64-74.
- Zhang C. Hu L. Liu D. Huang J. Lin W. 2020. Circumdatin D exerts neuroprotective effects by attenuating lps-induced pro-inflammatory responses and downregulating acetylcholinesterase activity *in vitro* and *in vivo*. Front Pharmacol. 11: 760.
- Zych M. Urbisz K. Kimsa-Dudek M. Kamionka M. Dudek S. Raczak B.K. Waclawek S. Chmura D. Kaczmarczyk-Zebrowska I. Stebel A. 2023. Effects of water–ethanol extracts from four *Sphagnum* Species on gene expression of selected enzymes in normal human dermal fibroblasts and their antioxidant properties. Pharmaceuticals. 16: 1076.



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

DOI: 10.26672/anatolianbryology.1537945

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



Gülderen Şelalesi (Hayrat, Trabzon) Briyofitleri Üzerine Bir Araştırma

Edanur AYHAN¹ , Nevzat BATAN¹ *, Zeynep Gizem YILMAZ² 

¹Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Fakültesi, Moleküler Biyoloji ve Genetik Bölümü, Trabzon, TÜRKİYE,

¹Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Fakültesi, Moleküler Biyoloji ve Genetik Bölümü, Trabzon, TÜRKİYE,

²Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Biyoloji Bölümü, TÜRKİYE

Received: 23 August 2024

Revised: 30 September 2024

Accepted: 08 October 2024

Öz

Bu çalışma ile Türkiye'nin Doğu Karadeniz Bölgesinde bulunan Gülderen Şelalesi (Hayrat, Trabzon) ve çevresinin briyofitleri araştırılmıştır. 2023 yılı aralık ve 2024 yılı mart ayları olmak üzere iki farklı dönemde gerçekleştirilen arazi çalışmaları sırasında 4 farklı istasyondan toplanan yaklaşık 150 briyofit örneği incelenmesi sonucunda; 35 familya ve 63 cinse ait 104 briyofit taksonu tanımlanmış olup bunların 89 taksonu karayosunlarına, 15 taksonu da ciğerotlarına aittir. Ayrıca 1 ciğerotu ve 1 karayosunu taksonu Trabzon için, 51 takson Hayrat ilçesi için yeni kayıt olarak belirlenmiştir.

Anahtar kelimeler: Karayosunu, Ciğerotu, Gülderen Şelalesi, Hayrat, Trabzon

A Study on Bryophytes of Gülderen Waterfall (Hayrat, Trabzon)

Abstract

In this study, bryophytes of Gülderen Waterfall (Hayrat/Trabzon) and its surroundings in the Eastern Black Sea Region of Turkey were investigated. As a result of examining approximately 150 bryophyte samples collected from 4 different stations during field studies carried out in two different periods, december 2023 and march 2024; 105 bryophyte taxa belonging to 35 families and 63 genera have been identified, 90 taxa of which belong to mosses and 15 taxa to liverworts. Additionally, 1 liverwort and 1 moss taxa were recorded as new records for Trabzon and 52 taxa for Hayrat district.

Keywords: Moss, liverwort, Gülderen Waterfall, Hayrat, Trabzon

1-Giriş

Araştırma alanı olarak seçilen Gülderen Şelalesi, Trabzon ilinin Hayrat ilçesinde bulunmaktadır. Hayrat Karadeniz sahil şeridinde 11 km. uzaklıkta bulunan yaklaşık olarak 170 km² yüz ölçümüne ve ortalama 180 m. rakıma sahip bir ilçedir ve bulunduğu konum itibarıyla Kuzeyinde Of ilçesi, Güneyinde Çaykara ilçesi ve Bayburt ili,

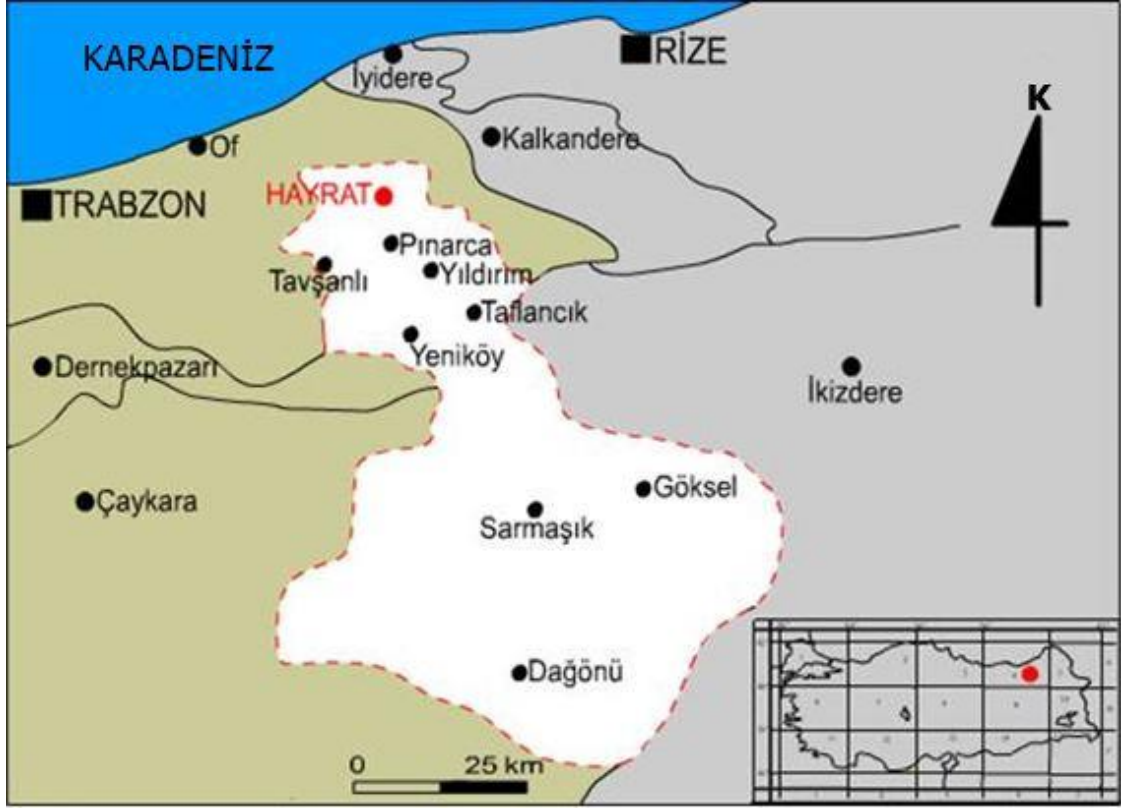
Doğusunda Of ilçesi ve Rize ili, Batısında Of ve Çaykara ile Dernekpazarı ilçeleri yer almaktadır. Seçtiğimiz çalışma alanı ilçenin 30 mahallesinden biri olan Gülderen Mahallesinin sınırlarında bulunan Salmata Deresi üzerinde bulunmakta ve Hayrat ilçe merkezine 7 km uzaklıkta olan Gülderen Şelalesidir.

* Corresponding author: nevzatbatan@gmail.com

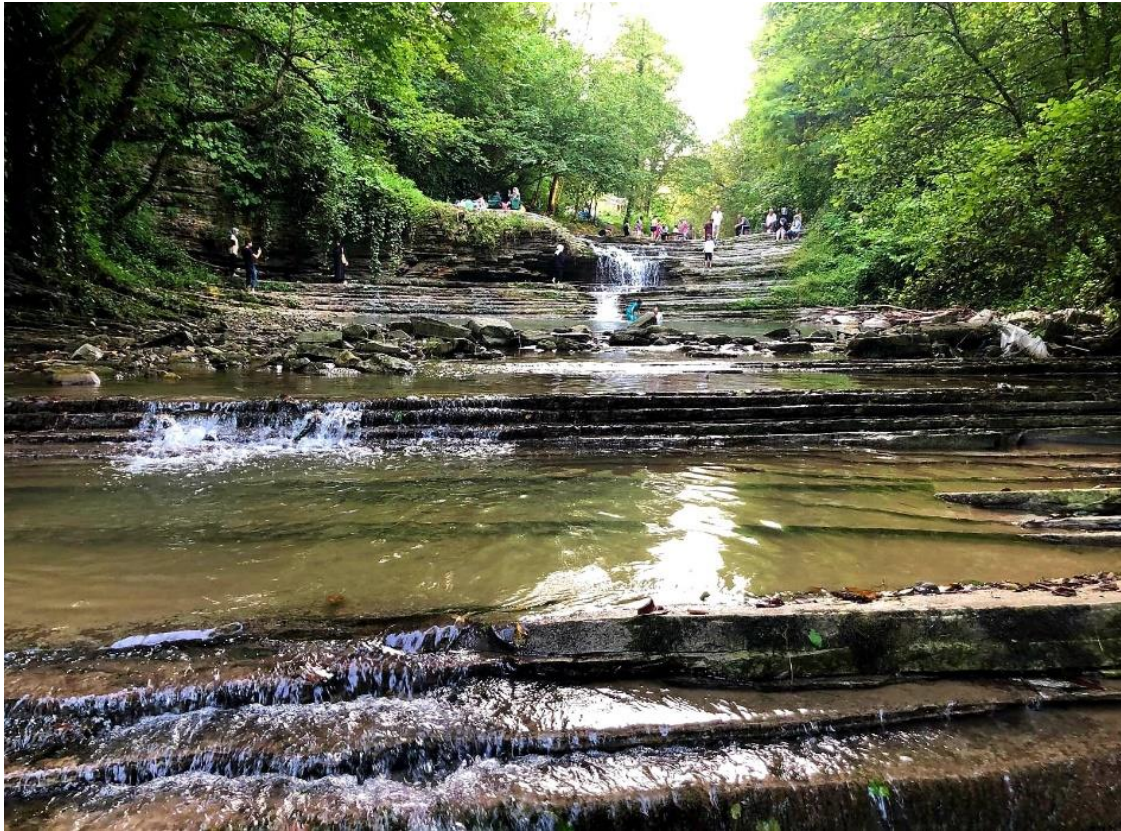
To cite this article: Ayhan E. Batan N. Yılmaz Z.G. 2024. A Study on Bryophytes of Gülderen Waterfall (Hayrat, Trabzon). *Anatolian Bryology*. 10:2, 79-88.



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



Şekil 1. Hayrat ilçesi ve çevresi haritası (Özen ve ark., 2019)



Şekil 2. Gülderen Şelalesi (Fotoğraf: Edanur AYHAN)

Çalışma alanının iklim yapısına bakıldığında bulunduğu bölge itibarıyla denizel iklimin spesifik özelliklerini taşımaktadır ve yazları serin, kışları ılıman olmakla birlikte her mevsim yağışlıdır. Alanın iklimi ile ilgili elli yıllık gözlem sonuçlarına bakıldığında yıllık sıcaklık ortalaması 14 °C' dir. Yıllık toplam yağış miktarı 1200 mm'nin üzerindedir ve yağışların her mevsime dengeli dağılmasından ötürü kurak bir dönem gözlenmemektedir. Mevsimsel duruma göre değişimle birlikte nem oranı ortalama olarak %75'in üzerinde seyretmektedir (Yıldız, 2011).

Çalışma alanında (Gülderen Şelalesi) orman vejetasyonu hâkim olmakla birlikte psödomdaki vejetasyonu da gözlenmektedir. *Abies nordmanniana* Stev., *Alnus glutinosa* subsp. *glutinosa* (L.) Gaertn., *Diospyros lotus* L., *Rhododendron luteum* L., *Rhododendron ponticum* L., *Corylus avellana* L., *C. colurna* L., *Carpinus betulus* L., *C. orientalis* Mill., *Betula litwinowii* Doluch., *Buxus sempervirens* L., *Prunus laurocerasus* L., *Quercus frainetto* Ten., *Q. pontica* C. Koch., *Q. hartwis* Steven, *Juglans regia* L., *Castanea sativa* Mill., *Tilia tomentosa* Moench., *T. rubra* subsp. *caucasica* (Rupr.) V. Engl., *Ulmus glabra* Huds., *U. minör* Mill., *Sorbus torminalis* (L.) Crantz., *S. aucuparia* L., *Fagus orientalis* Lipsky., *Platanus orientalis* L. türleri alanın hâkim bitki örtüsünü oluşturmaktadır (Anşin, 1981).

2-Materyal ve Metot

2023 yılı aralık ve 2024 yılı mart ayları olmak üzere iki farklı dönemde ilgili çalışma alanına arazi gezileri düzenlenmiş, 4 lokaliteden yaklaşık olarak 150 briyofit örneği toplanmıştır. Her örnek için lokalite ve substrat özellikleri belirtilmiştir.

Tablo 1. Briyofit örneklerinin istasyon bilgileri

No	İstasyon	Koordinat	Yükseklik (m)	Tarih
1	Gülderen Şelalesi	40°54'42"N 40°23'39"E	128.76	31.12.2023
2	Gülderen Şelalesi	40°54'40"N 40°23'40"E	131.93	31.12.2023
3	Gülderen Şelalesi	40°54'41"N 40°23'43"E	140.87	15.03.2024
4	Gülderen Şelalesi	40°54'37"N 40°23'38"E	132.46	15.03.2024

Toplanan briyofit örnekleri ışık mikroskobu ve steromikroskop ile incelenmiştir. Örnekler ilgili flora, revizyon ve monograflar kullanılarak teşhis edilmiştir (Hedenäs, 1992; Smith, 1996, 2004; Paton, 1999; Cortini-Pedrotti 2001, 2006; Guerra ve ark., 2006; Frey ve ark., 2006; Brugués ve ark., 2007; Casas ve ark., 2009; Brugués ve Guerra, 2015; Kürschner ve Frey, 2020). Bitki listesinin oluşturulmasında ve briyofitlere ait nomenklatürel

değişiklikler ve sinonimler için Hodgetts ve ark. (2020) takip edilmiştir.

Trabzon ilindeki briyofit taksonlarının durumu için ilgili literatürler taranmış ve değerlendirmesi yapılmıştır (Özdemir 1994; Batan ve Özdemir 2014; Özdemir ve Batan 2017, Erata ve ark., 2017; Erata ve ark., 2018; Kırmacı ve ark., 2019; Erata ve ark., 2020a,b,c; Erata ve ark., 2021; Erata ve ark., 2022). Hayrat ilçesi briyofit taksonlarının durumunu için tek bir çalışma yapılmış olup bu çalışma (Özen ve ark., 2019) üzerinden değerlendirilmesi yapılmıştır. Teşhisi yapılan briyofitler, zarflar içerisinde muhafaza edilmek suretiyle herbaryum materyali haline getirilerek Karadeniz Teknik Üniversitesi Moleküler Biyoloji ve Genetik Bölümünde kişisel briyofit koleksiyonunda saklanmaktadır.

Bu güne kadar briyofitler ile ilgili Hayrat sınırları içerisinde yapılmış tek bir çalışma (Özen ve ark., 2019) bulunmakta olup bu çalışma Hayrat ilçesi sınırlarında yapılmış ikinci çalışma olma özelliğini taşımaktadır.

3. Bulgular

Gülderen Şelalesi'ne (Hayrat, Trabzon) yapılan iki arazi çalışmaları sonucunda toplanılan briyofit örneklerinin incelenmesi neticesinde toplamda 35 familya ve 63 cinse ait 104 briyofit taksonu teşhis edilmiştir. Ciğerotları (*Marchantiophyta*) bölümüne ait 11 familya, bu familyalara ait 12 cins ve toplamda 15 takson; karayosunları (*Bryophyta*) bölümüne ait 24 familya, bu familyalara ait 51 cins ve toplamda 89 takson saptanmıştır.

3. 1. Taksonların Sistematik Listesi

Trabzon için yeni kayıtlar (*) sembolüyle, Hayrat ilçesi için yeni kayıtlar (**) sembolüyle gösterilmiştir.

Marchantiophyta

Aneuraceae H. Klinggr.

Aneura Dumort [Cryptothallus Malmb.]

**Aneura pinguis* (L.) Dumort. – Islak toprak üzeri.

Conocephalaceae Müll.Frib. ex Grolle

Conocephalum Hill

Conocephalum conicum (L.) Dumort. – Islak toprak üzeri.

Frullaniaceae Lorch

Frullania Raddi

***Frullania dilatata* (L.) Dumort. – Ağaç gövdesi üzeri.

Jungermanniaceae Rchb.

Jungermannia L.

***Jungermannia atrovirens* Dumort. – Toprak üzeri

Mesoptychia (Lindb.) A. Evans

***Mesoptychia collaris* (Nees) L. Söderstr. & Váňa.
– Su içi, ıslak toprak üzeri

Lejeuneaceae Cavers

Lejeunea Lib.

***Lejeunea cavifolia* (Ehrh.) Lindb. – Ağaç gövdesi üzeri.

Marchantiaceae Lindl.

Marchantia L.

***Marchantia polymorpha* L. – Islak toprak üzeri.
M. polymorpha subsp. *ruderalis* Bischl. & Boissel.-
Dub. – Islak kaya üzeri.

Metzgeriaceae H.Klinggr.

Metzgeria Raddi [*Apometzgeria* Kuwah.]

***Metzgeria conjugata* Lindb. – Kaya üzeri.

M. furcata (L.) Corda. – Ağaç gövdesi üzeri.

Pelliaceae H.Klinggr.

Pellia Raddi

Pellia epiphylla (L.) Corda. – Islak toprak üzeri.

Lunulariaceae H.Klinggr.

Lunularia Adans.

***Lunularia cruciata* (L.) Lindb. – Islak Toprak Üzeri

Plagiochilaceae Müll.Frib.

Plagiochila (Dumort.) Dumort

Plagiochila porelloides (Torr. ex Nees) Lindenb. –
Kaya üzeri.

Radulaceae Müll.Frib.

Radula Dumort.

Radula complanata (L.) Dumort. – Ağaç gövdesi üzeri.

***R. lindenberiana* Gottsche ex C.Hartm. – Ağaç gövdesi üzeri.

Bryophyta

Amblystegiaceae G.Roth

Amblystegium Schimp.

***Amblystegium serpens* (Hedw.) Schimp. – Islak kaya üzeri.

Aongstroemiaceae De Not.

Dichodontium Schimp.

***Dichodontium pellucidum* (Hedw.) Schimp. – Islak toprak üzeri.

Bartramiaceae Schwägr.

Campyliadelphus (Kindb.) R.S. Chopra

***Campyliadelphus chrysophyllus* (Brid.)
R.S.Chopra. – Toprak üzeri

Campyliadelphus elodes (Lindb.) Kanda. – Toprak üzeri.

Philonotis Brid.

Philonotis caespitosa Jur. – Islak toprak üzeri

***P. marchica* (Hedw.) Brid.– Kaya üzeri

Brachytheciaceae Schimp.

Brachytheciastrum Ignatov & Huttunen

***Brachytheciastrum velutinum* (Hedw.) Ignatov &
Huttunen. – Ağaç gövdesi üzeri.

Brachythecium Schimp. [Bryhnia Kaurin]

Brachythecium capillaceum (F.Weber & D.Mohr)
Giacom. – Ağaç gövdesi üzeri.

***B. glareosum* (Bruch ex Spruce) Schimp. – Ağaç gövdesi üzeri.

***B. rivulare* Schimp. – Islak toprak üzeri.

B. rutabulum (Hedw.) Schimp. – Islak toprak üzeri.

***B. salebrosum* (Hoffm. ex F.Weber & D.Mohr)
Schimp. – Toprak üzeri.

Cratoneuron (Sull.) Spruce

***Cratoneuron filicinum* (Hedw.) Spruce. – Islak toprak üzeri.

Eurhynchium Bruch & Schimp

***Eurhynchium angustirete* (Broth.) T.J.Kop. –
Kaya üzeri

E. striatum (Hedw.) Schimp. – Toprak üzeri.

Homalothecium Schimp

***Homalothecium aureum* (Spruce) H. Rob. – Ağaç gövdesi üzeri.

H. lutescens (Hedw.) H.Rob. – Kaya üzeri.

H. sericeum (Hedw.) Schimp. – Ağaç gövdesi Üzeri.

Hygroamblystegium Loeske

***Hygroamblystegium varium* (Hedw.) Mönk.-
Ağaç gövdesi üzeri.

Oxyrrhynchium (Schimp.) Warnst.

Oxyrrhynchium hians (Hedw.) Loeske. – Islak toprak üzeri

***O. speciosum* (Brid.) Warnst. – Islak kaya üzeri.

Palamocladium M. Fleisch.

***Palamocladium euchloron* (Bruch ex Müll.Hal.)
Wijk & Margad. – Ağaç gövdesi Üzeri

Palustriella Ochyra

***Palustriella commutata* (Hedw.) Ochyra. – Islak kaya üzeri.

Pseudoamblystegium Vanderp. & Hedenäs

Pseudoamblystegium subtile (Hedw.) Vanderp. &
Hedenäs. – Ağaç gövdesi üzeri.

Pseudoscleropodium (Limpr.) M.Fleisch.

Pseudoscleropodium purum (Hedw.) M. Fleisch. –
Toprak üzeri.

Rhynchostegiella (Schimp.) Limpr.

***Rhynchostegiella tenella* (Dicks.) Limpr. – Ağaç gövdesi üzeri.

Rhynchostegium Bruch & Schimp.

***Rhynchostegium alopecuroides* (Brid.)
A.J.E.Sm. – Islak toprak üzeri.

R. riparoides (Hedw.) Cardot. – Su içi, ıslak kaya üzeri.

Sciuro-hypnum (Hampe) Hampe

Sciuro-hypnum flotowianum (Sendtn.) Ignatov &
Huttunen. – Kaya üzeri.

***S. plumosum* (Hedw.) Ignatov & Huttunen. –
Ağaç gövdesi üzeri.

***S. populeum* (Hedw.) Ignatov & Huttunen. –
Kaya üzeri.

Bryaceae Schwägr.

Ptychostomum Hornsch.

Ptychostomum capillare (Hedw.) Holyoak &
N.Pedersen. – Ağaç gövdesi üzeri

P. moravicum (Podp.) Ros & Mazimpaka. – Kaya üzeri.

***P. rubens* (Mitt.) Holyoak & N.Pedersen. – Islak toprak üzeri

P. torquescens (Bruch & Schimp.) Ros & Mazimpaka. – Kaya üzeri

Dicranaceae Schimp.

Dicranum Hedw.

Dicranum scoparium Hedw. – Toprak üzeri

Dicranellaceae M.Stech

Dicranella (Müll.Hal.) Schimp.

Dicranella heteromalla (Hedw.) Schimp. – Islak toprak üzeri

Encalyptaceae Schimp.

Encalypta Hedw

***Encalypta streptocarpa* Hedw. – Kaya üzeri.

Fissidentaceae Schimp.

Fissidens Hedw.

***Fissidens taxifolius* Hedw.. – Islak toprak üzeri.

Fontinalaceae Schimp.

Fontinalis Hedw

***Fontinalis antipyretica* Hedw. – Su içi, ıslak toprak üzeri

***F. hypnoides* C. Hartm. – Su içi, ıslak toprak üzeri

Funariaceae Schwägr.

Funaria Schwägr.

***Funaria hygrometrica* Hedw. – Islak toprak üzeri.

Grimmiaceae Arn.

Racomitrium Brid.

***Racomitrium aciculare* (Hedw.) Brid. – Kaya üzeri

Schistidium Bruch & Schimp.

***Schistidium atrofusum* (Schimp.) Limpr. – Kaya üzeri

S. trichodon (Brid.) Poelt. – Kaya üzeri.

Hypnaceae Schimp.

Hypnum Hedw.

Hypnum cupressiforme Hedw. var. *cupressiforme*. – Islak kaya üzeri

***H. jutlandicum* Holmen & E.Warncke. – Ağaç gövdesi üzeri

***H. resupinatum* Taylor. – Ağaç gövdesi üzeri

Lembophyllaceae Broth.

Isothecium Brid.

Isothecium alopecuroides (Lam. ex Dubois) Isov. – Toprak üzer

Leucodontaceae Schimp.

Leucodon Schwägr.

***Leucodon sciuroides* (Hedw.) Schwägr. – Ağaç gövdesi üzeri.

Mniaceae Schwägr.

Epipterygium Lindb

***Epipterygium tozeri* (Grev.) Lindb. – Islak toprak üzeri.

Plagiomnium T.J. Kop.

Plagiomnium affine (Blandow ex Funck) T.J.Kop. – Toprak üzeri, ıslak toprak üzeri.

P. cuspidatum (Hedw.) T.J.Kop.

P. elatum (Bruch & Schimp.) T.J.Kop.

P. ellipticum (Brid.) T.J.Kop. – Ağaç gövdesi üzeri

P. medium (Bruch & Schimp.) T.J.Kop. – Toprak üzeri.

P. rostratum (Schrud.) T.J.Kop. – Islak toprak üzeri.

P. undulatum (Hedw.) T.J.Kop. – Islak toprak üzeri

Pohlia Hedw.

***Pohlia ludwigii* (Spreng. ex Schwägr.) Broth. – Toprak üzeri

***P. melanodon* (Brid.) A.J.Shaw – Toprak üzeri.

Rhizomnium (Broth.) T.J. Kop

Rhizomnium punctatum (Hedw.) T.J.Kop. – Islak toprak üzeri.

Myuriaceae M.Fleisch.

Ctenidium (Schimp.) Mitt.

***Ctenidium molluscum* (Hedw.) Mitt. – Kaya üzeri, toprak üzeri.

Neckeraceae Schimp.

Alleniella S. Olsson, Enroth & D. Quandt

***Alleniella besseri* (Lobarz.) S.Olsson, Enroth & D.Quandt. – Ağaç gövdesi üzeri

A. complanata (Hedw.) S.Olsson, Enroth & D.Quandt. – Kaya üzeri

Exsertotheca S. Olsson, Enroth & D. Quandt

Exsertotheca crispa (Hedw.) S.Olsson, Enroth & D.Quandt. – Ağaç gövdesi üzeri

Thamnobryum Nieuwl.

Thamnobryum alopecurum (Hedw.) Gangulee. – Kaya üzeri.

**T. neckeroides* (Hook.) E. Lawton, – Kaya üzeri

Orthotrichaceae Arn.

Lewinskya F.Lara, Garilleti & Goffinet

***Lewinskya speciosa* (Nees) F.Lara, Garilleti & Goffinet, – Ağaç gövdesi üzeri

Orthotrichum Hedw.

***Orthotrichum diaphanum* Brid. – Ağaç gövdesi üzeri

Ulota D. Mohr

Ulota crispa (Hedw.) Brid. – Ağaç gövdesi üzeri.

Polytrichaceae Schwägr.

Atrichum P. Beauv

Atrichum undulatum (Hedw.) P.Beauv. – Islak toprak üzeri.

Polytrichum Hedw.

Polytrichum commune Hedw. – Islak toprak üzeri.

Pottiaceae Schimp.

Barbula Hedw.

Barbula unguiculata Hedw. – Islak toprak üzeri.

Dialytrichia (Schimp.) Limpr.

***Dialytrichia mucronata* (Brid.) Broth. – Kaya üzeri

Didymodon Hedw.

***Didymodon luridus* Hornsch. – Islak toprak üzeri.

***D. nicholsonii* Culm. – Toprak üzeri.

***D. spadiceus* (Mitt.) Limpr. – Kaya üzeri

Eucladium Bruch & Schimp.

***Eucladium verticillatum* (With.) Bruch & Schimp. – Islak toprak üzeri

Tortella (Müll.Hal.) Limpr.

***Tortella flavovirens* (Bruch) Broth. – Kaya üzeri

***T. humilis* (Hedw.) Jenn. – Kaya üzeri

***T. inclinata* (R.Hedw.) Limpr. – Kaya üzeri.

T. tortuosa (Hedw.) Limpr

Tortula Hedw.

***Tortula canescens* Mont. – Kaya üzeri

***T. marginata* (Bruch & Schimp.) Spruce. – Kaya üzeri

***T. muralis* Hedw. – Kaya üzeri

Pseudoleskeaceae Ignatov & Ignatova

Pseudoleskeella Kindb.

***Pseudoleskeella nervosa* (Brid.) Nyholm. – Ağaç gövdesi üzeri

Pylaisiaceae Schimp.

Calliergonella Loeske

Calliergonella cuspidata (Hedw.) Loeske. – Toprak üzeri

Thuidiaceae Schimp.

Thuidium Bruch & Schimp

Thuidium delicatulum (Hedw.) Schimp. – Toprak üzeri, ıslak toprak üzeri

T. tamariscinum (Hedw.) Schimp. – Toprak üzeri

4.Tartışma ve Sonuç

Gülderen Şelalesi'ne düzenlenen arazi gezileri sonucunda 4 farklı lokaliteden toplanan yaklaşık olarak ± 150 briyofit örneği incelenmesi sonucunda 35 familya ve 63 cinse ait toplamda 104 briyofit taksonu teşhis edilmiştir. Teşhisler sonucu elde edilen verilere göre çiğerothlarının familya sayısı 11, karayosunlarının familya sayısı ise 24'tür. Taksonların buldukları cinsler olarak değerlendirilmesinde; çiğerotu taksonlarının bulunduğu cins sayısı 12 iken karayosunu taksonlarının bulunduğu cins sayısı 51'dir. Bunlara ek olarak toplam takson sayısına bakıldığında ilk sırada 89 taksonla karayosunları bulunmakta olup bunu 15 taksonla çiğerothları takip etmiştir. Çalışma sonucu elde edilen taksonların Trabzon genelinde değerlendirmesi yapıldığında 1 çiğerotu ve 1 karayosunu taksonu olmak üzere 2 takson Trabzon için yeni kayıt olarak belirlenmiştir. *Aneura pinguis* ve *Thamnobryum neckeroides* Trabzon ili için yeni kayıttır. Teşhis edilen taksonların Hayrat ilçesi için değerlendirilmesi yapıldığında 9 çiğerotu taksonu ve 51 karayosunu ilçe için ilk defa kayıt edilmiştir. Bu taksonlarda çiğerotlu taksonları; *Frullania dilatata*, *Jungermannia atrovirens*, *Mesoptychia collaris*, *Lejeunea cavifolia*, *Marchantia polymorpha*, *Metzgeria conjugata*, *Lunularia cruciata*, *Radula lindenbergiana*, *Aneura pinguis* iken karayosunlarına ait taksonlar; *Alleniella*

besseri, *Amblystegium serpens*, *Brachytheciastrum velutinum*, *Brachythecium glareosum*, *B. rivulare*, *B. salebrosum*, *Campyliadelphus chrysophyllus*, *C. elodes*, *Cratoneuron filicinum*, *Ctenidium molluscum*, *Dialytrichia mucronata*, *Didymodon luridus*, *D. nicholsonii*, *D. spadiceus*, *Dichodontium pellucidum*, *Epipterygium tozeri*, *Encalypta streptocarpa*, *Eucladium verticillatum*, *Eurhynchium angustirete*, *Fissidens taxifolius*, *Fontinalis antipyretica*, *F. hypnoides*, *Funaria hygrometrica*, *Homalothecium aureum*, *Hygroamblystegium varium*, *Hypnum jutlandicum*, *H. resupinatum*, *Leucodon sciurooides*, *Orthotrichum diaphanum*, *O. Speciosum*, *Oxyrrhynchium speciosum*, *Palamocladium euchloron*, *Palustriella commutata*, *Philonotis marchica*, *Pohlia ludwigii*, *P. melanodon*, *Ptychostomum rubens*, *Pseudoleskeella nervosa*, *Rhynchostegiella tenella*, *Rhynchostegium alopecurooides*, *Sciuro-hypnum plumosum*, *S. populeum*, *Racomitrium aciculare*, *Schistidium atrofusum*, *Thamnobryum neckeroides*, *Tortella flavovirens*, *T. humilis*, *T. inclinata*, *Tortula canescens*, *T. marginata*, *T. muralis*'dir (Özen ve ark., 2019).

Karayosunları familyaların içerdikleri takson çeşitliliği değerlendirildiğinde ise ilk sırada Brachytheciaceae (21) bulunmaktadır. Devamında Pottiaceae (13), Mniaceae (12), Amblystegiaceae (7), Neckeraceae (5), Bryaceae (4), Grimmiaceae (3), Hypnaceae (3), Orthotrichaceae (3), Thuidiaceae (2), Polytrichaceae (2), Fontinalaceae (2), Bartramiaceae (2), Aongstroemiaceae (1), Dicranaceae (1), Dicranellaceae (1), Encalyptaceae (1), Fissidentaceae (1), Funariaceae (1), Lembophyllaceae (1), Leucodontaceae (1), Myuriaceae (1), Pseudoleskeaceae (1), Pylaisiaceae (1) familyaları bulunmaktadır. Bunlara ek olarak içerdikleri takson sayıları bakımından cinslerin değerlendirilmesi yapıldığında 6 taksonla *Plagiomnium* ilk sırada bulunmakta olup bu cinsi *Brachythecium* (5), *Ptychostomum* (4), *Tortula* (3), *Tortella* (3), *Didymodon* (3), *Hypnum* (3), *Sciuro-hypnum* (3), *Homalothecium* (3) cinslerinin takip ettiği tespit edilmiştir.

Çiğerotu (Marchantiophyta) taksonlarının familyalara göre dağılımına bakıldığında; Jungermanniaceae (2), Radulaceae (2), Metzgeriaceae (2), Marchantiaceae (2), Aneuraceae (1), Plagiochilaceae (1), Lunulariaceae (1), Pelliaceae (1), Lejeuneaceae (1), Frullaniaceae (1), Conocephalaceae (1) şeklinde dağışıl göstermektedirler ve bunlar arasında iki cins ile en fazla cins içeren familya Jungermanniaceae'dir.

Tablo 2. Karayosunu familyaları, takson sayıları, yüzdelik değerleri

	Familiya	Takson Sayısı	Dağılım %
1	Brachytheciaceae	21	21.84
2	Pottiaceae	13	13.52
3	Mniaceae	11	11.44
4	Amblystegiaceae	7	7.28
5	Neckeraceae	5	5.20
6	Bryaceae	4	4.16
7	Grimmiaceae	3	3.12
8	Hypnaceae	3	3.12
9	Orthotrichaceae	3	3.12
10	Thuidiaceae	2	2.08
11	Polytrichaceae	2	2.08
12	Fontinalaceae	2	2.08
13	Bartramiaceae	2	2.08
14	Aongstroemiaceae	1	1.04
15	Dicranaceae	1	1.04
16	Dicranellaceae	1	1.04
17	Encalyptaceae	1	1.04
18	Fissidentaceae	1	1.04
19	Funariaceae	1	1.04
20	Lembophyllaceae	1	1.04
21	Leucodontaceae	1	1.04
22	Myuriaceae	1	1.04
23	Pseudoleskeaceae	1	1.04
24	Pylaisiaceae	1	1.04
TOPLAM		89	100

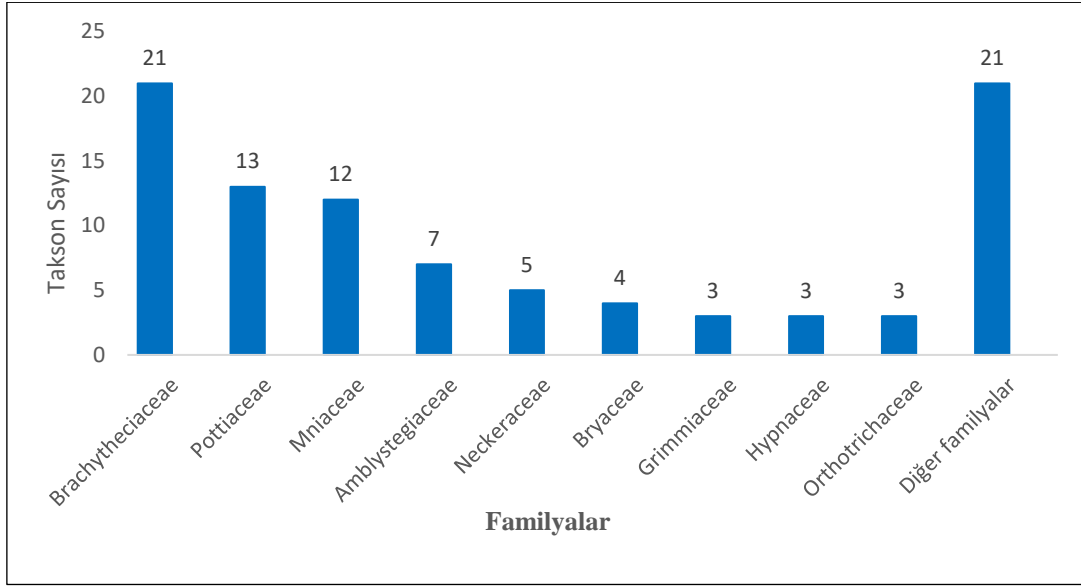
Çiğerotu (Marchantiophyta) taksonlarının familyalara göre dağılımına bakıldığında; Jungermanniaceae (2), Radulaceae (2), Metzgeriaceae (2), Marchantiaceae (2), Aneuraceae (1), Plagiochilaceae (1), Lunulariaceae (1), Pelliaceae (1), Lejeuneaceae (1), Frullaniaceae (1), Conocephalaceae (1) şeklinde dağılışı göstermektedirler ve bunlar arasında iki cins ile en fazla cins içeren familya Jungermanniaceae' dir.

Tablo 3. Çiğerotları familyaları, takson sayıları, yüzdelik değerleri

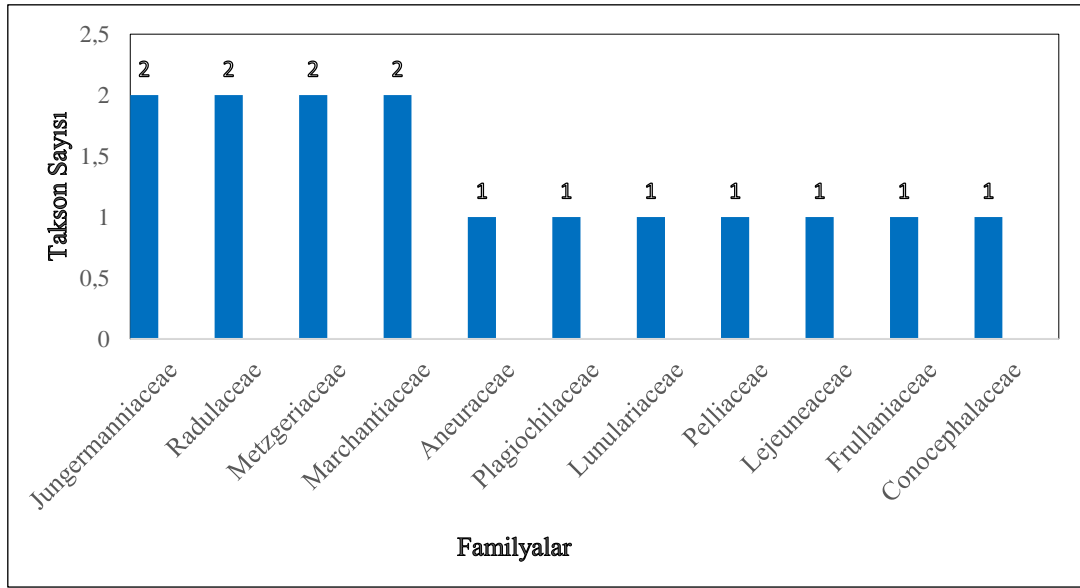
	Familiya	Takson Sayısı	Dağılım %
1	Jungermanniaceae	2	13.33
2	Radulaceae	2	13.33
3	Metzgeriaceae	2	13.33
4	Marchantiaceae	2	13.33
5	Aneuraceae	1	6.66
6	Plagiochilaceae	1	6.66
7	Lunulariaceae	1	6.66
8	Pelliaceae	1	6.66
9	Lejeuneaceae	1	6.66
10	Frullaniaceae	1	6.66
11	Conocephalaceae	1	6.66
TOPLAM		15	100

Teşhis edilen taksonların substrat tercihlerine göre değerlendirilmesi yapıldığında yirmiyedişer taksonla ağaç gövdesi üzerinde ve ıslak ya da nemli toprak

üzerinde en fazla taksona tespit edilmiştir. Taksonların detaylı dağılımı; Nemli ya da ıslak toprak üzerinde bulunan taksonlar: *Conocephalum conicum*, *Marchantia polymorpha*, *Pellia epiphylla*, *Lunularia cruciata*, *Aneura pinguis*, *Amblystegium serpens*, *Cratoneuron filicinum*, *Dichodontium pellucidum*, *Philonotis caespitosa*, *Brachythecium rivulare*, *B. rutabulum*, *Oxyrrhynchium hians*, *Ptychostomum rubens*, *Dicranella heteromalla*, *Fissidens taxifolius*, *Funaria hygrometrica*, *Epipterygium tozeri*, *Plagiomnium affine*, *P. rostratum*, *P. undulatum*, *Rhizomnium punctatum*, *Atrichum undulatum*, *Polytrichum commune*, *Barbula unguiculata*, *Didymodon luridus*, *Eucladium verticillatum*, *Thuidium delicatulum*. Ağaç kabukları ve gövdesi üzerinde bulunan taksonlar: *Frullania dilatata*, *Lejeunea cavifolia*, *Metzgeria furcata*, *Radula complanata*, *R. lindenbergiana*, *Hygroamblystegium varium*, *Pseudoamblystegium subtile*, *Brachytheciastrum velutinum*, *Brachythecium capillaceum*, *B. glareosum*, *Homalothecium aureum*, *H. sericeum*, *Palamocladium euchloron*, *Rhynchostegiella tenella*, *Sciuro-hypnum plumosum*, *Ptychostomum capillare*, *Hypnum jutlandicum*, *H. resupinatum*, *Leucodon sciuroides*, *Plagiomnium ellipticum*, *Alleniella besseri*, *Exsertotheca crispa*, *Orthotrichum diaphanum*, *O. Speciosum*, *Ulota crispa*, *Pseudoleskeella nervosa*. Dere kenarındaki kayalar ve su içerisinde bulunan taksonlar: *Fontinalis antipyretica*, *F. hypnoides*, *Rhynchostegium riparoides*, *Mesoptychia collaris*, *Hypnum cupressiforme*, *Oxyrrhynchium speciosum*, *Palustriella commutata*, *Amblystegium serpens*, *Marchantia polymorpha* subsp. *ruderalis*, *Rhynchostegium alopecuroides*. Kayalar üzerinde bulunan taksonlar; *Metzgeria conjugata*, *Plagiochila porelloides*, *Philonotis marchica*, *Eurhynchium angustirete*, *Homalothecium lutescens*, *Sciuro-hypnum flotowianum*, *S. populeum*, *Ptychostomum moravicum*, *P. torquescens*, *Encalypta streptocarpa*, *Racomitrium aciculare*, *Schistidium atrofusum*, *S. trichodon*, *Ctenidium molluscum*, *Alleniella complanata*, *Thamnobryum alopecurum*, *T. neckeroides*, *Dialytrichia mucronata*, *Didymodon spadiceus*, *Tortella flavovirens*, *T. humilis*, *T. inclinata*, *Tortula canescens*, *T. marginata*, *T. muralis*. Toprak üzerinde bulunan taksonlar; *Jungermannia atrovirens*, *Campyliadelphus chrysophyllus*, *Campyliadelphus elodes*, *Eurhynchium striatum*, *Thuidium tamariscinum*, *Brachythecium salebrosum*, *Pseudoscleropodium purum*, *Dicranum scoparium*, *Isothecium alopecuroides*, *P. medium*, *Pohlia ludwigii*, *P. melanodon*, *Ctenidium molluscum*, *Didymodon nicholsonii*, *Calliargonella cuspidata*, *Thuidium tamariscinum*.



Şekil 3. Karayosunu taksonlarının sayısal verileri



Şekil 4. Ciğerotu taksonlarının sayısal verileri

Tablo 4. Taksonların buldukları substratlara göre dağılımı, yüzdeler değeri

Substrat Türleri	Toplam Takson Sayısı	Yüzdesi %
Islak Toprak Üzeri	27	28.08
Ağaç Gövdesi Üzeri	27	28.08
Kaya Üzeri	25	26.00
Toprak Üzeri	15	15.60
Dere Kenarı Taşları ve Su İçi	10	10.40

Teşhis edilmiş olan briyofit örneklerinin toplandığı substratlara sayısal dağılımı incelendiğinde en fazla

ıslak toprak üzeri ve ağaç gövdesi 27 'şer takson, sonra sırasıyla 25 takson kaya üzeri, 15 takson toprak üzeri ve 10 takson dere kenarı ve su içi şeklindedir.

Bu sonuçlar alanın klimatolojik verileri ile örtüşmekte ve alanda orman vejetasyonunun hakim vejetasyonun olduğunu desteklemektedir.

Deklarasyon

Yazar katkıları

Fikir/Kavram: NB, EA; Tasarım ve dizayn: EA, NB, ZGY; Denetleme danışmanlık: NB; Kaynaklar: EA, NB, ZGY; Malzemeler: EA, NB, ZGY; Ver

toplama ve/veya işleme: EZ, NB, ZGY; Analiz ve/veya yorum: NB, ZGY; Literatür taraması, EA, NB, ZGY; Yazım aşaması: NB; Eleştirel inceleme: EA, NB, ZGY.

Çıkar çatışması

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

Finansman

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

Etik onay

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

Not

Bu makale 2024 yılı KTÜ Fen Fakültesi Moleküler Biyoloji ve Genetik Bölümü lisans bitirme tezi kapsamında yapılan çalışmaları içermektedir.

Kaynaklar

Anşin R. 1981. Main Vegetation types inner and coastal part of east Black sea region, Journal of the Forestry Faculty of the Karadeniz Technical University, 4: 1, 14-25.

Batan N. Özdemir T. 2014. Bryoflora of Dernekpazarı district of Trabzon (Turkey) province, Biological Diversity and Conservation, 6:2, 45-49.

Brugués M. Cros R.M. Guerra J. 2007. Flora Briofítica Ibérica Volume I, Universidad de Murcia. Sociedad Espanola de Briyologia Murcia. Murcia.

Brugués M. Guerra J. 2015. Flora Briofítica Ibérica Volume 2, Universidad de Murcia, ISBN: 84-608-2198-4, Sociedad Espanola de Briyologia Murcia, Murcia.

Casas C. Brugués M. Cros M.R. Sérgio C. Infante M. 2009. Handbook of Liverworts and Hornworts of The Iberian Peninsula and The Balearic Islands, ISBN: 978-84-92583-55-3, 177 p, Institut D'estudis Catalans, Spain.

Cortini Pedrotti C. 2001. Flora dei muschi d'Italia, Sphagnopsida, Andreaopsida, Bryopsida (I parte). ISBN: 88-7287-250-2, Antonio Delfino Editore Medicina-Scienze.

Cortini Pedrotti C. 2006. Flora dei muschi d'Italia, Bryopsida (II parte), ISBN: 88-7287-370-3, Antonio Delfino Editore Medicina-Scienze, Roma.

Crum A.H. Anderson E.L. 1981. Mosses of Eastern North America. Columbia University Press. Newyork.

Erata H. Özen Ö. Batan N. Özdemir T. 2017. Karadeniz Teknik Üniversitesi Kanuni Kampüsü Briyofit Florası, Anatolian Bryology, 3:1, 9-18.

Erata H. Batan N. Özdemir T. 2018. The Bryophyte Flora of Sis Mountain (Giresun- Trabzon, Turkey), Anatolian Bryology, 4:1, 46-64.

Erata H. Batan N. Alataş M. Özen Ö. 2020 a. Bryophytes records from Maçka district (Trabzon Province-Turkey). Lindbergia, 43, linbg.01127.

Erata H. Batan N. Alataş M. Özen Ö. 2020 b. Bryophytes records from Maçka district (Trabzon Province-Turkey). Lindbergia, 43, linbg.01127.

Erata H. Batan N. Özen Ö. Alataş M. 2020 c. Contributions to the bryophyte flora of Şalpazarı and Tonya districts (Trabzon, Turkey). Phytologia Balcanica, 26, 1, 71-79.

Erata H. Alataş M. Batan N. Ezer, T. 2021. Contributions to the Bryophyte Flora of Altundere Valley (Trabzon, Turkey). Acta Biologica Turcica, 34:4, 186-196.

Erata H. Batan N. Özen Öztürk, Ö. 2022. Contributions to the bryophyte flora of Çaykara district (Trabzon, Türkiye). Anatolian Bryology. 8:2, 131-139.

Frey W. Frahm J.P. Fischer E. Lobin W. 2006. The liverworts, mosses and ferns of Europe. Essex. Harley Books

Guerra J. Cano M.J. Cros R.M. 2006. Flora Briofítica Ibérica Volume 3, Universidad de Murcia, ISBN: 84-609-9097-4. Sociedad Espanola de Briyologia Murcia. Murcia.

Hedenas L. 1992. Taxonomic studies on pleurocarpous mosses, with specialreference to the Calliergon-Scorpidium-Drepanocladus complex in northern Europe. Stockholm.

Hodgetts N.G. Söderström L. Blockeel T.L. Caspari S. Ignatov M.S. Konstantinova, N.A. Lockhart N. Papp B. Schröck C. SimSim M. et al. 2020. An annotated checklist of bryophytes of Europe, Macaronesia and Cyprus. Journal of Bryology. 42:1, 1-116.

Kürschner H. W. Frey. 2020. Liverworts, Mosses and Hornworts of Southwest Asia (*Marchantiophyta*, *Bryophyta*, *Anthocerotophyta*), Nova Hedwigia, 139, 1-240.

Nyholm E. 1986. Illustrated Flora of Nordic Mosses, Fasc. 1. Fissidentaceae-Seligeriaceae, 1-72, The Nordic Bryological Society, Lund.

Nyholm E. 1989. Illustrated Flora of Nordic Mosses, Fasc. 2. Pottiaceae-Splachnaceae-

- Schistostegaceae, 75-141, The Nordic Bryological Society, Lund.
- Nyholm E. 1993. Illustrated Flora of Nordic Mosses, Fasc. 3. Bryaceae-Rhodobryaceae Mniaceae-Cinclidiaceae-Plagiomniaceae. 145-244, The Nordic Bryological Society, Lund.
- Nyholm E. 1998. Illustrated Flora of Nordic Mosses, Fasc. 4. Aulacomniaceae-Meesiaceae-Catocopiaceae-Bartramiaceae-Timmiaceae-Encalyptaceae-Grimmiaceae-Ptychomitriaceae-Hedwigiaceae-Orthotrichaceae. 145-244, The Nordic Bryological Society, Lund.
- Özen Ö. Erata E. Batan N. Alataş M. 2019. Contributions to The Bryophyte Flora of Hayrat District (Trabzon - Turkey). Anatolian Bryology. 5:2, 107-113.
- Özdemir T. 1994. Sürmene (Trabzon) Yöresi Karayosunu (Musci) Florası, Turkish. journal of Botany, 18: 331-335
- Özdemir T. ve Batan, N. 2017. The bryophyte checklist of Trabzon Province of Turkey. Arctoa 26: 58-67.
- Paton J. 1999. The Liverworts Flora of the British Isles, ISBN: 0-946589-60-7, 626 pp, Harley Books, England.
- Smith A.J.E. 1996. The Liverworts of Britain and Ireland, ISBN: 0-521-42473-9, 384 pp Cambridge University Press, Cambridge.
- Smith A.J.E. 2004. The Moss Flora of Britain and Ireland. Second Edition, ISBN: 0-52181640-8, 1012 pp, Cambridge University Press, Cambridge.
- Yıldız A. 2011. Hayrat (Trabzon) Koşullarında Yetiştirilen Bazı Ahududu Ve Böğürtlen Çeşitlerinin Adaptasyonu, Yüksek Lisans Tezi, Ordu üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ordu.



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

DOI: 10.26672/anatolianbryology.1544951

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



***Cinclidotus pachylomoides* Bizot (Bryophyta) Ekstraktının Antidiyabetik Etkisi**

Ulaş DEĞİRMENCI¹ , Tülay EZER² *

¹Harran Üniversitesi, Eczacılık Fakültesi, Biyokimya Anabilim Dalı, Şanlıurfa, TÜRKİYE
²Niğde Ömer Halisdemir Üniversitesi, Mimarlık Fakültesi, Peyzaj Mimarlığı Bölümü, Niğde, TÜRKİYE

Received: 06 September 2024 Revised: 11 September 2024 Accepted: 24 September 2024

Öz

Tip 2 diyabet (T2D), 21. yüzyılda tüm uluslarda en önemli halk sağlığı sorunlarından biri olarak kabul edilmektedir. Diyabetin kronik hiperglisemisi, çeşitli organların uzun vadeli hasarı, işlev bozukluğu ve yetmezliği ile ilişkilidir. Postprandiyal hiperglisemi esas olarak bağırsakta glikozun hızlı emiliminden kaynaklanır ve burada α -glukozidaz diyetle alınan karbonhidratların hidrolizinde önemli bir rol oynar. Tip 2 diyabetin tedavisinde α -glukozidaz inhibisyonu etkili bir yaklaşım olarak kabul edilmektedir. Briyofitler, bitkiler aleminin ikinci büyük taksonomik grubu olup biyoçeşitliliğin ayrılmaz bir parçasıdır. Son zamanlarda ciğerotlarından ve karayosunlarından çok sayıda farklı biyoaktif madde izole edilmiştir. Bu çalışmada da GK/KS yöntemiyle ilk kez karakterizasyonu yapılan karayosunu türü *Cinclidotus pachylomoides* Bizot (Bryophyta) ekstraktının α -glukozidaz enzim inhibisyon etkisi araştırılmış olup orta düzeyde α -glukozidaz enzim inhibisyon etkisi olduğu tespit edilmiştir.

Anahtar kelimeler: Briyofit, *Cinclidotus pachylomoides*, karayosunu, tip 2 diyabet, α -glukozidaz

Antidiabetic Effect of *Cinclidotus pachylomoides* Bizot (Bryophyta) Extract

Abstract

Type 2 diabetes (T2D) is recognized as one of the most important public health problems in all nations in the 21st century. Chronic hyperglycemia of diabetes is associated with long-term damage, dysfunction and failure of various organs. Postprandial hyperglycemia is mainly caused by rapid absorption of glucose in the intestine, where α -glucosidase plays an important role in the hydrolysis of dietary carbohydrates. Inhibition of α -glucosidase is considered as an effective approach in the treatment of type 2 diabetes. Bryophytes are the second largest taxonomic group in the plant kingdom and are an integral part of biodiversity. Recently, a large number of different bioactive substances have been isolated from liverworts and mosses. In this study, the α -glucosidase enzyme inhibition effect of the extract of the moss species *Cinclidotus pachylomoides* Bizot (Bryophyta), which was characterized for the first time by GK/KS method, was investigated and it was found to have a moderate α -glucosidase enzyme inhibition effect.

Keywords: Bryophyte, *Cinclidotus pachylomoides*, mosses, type 2 diabetes, α -glucosidase

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

To cite this article: Değirmenci U. Ezer T. 2024. Antidiabetic Effect of *Cinclidotus pachylomoides* Bizot (Bryophyta) Extract. *Anatolian Bryology*. 10:2, 89-94.



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

1. Giriş

Dünya çapında ciddi bir sağlık sorunu olan Diyabetes Mellitus (DM), Dünya Sağlık Örgütü'nün (DSÖ) tahminine göre 2030 yılına kadar küresel çapta 7. önde gelen ölüm nedeni olacaktır (Ghosh ve ark., 2014). DM, kan dolaşımından hücrelere glikoz taşınmasında doğuştan (DM1) veya sonradan edinilmiş (DM2) yetersizlik ile ilişkili kronik bir metabolik hastalıktır ve kanda glikoz düzeyini yükseltmektedir (Gunawan-Puteri ve Kawabata, 2010). İndirgeyici şekerler proteinlerdeki amino gruplarıyla reaksiyona girebilmekte ve sonuçta reaktif ileri glikasyon son ürünlerinin (AGE'ler) geri döndürülemez oluşumuna neden olabilmektedir. Bu sürece enzimatik olmayan glikasyon adı verilmektedir ve diyabetin uzun vadeli komplikasyonlarında önemli bir rol oynadığı rapor edilmiştir (Szkudlarek ve ark., 2016). Diyabet, oluşma mekanizmasına bağlı olarak üç tipte olabilir: Tip 1 diyabet (T1D), Tip 2 diyabet (T2D) ve Gestasyonel diyabet. T1D, diyabetli hastaların yaklaşık %5 ile 10'unu etkilemektedir. İnsülin üreten pankreasın β hücrelerinin otoimmün aracılı seçici yıkımı nedeniyle oluşur. Mutlak insülin eksikliğine, hiperglisemiye, oksidatif strese, inflamasyona ve diğer metabolik komplikasyonlara yol açar (Li ve ark., 2014; Rashid ve ark., 2017). T2D prevalansı küresel diyabet hastaları arasında yaklaşık %90 olup 2035 yılı sonuna kadar 592 milyona ulaşacağı rapor edilmiştir (Zimmet ve ark., 2001). Adından da anlaşılacağı gibi, gestasyonel diyabet hamile kadınlarda görülmekte olup anne ve bebekte olumsuz klinik durumlarla sonuçlanmaktadır.

Hiperglisemi, tüm diyabet tiplerinin başlıca kriteridir ve tutarlılığı kardiyovasküler bozukluklar, böbrek yetmezliği, nöropati, lipid metabolizma bozuklukları vb. gibi çeşitli komplikasyonlara yol açar. Bu nedenle, diyabetik hastalarda kan glikoz seviyesini kontrol etmek çok önemlidir (Bello ve ark., 2014; Jiao ve ark., 2018). α -glukozidaz diyet oligosakkaritlerinin indirgeyici olmayan uçlarının hidrolitik bölünmesini katalizlemektedir. Bu nedenle, Diyabetes Mellitus tedavisine ilişkin çeşitli bitki kaynaklarından elde edilen α -glukozidaz inhibitörleriyle (AGİ'ler) yapılan araştırmalar enzim aktivitesini inhibe etme, oligosakkaritlerinin hidrolitik bölünmesini azaltma ve ince bağırsakta karbonhidrat sindirimini ve glikoz emilimini geciktiren α -glukoz salınımını azaltma stratejilerine yoğunlaşmıştır. Bu etki mekanizması, özellikle T2D'de diyabetli hastalarda kan glikoz seviyesini stabilize etmeye yönelik modern terapötik yaklaşımlardan biri olan postprandiyal hipergliseminin kontrol edilmesinde önemli bir rol oynamaktadır (Ghani, 2015).

Bryobiotina alt alemi içerisinde boynuzlu ciğerotları (Anthocerotophyta), ciğerotları (Marchantiophyta) ve yapraklı karayosunları (Bryophyta) olmak üzere üç bölümde sınıflandırılan briyofitler dünya çapında yaklaşık 28.000 taksonla temsil edilmekte olup vasküler bitkilerden sonra en büyük ikinci bitki grubudurlar (Mossang ve ark., 2021). Günümüzde yaşayan karasal bitkilerin atası olan bu bitkiler yaşayabilmeleri için karasal ortama, eşeyli üreyebilmek için de mutlak suya ihtiyaç duymaktadırlar. Bitkiler aleminin iki yaşamlılıları (Amphibia) olarak da nitelendirilen bu ilkel yapılı bitkiler yeryüzünde kutuplardan çöllere kadar okyanuslar hariç suyun veya nemin bulunduğu hemen hemen her iklimde yayılış gösterebilmektedir (Goffinet ve Shaw, 2009; Delwiche ve Cooper, 2015). Bu ilkel yapılı bitkilerin karasal yaşamın zorlu şartlarına uyum sağlamayı başarmalarındaki en önemli adaptif özellik oligosakkaritler, polisakkaritler, şeker alkollerini, amino asitler, yağ asitleri, alifatik bileşikler, fenilkinonlar ile aromatik ve fenolik maddeler de dahil olmak üzere çok sayıda sekonder metabolitlerin biyosentezidir (Glime, 2017). İlkel yapılarından dolayı çevrelerindeki en küçük değişimden doğrudan etkilenen bu bitkiler sentezledikleri sekonder metabolitler sayesinde rekabet, mikrobiyal saldırı, böcek ya da hayvan saldırıları gibi biyotik faktörlere karşı kendilerini savunabilmenin yanı sıra UV koruması, kuraklığa tolerans ve donma gibi abiyotik faktörlere karşı da hayatta kalma gücünü arttırmışlardır (Xie ve Lou 2009).

Briyofitler Çin, Hindistan ve yerli Amerika'nın bazı bölgelerinde çeşitli hastalıkların tedavisinde ilaç olarak kullanılmıştır (Chandra ve ark., 2017; Glime, 2017; Mossang ve ark., 2021). Dünya çapında karbonhidratlar, proteinler, lipitler, terpenler, polifenoller, steroidler, organik asitler, yağ asitleri, şeker alkollerini, aromatik ve alifatik bileşikler, fenilkinonlar, asetojeninler ve fenolik maddeler gibi önemli biyoaktiviteler gösteren çok çeşitli bileşiklerle donatılmış etno-farmakolojik öneme sahip yaklaşık 1000 briyofit türü çeşitli hastalıkların tedavisinde kullanılmaktadır (Asakawa, 2004; Halder ve Mitra, 2020).

Briyofitlerin anti-diyabetik aktivitesi üzerine yapılmış çalışmalar oldukça sınırlı kalmıştır. Türkiye'de bu konuda yapılmış ilk çalışma Kocazorbaz ve ark. (2021) tarafından gerçekleştirilmiş olup bir ciğerotu türü olan *Marchantia polymorpha* L. ve bir yapraklı karayosunu türü olan *Antitrichia californica* Sull.'nın dipeptidyl peptidase 4 (DPP-4) inhibitör aktivitesini ortaya çıkarmıştır. Ayrıca talluslu

çiğerothları *M. polymorpha* ve *Conocephalum conicum* (L.) Dumort. ekstraktlarının α -glukozidaz inhibitör aktivitesine sahip olduğunu rapor etmişlerdir.

Bu çalışmada, bir karayosunu türü olan *Cinclidotus pachylomoides* Bizot'un ilk kez karakterizasyonu yapılarak α -glukozidaz enzim inhibisyon etkisi araştırılmış olup dünya çapında önemli bir sağlık sorunu olan Diyabetes Mellitus tedavisine yönelik yeni ve modern terapötik etkili bitki kaynaklarına bir yenisinin eklenmesi amaçlanmıştır.

2. Materyal ve Yöntemler

2.1. Bitki materyali

Bitki materyali Niğde, Çamardı, Bademdere, Aladağlar Milli Parkı, Maden Boğazı başlangıcı, Totari Çayı içerisi, 1721 m, 37°55'03.79" K, 35°08'01.93"D, Temmuz 2023'te kaya üzerinden Prof. Dr. Tülay Ezer tarafından toplanmış olup toplanan briyofit örnekleri yine Prof. Dr. Tülay Ezer tarafından ilgili literatürler kullanılarak teşhis edilmiştir (Erdağ ve Kürschner, 2011).

2.2. Ekstraksiyon

Karayosunu türü olan *C. pachylomoides*'in gametofiti oda sıcaklığında kurutulup toz haline getirilmiştir. Ekstraksiyon, süperkritik akışkan ekstraksiyon yöntemi kullanılarak 180 bar basınç, 50 °C sıcaklıkta ve kosolvent olarak %5 (v/v) etanol kullanılarak Superex F-500 (Türkiye) cihazında yapılmıştır. Elde edilen ekstreden GK/KS analizi için ayrılarak çalışma gününe kadar -20 °C'de saklanmış, kalan ekstre ise liyofilize edilerek enzim aktivite çalışması yapılana kadar +4 °C'de muhafaza edilmiştir.

2.3. GK/KS analizi

GK/KS analizi wax kolon kullanılarak Schimadzu GCMS-QP 2020 sisteminde yapılmış olup (RESTEK Rtx-Wax kolon, 30m x 0,25mm x 0,25 μ m film kalınlığı) taşıyıcı gaz helyumdur (3mL/dk). GK fırın sıcaklığı 40 °C'de 1 dk tutulduktan sonra dakikada 10 °C artışla 150 °C'ye çıkarılmış, ardından 2 dk tutulduktan sonra dakikada 3 °C artışla 240 °C'ye çıkarılarak 16 dk tutulmuştur. Enjektör sıcaklığı 250 °C, split oranı 100:1 olarak ayarlanmıştır. Kütle spektrumları 70 eV'de kaydedilmiş ve kütle aralığı 35-1000 m/z arasında tutulmuştur.

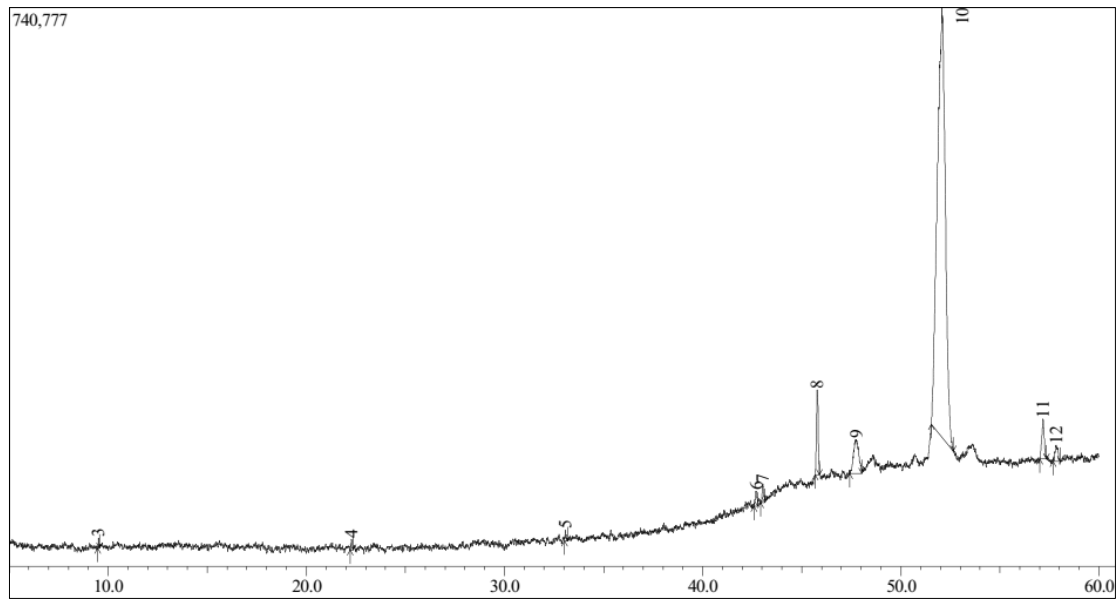
2.4. α -glukozidaz enzim aktivite çalışması

C. pachylomoides ekstresinin farklı dozlarının α -glukozidaz inhibisyon etkisini belirlemek için Yuan ve ark. (2012) tarafından kullanılan yöntem küçük modifikasyonlarla değiştirilerek uygulanmıştır (Zhang ve ark., 2021). Ekstre DMSO'da çözülerek farklı konsantrasyonlar hazırlanmış, 20 μ L örnek 100 μ L α -glukozidaz solüsyonuna (pH 6,9, 0,1 U/L, 0,1M fosfat tamponunda) eklenmiştir. Karışım 25 °C'de 10 dakika inkübe edilmiştir. 50 μ L pNPG solüsyonu (pH 6,9, 5 mM, 0,1M fosfat tamponunda) eklenerek 25 °C'de 5 dakika inkübe edilmiştir. İnkübasyon öncesi ve sonrasında 405 nm'de ölçüm yapılmış olup standart için genistein kullanılmıştır.

3. Sonuçlar ve Tartışma

3.1. *C. pachylomoides* ekstresi GK/KS analiz sonucu

C. pachylomoides süperkritik karbondioksit (etanol %5 v/v) ekstresinin GK/KS grafiği Şekil 1'de verilmiştir.



Şekil 1. GK/KS grafiği

Analiz sonuçları 7 bileşen ortaya çıkarmıştır. Bunlar sırasıyla; asetik asit (%0,19), 2-pentadekanon, 6,10,14-trimetil- (%0,35), 1,2-benzenedikarboksilik asit, bis(2-metilpropil) ester (%0,29), n-Heksadekanoik asit (%0,70), tetrakozan (%0,76), N-bütül-benzensülfonamid (%3,67), 3-pentadesil-fenol (%93,07).

3.2. Antidiyabetik Aktivite

α -glukozidaz inhibisyon aktivitesi % inhibisyon olarak ifade edilmiş ve aşağıdaki şekilde hesaplanmıştır:

$$\% \text{ inhibisyon} = [(A_{\text{kontrol}} - A_{\text{örnek}}) / A_{\text{kontrol}}] \times 100$$

C. *pachylomoides* ekstresinin farklı konsantrasyonlarının yüzde inhibisyon değerleri Tablo 1’de verilmiştir.

Tablo 1. C. *pachylomoides* ekstresinin % α -glukozidaz inhibisyon değerleri

Konsantrasyon ($\mu\text{g/mL}$)	% α -glukozidaz inhibisyonu	% Genistein inhibisyonu
5	%12,86 \pm 0,86	%68,15 \pm 0,77
10	%14,01 \pm 1,18	%79,56 \pm 0,24
15	%18,74 \pm 0,54	%81,19 \pm 0,97
25	%24,60 \pm 1,24	%80,18 \pm 1,22
50	%28,08 \pm 0,92	%77,97 \pm 0,67

Çalışma sonuçlarına göre standardın %100 inhibisyon etkisi göstermediği saptanmıştır. Bu nedenle, genisteinin %100 inhibisyonu varsayılarak yapılan hesaplamada C. *pachylomoides* ekstresinin genisteine kıyasla orta düzeyde antidiyabet aktivitesi gösterdiği tespit edilmiştir.

Diyabetes Mellitus, 21. yüzyılda tüm ülkelerde en önemli halk sağlığı sorunlarından biri olarak kabul edilmektedir. Diyabetin kronik hiperglisemisi uzun vadede çeşitli organlarda hasar, fonksiyon bozukluğu ve yetmezliğe neden olmaktadır. α -glukozidaz, karbonhidatların sindirim sürecindeki son adımı katalize eden anahtar enzimdir. α -glukozidaz inhibisyonu, yemeklerden sonra glikoz emilimini geciktirdiği için Tip 2 diyabet için etkili bir tedavi seçeneği olarak görülmektedir. İnhibitörler glikozidaz aktivitesini kompetitif olarak inhibe ederek glikozun hızlı parçalanmasını önler ve böylece kan glikoz düzeyini kontrol altında tutarlar (Wang ve ark., 2020). Şifalı bitkiler ve halk bitkisel ilaçları üzerine yapılan çalışmalar, bitkilerin birçok hastalıkta önemli olan çok sayıda kimyasal olarak aktif bileşik ürettiğini göstermiştir. İkincil metabolitler olarak adlandırılan bu kimyasal bileşikler bitkinin farklı stres koşulları sırasında hayatta kalma şansını arttırmak gibi çeşitli ekolojik roller üstlenirler (Al-Malki, 2019). Fenolik bileşiklerin radikal temizleyici olarak hareket ettiği

çeşitli araştırmacılar tarafından bildirilmiştir (Wong ve ark., 2006; Tusevski ve ark., 2013). Fenolik grubun yanı sıra alkaloidler ve terpenoidler gibi diğer biyoaktif metabolitlerin de biyolojik aktivitelere katkıda buldukları düşünülmektedir. En ilkel karasal bitki grubu olan briyofitlerin bazı üyelerinin antibakteriyel ve antikanser özellikleri bilinmektedir (Yongabi ve ark., 2016, Abu-Izneid ve ark., 2020). İnsülin duyarlılığında azalma ve postprandiyal hiperglisemi, tip 2 diyabetin özellikleridir (Mousinho ve ark., 2013). Postprandiyal hiperglisemiyi düşürmek diyabetin kontrolü için önemli önlemlerden biridir. Postprandiyal hiperglisemi, α -amilaz ve α -glukozidaz (karbonhidrat hidrolize eden enzimler) enzimlerinin aktivitesini inhibe ederek kontrol edilebilir (Ali ve ark., 2006). Bu konuda C. *pachylomoides* ile ilgili herhangi bir çalışmaya rastlanmamıştır. Ancak, Mukhia ve ark. (2019) briyofit üyelerinden talluslu ciğerotu türü olan *Lunularia cruciata* (L.) Dumort. ex Lindb.’nın metanol ekstresi ile yapmış oldukları çalışmada elde edilen sonuçlar benzer şekilde α -glukozidaz inhibitör etkisinin varlığını ortaya çıkarmıştır.

Akarboz, vogliboz, miglitol ve emiglitat gibi α -glikosidaz inhibe edici özelliklere sahip antidiyabetik ilaçlar postprandiyal hipergliseminin kontrol altına alınması için kullanılmaktadır. Bununla birlikte, bu ilaçların düzenli tüketimi ishal, kusma, şişkinlik, şiddetli mide ağrısı, alerjik reaksiyonlar vb. gibi çeşitli yan etkilere yol açabilmektedir (Patil ve ark., 2015). Diyabet tedavisinde yüksek etkili ve düşük toksisiteli ilaç elde etmek araştırmaların odak noktası haline gelmiştir. Bu nedenle, doğal kaynaklardan α -glukozidaz inhibitörlerinin izolasyonu oldukça önemlidir.

Deklarasyon

Yazar katkıları

Fikir/Kavram, UD, TE; Tasarım ve dizayn, UD, TE; Denetleme danışmanlık, TE; Kaynaklar, UD, TE; Malzemeler, UD, TE; Ver toplama ve/veya işleme, UD, TE; Analiz ve/veya yorum, UD, TE; Literatür taraması, UD, TE; Yazım aşaması, UD, TE; Eleştirel inceleme, TE.

Çıkar çatışması

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

Finansman

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

Etik onay

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

Kaynaklar

- Abu-Izneid T. Rauf A. Shariati M.A. Khalil A.A. Imran M. Rebezov M. Uddin Md.S. Mahomoodally M.F. Rengasamy K.R.R. 2020. Sesquiterpenes and their derivatives-natural anticancer compounds: An update. *Pharmacological Research*.161:105165.
- Ali H. Houghton P.J. Soumyanath A. 2006. α -Amylase inhibitory activity of some Malaysian plants used to treat diabetes; with particular reference to *Phyllanthus amarus*. *Journal of Ethnopharmacology*. 107:3, 449-55.
- Al-Malki A.L. 2019. Oat attenuation of hyperglycemia-induced retinal oxidative stress and NF- κ B activation in streptozotocin-induced diabetic rats. *Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine*. 1-8.
- Asakawa Y. 2004. Chemosystematics of the Hepaticae. *Phytochemistry*. 65:6, 623-669.
- Bello N.A. Pfeffer M.A. Skali H. McGill J.B. Rossert J. Olson K.A. Weinrauch L. Cooper M.E. de Zeeuw D. Rossing P. 2014. Retinopathy and clinical outcomes in patients with type 2 diabetes mellitus, chronic kidney disease, and anemia. *BMJ Open Diabetes Research & Care*. 2, e000011.
- Chandra S. Chandra D. Barh A. Pandey R.K. Sharma I.P. 2017. Bryophytes: Hoard of remedies, an ethnomedicinal review. *Journal of Traditional and Complementary Medicine*. 7:1, 94-98.
- Delwiche C.F. Cooper E.D. 2015. The Evolutionary Origin of a Terrestrial Flora. *Current Biology*. 25, 899-910.
- Erdağ A. Kürschner H. 2011. The *Cinclidotus* P. Beauv./*Dialytrichia* (Schimp.) Limpr. complex (Bryopsida, Pottiaceae) in Turkey. *Botanica Serbica*. 35:1, 13-29.
- Ghani U. 2015. Re-exploring promising α -glucosidase inhibitors for potential development into oral anti-diabetic drugs: finding needle in the haystack. *European Journal of Medicinal Chemistry*. 103: 133-162.
- Ghosh S. More P. Derle A. Patil A.B. Markad P. Asok A. Kumbhar N. Shaikh M.L. Ramanamurthy B. Shinde V.S. et al. 2014. Diosgenin from *Dioscorea bulbifera*: novel hit for treatment of type II diabetes mellitus with inhibitory activity against α -amylase and α -glucosidase. *PLoS One*. 12:9(9), e106039.
- Glime J.M. 2017. Medical uses: medical conditions. Chapt. 2-1. In: Glime, J. M. *Bryophyte Ecology 5. Uses*. Ebook accessed (give date) at <<https://digitalcommons.mtu.edu>>.
- Goffinet B. Shaw A.J. 2009. *Bryophyte Biology*, Second Edition, Cambridge, UK: Cambridge University Press, The Edinburgh Building.
- Gunawan-Puteri M.D.P.T. Kawabata J. 2010. Novel α -glucosidase inhibitors from *Macaranga tanarius* leaves. *Food Chemistry*. 123:2, 384-389.
- Halder K. Mitra S. 2020. A short review of the ethnomedicinal perspectives of bryophytes. *International Journal of Ecology and Environmental Sciences*. 46:1, 73-81.
- Jiao Y. Hua D. Huang D. Zhang Q. Yan C. 2018. Characterization of a new heteropolysaccharide from green guava and its application as an α -glucosidase inhibitor for the treatment of type II diabetes. *Food & Function*. 9: 3997-4007.
- Kocazorbaz E.K. Tok K. Moulahoum H. Ün R.N. 2021. Phytochemical and Bioactivity Analysis of Several Methanolic Extracts of Nine Bryophytes Species. *Sakarya University Journal of Science*. 25:4), 938-949.
- Li M. Song L.J. Qin X.-Y. 2014. Advances in the cellular immunological pathogenesis of type 1 diabetes. *Journal of Cellular and Molecular Medicine*. 18: 749-758.
- Mossang P. Chimyang N. Shankar V. Mangangcha I.R. Evelin H. 2021. Bryophytes in Medicines. *Journal of Bioresources*. 8:1, 1-23.
- Mousinho N.M.H.D.C. Tonder J.J.V. Vanessa S. 2013. In vitro anti-diabetic activity of *Sclerocarya birrea* and *Ziziphus mucronata*. *Natural Product Communications*. 8: 1279-84.
- Mukhia S. Mandal P. Singh D.K. Singh D. 2019. Comparison of pharmacological properties and phytochemical constituents of in vitro propagated and naturally occurring liverwort *Lunularia cruciata*. *BMC Complementary and Alternative Medicine*. 19:1, 181.
- Patil P. Mandal S. Tomar S.K. Anand S. 2015. Food protein-derived bioactive peptides in management of type 2 diabetes. *European Journal of Nutrition*. 54: 863-880.
- Rashid K. Chowdhury S. Ghosh S. Sil P.C. 2017. *Curcumin attenuates* oxidative stress induced NF κ B mediated inflammation and endoplasmic reticulum dependent apoptosis

- of splenocytes in diabetes. *Biochemical Pharmacology*. 143: 140–155.
- Szkudlarek A. Sułkowska A. Maciążek-Jurczyk M. Chudzik M. 2016. Równicka-Zubik J. Effects of non-enzymatic glycation in human serum albumin. *Spectroscopic analysis. Spectrochimica Acta Part A: Molecular and Biomolecular Spectroscopy*. 5;152, 645-53.
- Tusevski O. Stanoeva J.P. Stefoya M. Simic S.G. 2013. Phenolic profile of dark-grown and photoperiod exposed *Hypericum perforatum* L. hairy root cultures. *The Scientific World Journal*. Article ID 602752.
- Xie C.F. Lou H.X. 2009. Secondary Metabolites in Bryophytes: An Ecological Aspect. *Chemistry & Biodiversity*. 6: 303-312.
- Wang S. Xie X. Zhang L. Hu Y.M. Wang H. Tu Z.C. 2020. Inhibition mechanism of α -glucosidase inhibitors screened from *Artemisia selengensis* Turcz root. *Industrial Crops and Products*. 2020;143.
- Wong S.P. Lai P.L. Jen H.W.K. 2006. Antioxidant activities of aqueous extracts of selected plants. *Food Chemistry*. 99:775-83.
- Yongabi K.A. Novakovic M. Bukvicki D. Reeb C. Asakawa Y. 2016. Management of Diabetic Bacterial Foot Infections with Organic Extracts of Liverwort *Marchantia debilis* from Cameroon. *Natural Product Communications*. 11:9, 1333-1336.
- Yuan S. Cohen D.B. Ravel J. Abdo Z. Forney L.J. 2012. Evaluation of Methods for the Extraction and Purification of DNA from the Human Microbiome. *PLoS ONE* 7:3, e33865.
- Zhang L. Xu Q. Zhu J. Xia G. Zang H. 2021. Synthesis, α -glucosidase inhibition and molecular docking studies of tyrosol derivatives. *Natural Product Research*. 35:10, 1596-1604.
- Zimmet P. Alberti K. Shaw, J. 2001. Global and societal implications of the diabetes epidemic. *Nature*. 414, 782.



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

DOI: 10.26672/anatolianbryology.1562063

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



Liverwort (Marchantiophyta) and Hornwort (Anthocerotophyta) Flora of Yenice District (Çanakkale): New Floristic Findings from the Northern Part of Mount Ida (Kaz Dağı)

Özcan ŞİMŞEK¹ *

¹Çanakkale Onsekiz Mart University, Yenice Vocational School, Forestry Department, Çanakkale, TÜRKİYE

Received: 05 October 2024

Revised: 25 November 2024

Accepted: 26 November 2024

Abstract

The Yenice district of Çanakkale stands out due to its diverse land features, being part of the Kaz Dağı (Mount Ida), its expansive coniferous and deciduous forests, and its potential for high biological diversity and endemism. It also provides highly suitable habitats for liverworts. However, the absence of legally protected areas highlights the need for a detailed assessment of the region's biodiversity. Liverworts are key components of floristic biological richness. Nevertheless, studies on the liverwort flora in both Çanakkale province and Yenice district are quite limited. Based on these considerations, this study aimed to investigate the liverwort flora of the Yenice district. During the study, a total of 295 liverwort specimens were collected from 74 different sites representative of the district's various regions. The collected specimens were identified using appropriate methods and preserved as herbarium material. As a result of the study, 29 liverwort species from 17 families and 1 hornwort species were identified from the area. Of the identified species, 7 taxa are new records for the B6 grid square according to Henderson's grid system (1961), and 13 taxa are new records for Çanakkale province.

Keywords: Liverworts, Marchantiophyta, Anthocerotophyta, Flora, Yenice, Hornworts, Türkiye

Yenice İlçesi (Çanakkale) Ciğerotları (Marchantiophyta) ve Boynuzotları (Anthocerotophyta) Florası: Kaz Dağının Kuzey Bölümünden Yeni Floristik Bulgular

Öz

Çanakkale'nin Yenice ilçesi, farklı tiplerde arazi özelliklerine sahip olması, Kaz Dağı ekosisteminin bir parçası olması, ibrelili ve yaprak döken geniş ormanlara sahip olması, biyolojik çeşitlilik ve endemizm oranının yüksek olma potansiyeli taşıması, ciğerotları için son derece uygun habitatlara sahip olması ile dikkat çekmektedir. Buna rağmen yasal mevzuatlarla korunan alanlarının olmaması bu bölgedeki biyolojik çeşitliliğinin detaylı bir şekilde ortaya konulması ihtiyacını göstermektedir. Ciğerotları da floristik biyolojik zenginliğin önemli birer unsurudur. Bununla birlikte gerek Çanakkale ilinde gerekse Yenice ilçesinde ciğerotları florası konusunda yapılan çalışmalar oldukça kısıtlıdır. Bu sebeplerden yola çıkarak gerçekleştirilen bu çalışma ile Yenice ilçesinin ciğerotları florası araştırılmıştır. Çalışma boyunca Yenice ilçesinin çeşitli bölgelerinde alanı temsil edebilecek özellikte toplamda 74 farklı noktadan 295 ciğerotu örneği toplanmıştır. Toplanan örnekler uygun yöntemlerle teşhis edilerek herbaryum materyali haline getirilmiştir. Yapılan çalışmanın sonucunda alandan toplam 17 familyaya ait 29 ciğerotu türü ile 1 boynuzotu türü tespit edilmiştir. Tespit edilen ciğerotlarından 7 takson Henderson kareleme sistemine (1961) göre B6 karesi için, 13 ciğerotu taksonu ise Çanakkale ili için yeni kayıttır.

Anahtar kelimeler: Ciğerotları, Marchantiophyta, Boynuzotları, Anthocerotophyta, Flora, Yenice, Türkiye

* Corresponding author: ozcan.simsek@gmail.com

To cite this article: Şimşek Ö. 2024. Liverwort (Marchantiophyta) and Hornwort (Anthocerotophyta) Flora of Yenice District (Çanakkale): New Floristic Findings from the Northern Part of Mount Ida (Kaz Dağı). *Anatolian Bryology*. 10:2, 95-109.



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

1. Introduction

Türkiye, which is located in a highly significant geographical region, is remarkably rich in terms of biological diversity. Its geography, location, ecology, climate, soil and geological features, elevation differences, as well as the presence of wetlands and coastal areas are among the primary factors contributing to this biological richness. However, further research is needed to fully uncover the potential of this biodiversity (Alataş and Ursavaş, 2019; Ursavaş and Keçeli, 2019a; Keçeli et al. 2011a).

Bryophytes form the second-largest group of terrestrial plants in terms of the number of taxa, following seed plants. Initially, bryophytes were classically studied under three classes (Hepaticeae, Anthocerotae and Musci) within the division Bryophyta. However, following recent molecular phylogeny studies, they are now classified under three separate divisions (Goffinet and Shaw, 2009): These divisions are:

- Marchantiophyta (Liverworts, approximately 5000 species),
- Anthocerotophyta (Hornworts, approximately 150 species),
- Bryophyta (Mosses, approximately 13000-15000 species) (Goffinet and Shaw, 2009).

Liverworts have a broad distribution across the globe, from tropical regions, where sufficient moisture supports their survival, to the subantarctic and subarctic regions. Although liverworts are considered terrestrial plants, they can also be found along water edges and sometimes entirely submerged in water. Liverworts are widespread particularly in regions with humid climates, shaded areas, and freshwater edges. In addition, bryophytes can also survive in extreme conditions, such as arid environments where soil and moisture are scarce. Bryophytes are found in areas where many plants cannot survive, such as tree bark and exposed rock surfaces (Schofield, 2001).

Based on these characteristics, it is believed that the Yenice district of Çanakkale provides an exceptionally suitable geography for the habitat formation of liverworts. Yenice District is located in the southern Marmara region of the Marmara region, in the inland areas of the Biga Peninsula. It is situated in the southeast of Çanakkale province.

With a surface area of 1367 km², Yenice is the largest district in Çanakkale. It is bordered by Balıkesir to the east and south, Bayramiç to the southwest, Çan to the west and northwest, and Biga to the north (Figure 1) (URL 1).

In the Yenice district, part of the terrain is volcanic, with widespread crystalline schists. In some areas, bedrock is limestone. Specifically, the region around Pazarköy is a continuation of Kazdağı (Mount Ida) (Figure 2). As a result, volcanic terrains, limestone terrains, schistous terrains, as well as granite and gneiss formations are frequently encountered in Yenice. Quaternary-aged alluvium is observed in the plains (Anonymous, 1999).

The terrain of Yenice district, like the Biga Peninsula it is part of, consists of low-elevation, rugged areas. The altitude of the district center is 276m above sea level. The main elevations in the district include Aladağ (963 m), Sakar Mountain (Asar 929 m), and Güre Mountain in the north of the district. Asar Mountain extends along east-west ridges in the southern part of the district, with a fragmented appearance due to its valleys. Yenice district also features broad plains situated between the mountains, which are tectonic in origin, having formed due to the collapse of the Earth's crust. These plains were created by the accumulation of alluvium brought by rivers into the areas where the crust has fractured and collapsed. The presence of the North Anatolian Fault passes through Yenice indicates that these plains are of tectonic origin. Among these plains, the Yenice and Agonya plains are connected by a natural passage. Surrounded by elevations, these plains can also be referred to as intermontane plains. The Agonya plain covers a large area between Kalkım, Hamdibey, and Pazarköy, stretching in a narrow strip towards the southwest for 25-30 km. In the small section of the Agonya plain around Pazarköy, there are alluvial soils, while other areas are covered by azonal (young) soils, which lack a distinct genetic layer, meaning there is no differentiation in the topsoil section. These soils, referred to as colluvial, resemble alluvial soils in their formation, but differ in that their soil layers are not homogeneous and often have gravelly sublayers. These soils are suitable for agriculture (Anonymous, 1999).



Figure 1. Location of Yenice District (Adopted from URL 2)

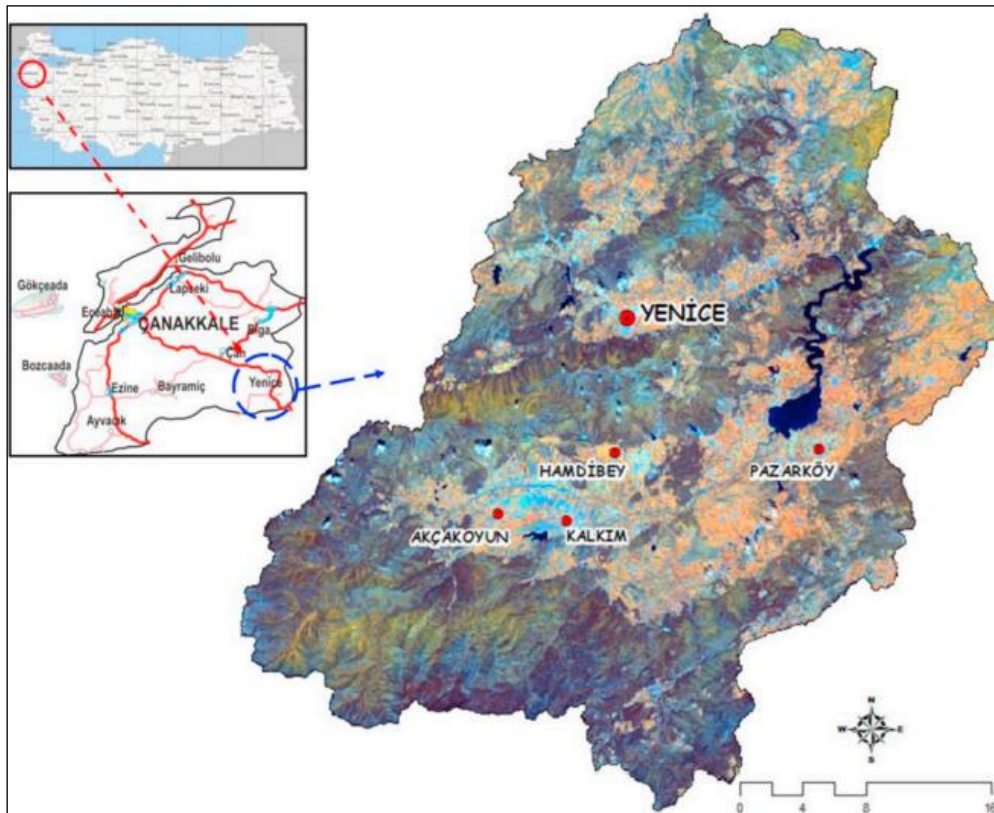


Figure 1. Yenice District (Ayhan et.al, 2020)

In terms of climate, the district experiences the Marmara climate, which is a mix of Mediterranean, Black Sea, and continental climates. This is reflected in the vegetation, as plant species typical of the Mediterranean, Black Sea, and continental climates can all be found in the district. Mediterranean climate characteristics are more pronounced in the southern parts of the district. However, due to the influence of latitude and continentality, the Mediterranean climate has lost some of its features in this region. Summers in these areas are dry and hot, while winters are mild and rainy. The climate around the district center is more continental, while the rest of the district experiences the Marmara climate. Summers are mild and dry, while winters are cold and rainy (Anonymous, 1999; Ursavaş and Keçeli, 2021).

January is the coldest month and July is the hottest. The district receives moderate rainfall, with an annual average of approximately 600-700 mm. Of this rainfall, 15.8% occurs in spring, 15.5% in summer, 50% in autumn, and 18.7% in winter. December is the wettest month, while August is the driest. Frost days are recorded from October to April. Winds in the district predominantly blow from the northeast and southwest, with occasional strong southwesterly winds (Anonymous, 1999).

Small streams originate from the district's lands, forming the headwaters of the Gönen River and Kocaçay. These streams flow into the Sea of Marmara, giving the rivers in Yenice an open basin characteristic. The Gönen River flows southwest to northeast, then turns north, eventually receiving the Yenice stream from the northwest before flowing northeast again. The tributaries of the Gönen River swell in winter and flood, while their flow significantly decreases in summer. The streams in Yenice are mainly fed by rain and snowmelt (Anonymous, 1999).

One of the most notable features of the Yenice district is its vegetation and land use (Figure 3). Forest areas cover 90,628 ha of the district's land, accounting for 66.2%. Consequently, forests are closely tied to the livelihoods of many local settlements, providing partial economic support. There are two Forest Management Directorates within the district. Due to the influence of elevation, and thus varying microclimatic and growth conditions, different tree species and mixed forest

communities can be found in the forested areas. In some parts of the forests, single-species communities dominate (such as *Abies nordmanniana* subsp. *equi-trojani* (Asch. & Sint. ex Boiss.) Coode & Cullen) and *Pinus nigra* J.F. Arnold communities), while in other areas, mixed forests of broad-leaved and coniferous species are common (Anonymous, 1999).

The region's forests contain species typical of the Mediterranean, Black Sea and continental climates. The main tree species in the district's forests are: Turkish pine (*Pinus brutia* Ten.), black pine (*Pinus nigra* J.F. Arnold), oak species (*Quercus cerris* L., *Q. petraea* (Matt.) Liebl., *Q. frainetto* Ten.), chestnut (*Castanea sativa* Mill.), Kazdağı fir (*Abies nordmanniana* subsp. *equi-trojani* (Asch. & Sint. ex Boiss.) Coode & Cullen), hornbeam (*Carpinus betulus* L.), oriental beech (*Fagus orientalis* Lipsky), oriental plane (*Platanus orientalis* L.), alder (*Alnus glutinosa* (L.) Gaertn.), elm (*Ulmus minor* Mill.), ash (*Fraxinus excelsior* L.), silver linden (*Tilia tomentosa* Moench), hazel (*Corylus avellana* L. and *C. maxima* Mill.), strawberry tree (*Arbutus unedo* L.), Grecian strawberry tree (*Arbutus andrachne* L.), tree heath (*Erica arborea* L. and *E. manipuliflora* Salisb.), cornelian cherry (*Cornus mas* L.), laurel (*Laurus nobilis* L.), rockrose (*Cistus creticus* L. and *C. salviifolius* L.), dog rose (*Rosa canina* L.), spring clematis (*Clematis cirrhosa* L.), English ivy (*Hedera helix* L.), blackberry (*Rubus canescens* DC. and *R. caesius* L.), and stinging nettle (*Urtica dioica* L.) (Anonymous, 1999).

The Yenice district of Çanakkale province, selected as the research area, stands out as part of the Kaz Dağı (Mount Ida) ecosystem, which is recognized for its high biological diversity. In terms of land use, the district's large, forested area, humid climatic characteristics, and diverse topographic features such as rivers, lakes, and valleys create an extremely favorable natural environment for the establishment of habitats for liverworts. Therefore, this region is considered significant in terms of liverwort species diversity. In this context, the primary rationale for this research is the lack of detailed studies on the liverwort flora of the area. The aim is to identify the liverwort flora of the region, contribute to the completion of studies on Türkiye's liverwort flora, and fill a gap in this field.

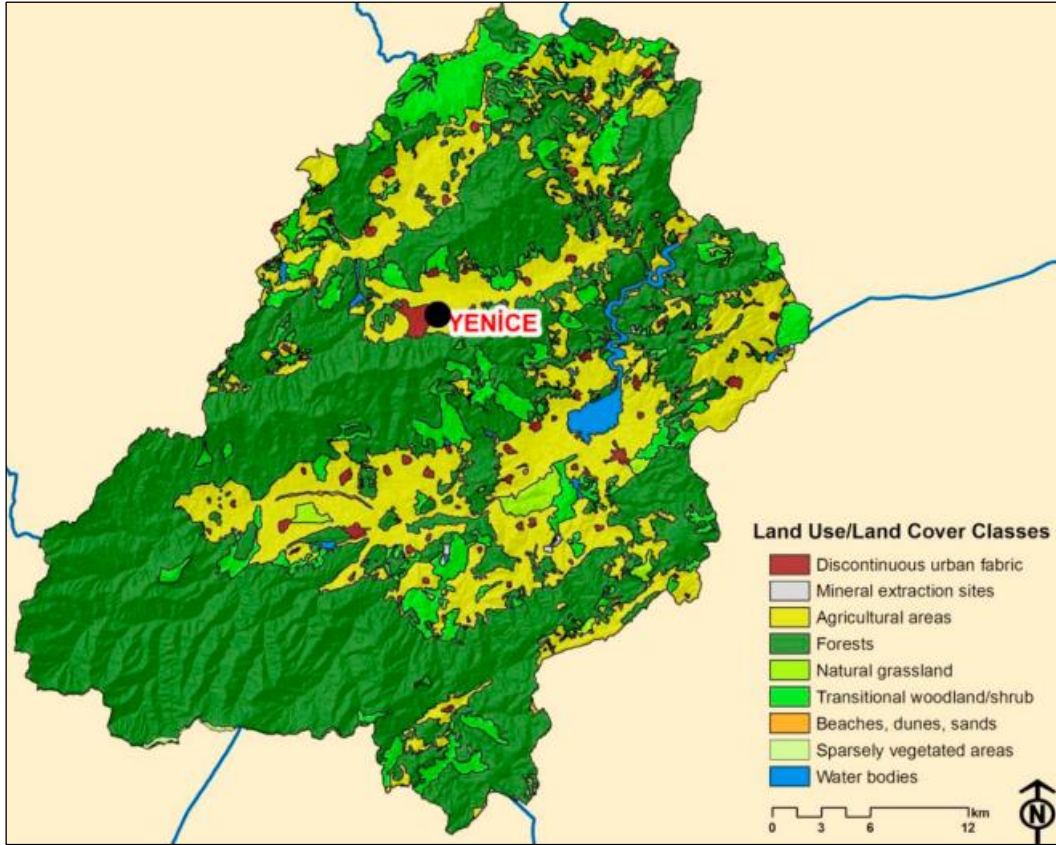


Figure 2. Land use map of Yenice district (Ayhan et.al 2020)

2. Material And Method

The research material consists of liverwort specimens collected from designated stations in the Yenice District spanning February 2021 and February 2023, during various periods characterized by varying vegetation and climatic conditions. The Yenice District, selected as the research area, is located in Türkiye's Marmara Region, and according to Henderson's (1961) grid system, it falls within the B6 grid (Keçeli and Ursavaş, 2019; Figure 4).

During the fieldwork, each selected station was assigned a number. The station's latitude, longitude, and elevation were determined using GPS and recorded along with the station number in the field notebook. These details are provided in Table 1. The Google Earth image and map showing the locations of the stations are presented in Figure 5.

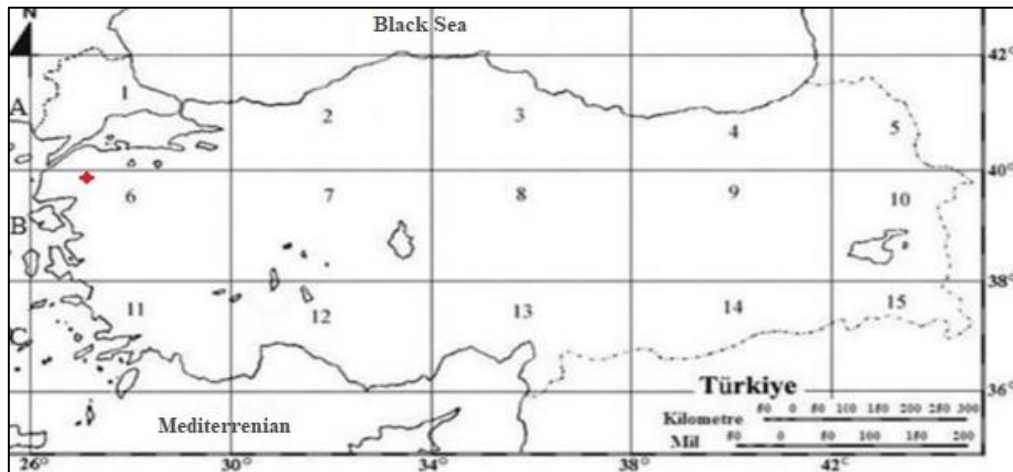


Figure 3. Henderson (1961) grid system and location of the research area

Table 1. Coordinate and altitude information of the stations (according to the “decimal degree system”)

Station No	Latitude	Longitude	Altitude	Location
1	39,94866667	27,21213889	342 m	Between Davutköy and Torhasan Lakes
2	39,94191667	27,17677778	330 m	South of Çınarcık village
3	39,93069444	27,16786111	350 m	Between Çınarcık and Sazak villages
4	39,92755556	27,16763889	426 m	Between Çınarcık and Sazak villages
5	39,92255556	27,16994444	455 m	Between Çınarcık and Sazak villages
6	39,79297222	27,14375	334 m	Southwest of Akköy village
7	39,79136111	27,14369444	371 m	Southwest of Akköy village
8	39,78672222	27,14527778	350 m	Southwest of Akköy village
9	39,85616667	27,09772222	640 m	North of Yukarıçavuş village
10	39,86061111	27,09027778	742 m	North of Yukarıçavuş village
11	39,83668611	27,09608889	404 m	North of Yukarıçavuş village
12	40,01269444	27,287	304 m	Between Sofular and Bekten villages
13	40,01286111	27,28586111	286 m	Between Sofular and Bekten villages
14	39,97405556	27,26027778	330 m	North of Nevruz village
15	39,96541667	27,26063889	382 m	North of Nevruz village
16	39,91636111	27,25983333	391 m	South of Gökmar Hotel (Yenice)
17	39,91438889	27,25794444	434 m	South of Gökmar Hotel (Yenice)
18	39,91713889	27,25775	350 m	South of Gökmar Hotel (Yenice)
19	39,90558333	27,29397222	542 m	2 km north of Namazgah village
20	39,911	27,2985	454 m	3 km north of Namazgah village
21	39,90563889	27,27311111	755 m	Paragliding runway (Southwest of Yenice)
22	39,91619444	27,18408333	506 m	2 km east of Sazak village
23	39,92522222	27,20605556	400 m	South of Davutköy and Torhasan Ponds
24	39,93033333	27,2135	393 m	South of Davutköy and Torhasan Ponds
25	39,93077778	27,21183333	367 m	South of Davutköy and Torhasan Ponds
26	39,94036111	27,22461111	311 m	East of Davutköy Pond
27	39,88919444	27,39877778	150 m	West of Haydaroba village
28	39,90363889	27,39213889	166 m	East of Gümüşler village
29	39,97425	27,45133333	108 m	Northeast of Gönen/Yenice Pond
30	39,75855556	26,97227778	1442 m	Tavşanoynağı fire watchtower
31	39,76802778	26,97116667	1310 m	Dalaksuyu location
32	39,77130556	26,99261111	1066 m	East of Dalaksuyu location
33	39,757	27,02025	527 m	4 km southeast of Dalaksuyu
34	39,77302778	27,11091667	333 m	6 km northwest of Akçakoyun village
35	39,753	27,04713889	456 m	7 km southeast of Dalaksuyu
36	39,76516667	27,12580556	362 m	500 m northwest of İdagonya camping
37	40,01697222	27,23366667	388 m	North of Torhasan village
38	40,03338889	27,24780556	346 m	South of Güveyleler Obası
39	39,99255556	27,22855556	292 m	Between Davutköy and Torhasan Villages
40	39,78019444	27,19197222	262 m	Northwest of Karaaydın Village
41	39,77530556	27,18755556	255 m	Northwest of Karaaydın Village

Station No	Latitude	Longitude	Altitude	Location
42	39,77463889	27,17138889	312 m	Northwest of Karaaydın Village
43	39,76186111	27,21480556	295 m	Southwest of Kalabakbaşı village
44	39,75125	27,26330556	301 m	South of Kıraçoba village
45	40,00555556	27,18844444	517 m	North of Yukarıkaraşık village
46	39,95652778	27,15861111	364 m	Near Çınarcık Pond
47	39,90613889	27,20244444	482 m	Between Yenice town and Sazak village
48	39,89980556	27,20311111	615 m	Between Yenice town and Sazak village
49	39,90177778	27,20363889	626 m	Between Yenice town and Sazak village
50	39,89675	27,22752778	712 m	South of Yenice town. Road to fire watchtower
51	39,88630556	27,23841667	558 m	North of Hamdibey village
52	39,86577778	27,23722222	320 m	North of Hamdibey village
53	39,96827778	27,35886111	260 m	Northwest of Karaköy village
54	39,83622222	27,41811111	276 m	South of Pazarköy village
55	39,82436111	27,43608333	372 m	North of Daralan village
56	39,90719444	27,42255556	293 m	North of Haydaroba village
57	39,846301	27,298899	254 m	Road from Kayatepe village to Hamdibey
58	39,914333	27,199778	358 m	Between Yenice town and Sazak village
59	39,889083	27,174083	614 m	3 km south of Sazak village
60	39,893444	27,144639	542 m	Southwest of Sazak village
61	39,874222	27,102611	798 m	6,5 km southwest of Sazak village
62	40,028639	27,422472	584 m	East of Çamoba village
63	39,731667	27,280889	462 m	North of Armutçuk village
64	39,681889	27,276833	416 m	South of Armutçuk village
65	39,829139	27,044806	563 m	West of Oğlanalanı village
66	39,802944	26,9955	965 m	West of Oğlanalanı village
67	39,908	27,223333	554 m	Southwest of Yenice town
68	39,911722	27,21075	476 m	Southwest of Yenice town
69	39,902.694	27,187.833	508 m	Southeast of Sazak village
70	39,892.444	27,137.385	526 m	Southwest of Sazak village
71	39,882.556	27,176.639	804 m	South of Sazak village
72	39,884.167	27,200.167	482 m	3 km northwest of Hamdibey pond
73	39,766.083	27,219.306	302 m	West of Kalabakbaşı village (Kalkım-Edremit road)
74	39,965.333	27,482.583	584 m	Southeast of Yahoba village

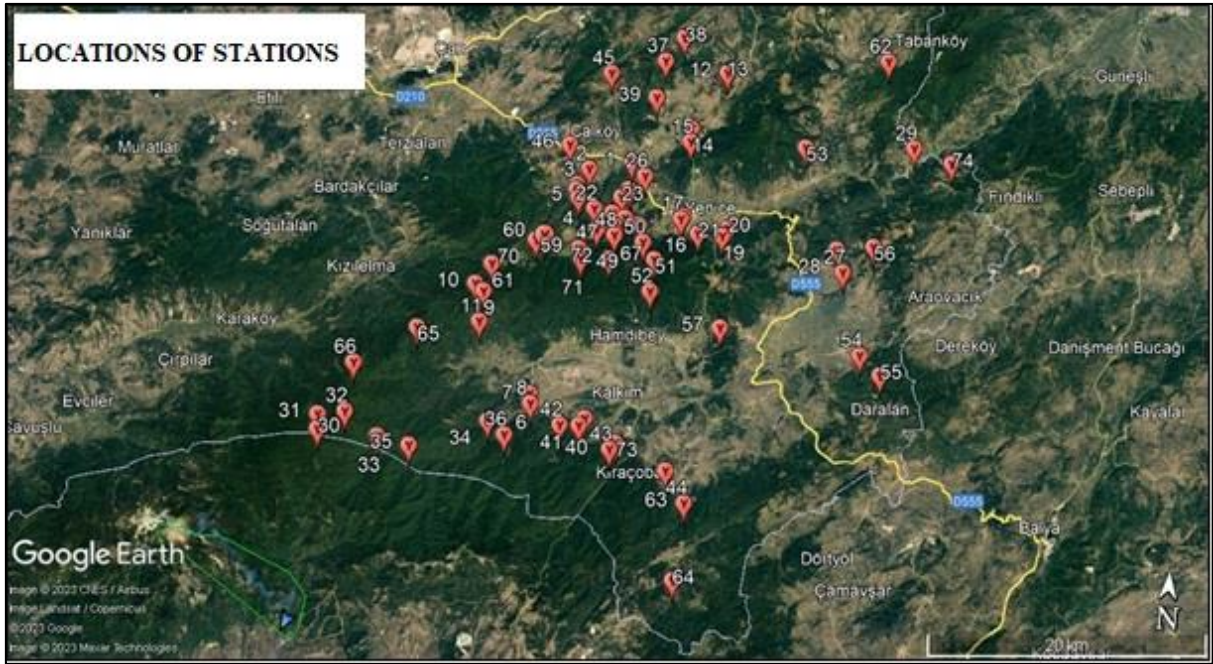


Figure 5. Google Earth image of sample collection stations

During samples collection in the field, utmost care was taken to avoid damaging the plants, ensuring that their natural structure and appearance were preserved as much as possible. When collecting samples, emphasis was placed on selecting plants that contained reproductive organs. A suitable knife was used to carefully remove the plants, including their rhizoids, from their natural environment without causing damage to their structures. For some well-preserved specimens, photographs were taken in their natural habitat before collection. After the specimens were removed, they were cleaned of soil and debris and placed in sealed plastic bags with labels containing information such as the habitat type, station number, photograph number, and collection date. All efforts were made to ensure that the specimens were not damaged before being transported to the laboratory (Ursavaş and Keçeli, 2019b).

Following the fieldwork, the collected samples were brought to the laboratory, where they were removed from the plastic bags and spread out on clean paper for drying. During the drying process, care was taken to avoid direct exposure to sunlight and air drafts. Once dried, the specimens were placed in pre-prepared envelopes with their labels, and any damaged labels from the plastic bags were rewritten and attached to the envelopes. The information from the labels was also noted on the outside of the envelopes. For the identification of the samples, fundamental flora works and articles were consulted. To prevent the thallose liverwort specimens from darkening, they were identified

while still fresh upon return from the field (Ursavaş and Tuttu, 2020)

When numbering the specimens, the first digit indicated the station number where the specimen was collected. The abbreviation following the colon, written in uppercase, represents the habitat type abbreviation listed in Table 2. The word following the habitat type abbreviation indicates the researcher who collected and identified the sample, and the number following this word represents the specimen number (Figure 6).

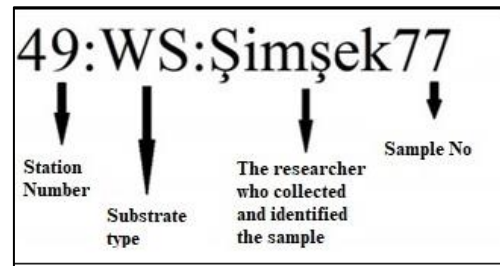


Figure 6. Numbering the samples

Table 1. Substrates and abbreviations

Substrate	Abbreviation
Tree	T
Soil	S
Rock	R
Log	L
Wet Soil	WS
Wet Rock	WR
Wet Log	WL

The identified specimens were placed in envelopes measuring 125 x 160 mm. On the envelopes, information such as the species name, station number, habitat type, photograph number and specimen number was written, thus converting the specimens into herbarium material. In the identification of liverwort specimens collected from the research area, primary floristic works by Petrov (1975), Conrad and Redfearn (1979), Watson (1981), Smith (1996), Paton (1999), Keçeli (2004), Schumaker and Vana (2005), Casas et al. (2009), Atherton et al. (2010), and Crandall-Stotler et al. (2009), along with various articles, were utilized. For the author names of the liverwort species identified as a result of the research, Söderstrom et al. (2016), Hodgetts et al. (2020) and the aforementioned works were primarily referenced. New records for the B6 grid square were verified according to Keçeli et al. (2011b), while new records for Çanakkale province were verified according to Şimşek (2023) and Erdağ and Kürschner (2017).

3. Results

Between February 2021 and February 2023, a total of 26 days of fieldwork was conducted, during which liverwort specimens were collected from 74 different stations. In total, 295 liverwort specimens were identified and turned into herbarium material. As a result of the identification process, one hornwort taxon (*Phaeoceros laevis* (L.) Prosk) and 29 liverwort taxa belonging to 17 families were identified from the area (Table 3). Of the liverwort species, 19 are leafy liverwort taxa, while 10 are thalloid liverwort taxa.

Seven of the identified taxa (*Aneura pinguis* (L.) Dumort., *Mannia gracilis* (F. Weber) D.B. Schill & D.G. Long, *Frullania teneriffae* (F. Weber) Nees, *Pallavicinia lylellii* (Hook.) Gray, *Porella pinnata* L., *Diplophyllum albicans* (L.) Dumort., *Scapania irrigua* (Nees) Nees) are reported for the first time for square B6 according to Henderson's grid system (Keçeli et al., 2011), and 13 taxa are reported for the first time for the Çanakkale province (*Aneura pinguis* (L.) Dumort., *Diplophyllum albicans* (L.) Dumort., *Frullania teneriffae* (F. Weber) Nees, *Mannia gracilis* (F. Weber) D.B. Schill & D.G. Long, *Marchantia polymorpha* L., *Mesoptychia turbinata* (Raddi) L. Söderstr. & Váňa, *Pallavicinia lyleii* (Hook.) Gray, *Pellia epiphylla* (L.) Corda, *Porella pinnata* L., *Radula complanata* (L.) Dumort., *Radula lindenbergiana* Gottsche ex C. Hartm, *Scapania compacta* (Roth) Dumort., *S. irrigua* (Nees) Nees) (Şimşek, 2023). As a result of the research, the families with the most species were Porellaceae and Scapaniaceae, each with 4 taxa.

These were followed by the Lophocoleaceae with 3 taxa.

The species identified from the research area are listed in Table 3 below. To facilitate ease of use for the reader, the families and species are arranged alphabetically. Along with the family and species names in the species list, the specimen numbers for each species are also provided. The first species in the table, marked with an asterisk (*), is *Phaeoceros laevis* (L.) Prosk from the Notothyladaceae family, a hornwort (Anthocerotophyta), while the others are liverwort species (Marchantiophyta). Among the identified liverworts, *Frullania dilatata* (L.) Dumort., *Metzgeria furcata* (L.) Corda, and *Radula complanata* (L.) Dumort. are the most common taxa in the research area.

Table 2. Taxa identified from the research area

Fam. No	Family	Sp. No	Species	Sample(s)
1*	Notothyliadaceae*	1*	<i>Phaeoceros laevis</i> (L.) Prosk*.	17:S:Şimşek483
2	Aneuraceae	2	<i>Aneura pinguis</i> (L.) Dumort.	34:WS: Şimşek565, 34:WS:Şimşek567, 36:S:Şimşek566, 52:WS:Şimşek564
3	Aytoniaceae	3	<i>Mannia gracilis</i> (F. Weber) D.B. Schill & D.G. Long (Syn: <i>Asterella gracilis</i> (F.Weber) Underw.	1: WR:Şimşek363, 54:T:Şimşek408
		4	<i>Reboulia hemisphaerica</i> (L.) Raddi	9:L:Şimşek450, 10:S:Şimşek332, 16:S:Şimşek484
4	Conocephalaceae	5	<i>Conocephalum conicum</i> (L.) Dumort.	29:WR:Şimşek460, 32:WS:Şimşek570, 33:R:Şimşek481, 34:WS:Şimşek569, 47:S:Şimşek461, 59:WS:Şimşek659, 65:S:Şimşek660, 72:R:Şimşek525, 73:WR:Şimşek524
5	Fossombroniaceae	6	<i>Fossombronia pusilla</i> (L.) Nees	6:S:Şimşek357, 9:S:Şimşek336, 6:WS:Şimşek476, 1:L:Şimşek488, 6:S:Şimşek553, 64:S:Şimşek652
6	Frullaniaceae	7	<i>Frullania dilatata</i> (L.) Dumort.	3:T:Şimşek364, 3:T:Şimşek367, 3:T:Şimşek369, 3:T:Şimşek370, 4:T:Şimşek362, 5:T:Şimşek359, 5:T:Şimşek361, 6:T:Şimşek352, 6:T:Şimşek470, 6:T:Şimşek447, 6:T:Şimşek632, 7:T:Şimşek425, 8:T:Şimşek337, 8:T:Şimşek339, 9:T:Şimşek340, 9:L:Şimşek448, 10:T:Şimşek350, 10:T:Şimşek356, 12:T:Şimşek503, 12:T:Şimşek603, 12:T:Şimşek605, 13:L:Şimşek423, 13:WL:Şimşek604, 14:T:Şimşek504, 14:T:Şimşek583, 14:T:Şimşek505, 15:T:Şimşek430, 15:T:Şimşek434, 18:T:Şimşek618, 20:T:Şimşek507, 20:T:Şimşek506, 21:T:Şimşek424, 22:T:Şimşek513, 22:T:Şimşek515, 23:T:Şimşek502, 23:T:Şimşek514, 24:T:Şimşek499, 24:T:Şimşek516, 24:T:Şimşek519, 25:T:Şimşek500, 25:T:Şimşek517, 26:T:Şimşek521, 27:T:Şimşek518, 27:T:Şimşek520, 28:T:Şimşek429, 28:T:Şimşek433, 28:T:Şimşek541, 29:T:Şimşek426, 29:R:Şimşek427, 29:R:Şimşek428, 29:T:Şimşek431, 30:T:Şimşek501, 33:T:Şimşek611, 35:T:Şimşek508, 35:T:Şimşek602, 35:T:Şimşek612, 38:T:Şimşek615, 39:T:Şimşek607, 39:T:Şimşek610, 40:T:Şimşek585, 40:T:Şimşek606, 40:T:Şimşek608, 40:T:Şimşek640, 41:T:Şimşek609, 42:T:Şimşek613, 43:T:Şimşek599, 43:T:Şimşek614, 44:T:Şimşek616, 45:T:Şimşek495, 45:T:Şimşek496, 45:T:Şimşek497, 45:T:Şimşek498, 46:T:Şimşek414, 46:T:Şimşek435, 46:T:Şimşek437, 49:T:Şimşek442, 49:T:Şimşek453, 50:L:Şimşek418,

Fam. No	Family	Sp. No	Species	Sample(s)
				51:T:Şimşek417, 53:T:Şimşek413, 55:T:Şimşek415, 51:R:Şimşek420, 53:T:Şimşek409, 53:T:Şimşek411, 53:T:Şimşek422, 53:T:Şimşek436, 53:T:Şimşek439, 53:T:Şimşek440, 54:T:Şimşek441, 55:T:Şimşek438, 56:T:Şimşek443, 60:T:Şimşek651, 64:T:Şimşek661, 65:T:Şimşek628, 66:T:Şimşek551, 67:T:Şimşek547, 68:T:Şimşek512, 69:T:Şimşek510, 70:T:Şimşek509, 73:T:Şimşek494, 73:T:Şimşek511, 74:T:Şimşek550
		8	<i>Frullania teneriffae</i> (F.Weber) Nees	27:T:Şimşek432, 50:T:Şimşek473
7	Jungermanniaceae	9	<i>Mesoptychia turbinata</i> (Raddi) L. Söderstr. & Váňa	29:S:Şimşek477
8	Lejeuneaceae	10	<i>Lejeunea cavifolia</i> (Ehrh.) Lindb.	8:R:Şimşek343, 34:WS:Şimşek561, 35:R:Şimşek562, 36:L:Şimşek560, 36:L:Şimşek596, 42:T:Şimşek642
		11	<i>Lejeunea lamacerina</i> (Steph.) Schiffn.	8:R:Şimşek341, 13:L:Şimşek591, 46:T:Şimşek465, 54:R:Şimşek489, 56:S:Şimşek458, 60:T:Şimşek657, 73:T:Şimşek479, 73:T:Şimşek490, 73:T:Şimşek492, 73:T:Şimşek533, 73:T:Şimşek543
9	Lophocoleaceae	12	<i>Chiloscyphus polyanthos</i> (L.) Corda	34:WS:Şimşek568, 36:S:Şimşek556
		13	<i>Lophocolea heterophylla</i> (Schrad.) Dumort.	6:T:Şimşek459
		14	<i>Lophocolea bidentata</i> (L.) Dumort.	66:S:Şimşek653
10	Lunulariaceae	15	<i>Lunularia cruciata</i> (L.) Dumort. ex Lindb.	1:R:Şimşek365, 1:R:Şimşek368, 2:R:Şimşek366, 9:S:Şimşek334, 9:S:Şimşek345, 13:WS:Şimşek480, 13:WS:Şimşek573, 17:S:Şimşek634, 19:WS:Şimşek619, 35:WS:Şimşek574, 36:S:Şimşek576, 37:WS:Şimşek620, 41:S:Şimşek575, 47:S:Şimşek416, 48:S:Şimşek454, 62:R:Şimşek577, 64:S:Şimşek485, 72:WS:Şimşek530, 73:WS:Şimşek531,
11	Marchantiaceae	16	<i>Marchantia polymorpha</i> L.	46:S:Şimşek559, 52:WS:Şimşek412, 64:WR:Şimşek478
12	Metzgeriaceae	17	<i>Metzgeria furcata</i> (L.) Corda	6:T:Şimşek353, 6:T:Şimşek446, 6:T:Şimşek467, 6:T:Şimşek469, 6:T:Şimşek633, 8:T:Şimşek338, 9:S:Şimşek335, 10:T:Şimşek347, 10:T:Şimşek348, 10:T:Şimşek354, 11:T:Şimşek617, 31:T:Şimşek592, 31:T:Şimşek594, 35:T:Şimşek600, 36:L:Şimşek597, 40:T:Şimşek638, 43:T:Şimşek598, 43:T:Şimşek645, 49:T:Şimşek451, 50:T:Şimşek419, 50:T:Şimşek468, 50:T:Şimşek471, 60:T:Şimşek623, 60:T:Şimşek650, 60:T:Şimşek656, 61:T:Şimşek625, 62:T:Şimşek636,

Fam. No	Family	Sp. No	Species	Sample(s)
				64:T:Şimşek647,65:T:Şimşek646, 65:T:Şimşek655, 66:T:Şimşek552, 67:T:Şimşek546, 70:T:Şimşek545, 74:T:Şimşek549
13	Pallaviciniaceae	18	<i>Pallavicinia lylellii</i> (Hook.) Gray	71:WS:Şimşek629, 73:WS:Şimşek527, 73:WS:Şimşek528
14	Pelliaceae	19	<i>Pellia epiphylla</i> (L.) Corda	6:S:Şimşek358, 6:WS:Şimşek475, 6:S:Şimşek554, 8:R:Şimşek457, 9:S:Şimşek346, 9:S:Şimşek330, 10:S:Şimşek331, 9:S:Şimşek344, 29:WR:Şimşek529, 32:WR:Şimşek572, 52:WS:Şimşek571, 64:WS:Şimşek487, 73:WS:Şimşek486
15	Plagiochilaceae	20	<i>Plagiochila porelloides</i> (Torr. ex Nees) Lindenb.	48:S:Şimşek455
16	Porellaceae	21	<i>Porella arboris-vitae</i> (With.) Grolle	8:R:Şimşek342, 42:T:Şimşek641
		22	<i>Porella cordeana</i> (Huebener) Moore	31:T:Şimşek482, 31:R:Şimşek555
		23	<i>Porella pinnata</i> L.	10:R:Şimşek333, 47:S:Şimşek456, 49:T:Şimşek452, 67:R:Şimşek526
		24	<i>Porella plathyphylla</i> (L.) Pfeiff.	9:R:Şimşek351, 21:T:Şimşek 474, 30:L:Şimşek557, 58:T:Şimşek622, 69:T:Şimşek523, 73:T:Şimşek522
17	Radulaceae	25	<i>Radula complanata</i> (L.) Dumort.	5:T:Şimşek360, 6:T:Şimşek445, 6:T:Şimşek466, 6:T:Şimşek631, 10:T:Şimşek349, 10:T:Şimşek355, 10:T:Şimşek537, 10:T:Şimşek538, 13:L:Şimşek590, 14:T:Şimşek584, 17:T:Şimşek630, 28:T:Şimşek539, 28:T:Şimşek540, 30:T:Şimşek536, 30:T:Şimşek588, 31:T:Şimşek593, 31:T:Şimşek595, 35:R:Şimşek563, 35:T:Şimşek601, 36:L:Şimşek587, 40:T:Şimşek586, 40:T:Şimşek639, 43:T:Şimşek643, 43:T:Şimşek644, 44:T:Şimşek589, 46:T:Şimşek464, 47:T:Şimşek421, 53:T:Şimşek410, 53:T:Şimşek462, 54:R:Şimşek463, 56:T:Şimşek444, 57:T:Şimşek521, 60:T:Şimşek624, 60:T:Şimşek649, 60:T:Şimşek658, 61:T:Şimşek626, 62:S:Şimşek581, 62:T:Şimşek635, 63:T:Şimşek627, 64:T:Şimşek648, 65:T:Şimşek654, 67:T:Şimşek548, 70:T:Şimşek544, 73:T:Şimşek491, 73:T:Şimşek493, 73:T:Şimşek535, 73:T:Şimşek542
		26	<i>Radula lindenbergiana</i> Gottsche ex C.Hartm.	9:L:Şimşek449, 50:T:Şimşek472
18	Scapaniaceae	27	<i>Diplophyllum albicans</i> (L.) Dumort.	62:S:Şimşek558, 62:S:Şimşek582, 62:R:Şimşek637
		28	<i>Scapania compacta</i> (Roth) Dumort.	62:R:Şimşek578, 64:WS:Şimşek579
		29	<i>Scapania irrigua</i> (Nees) Nees	62:R:Şimşek534,
		30	<i>Scapania undulata</i> (L.) Dumort.	62:S:Şimşek580, 73:S:Şimşek532

4. Discussion and Conclusion

Liverwort flora research in Türkiye is still ongoing, but these studies have not yet reached a level that represents the entire country and are thus insufficient to produce a comprehensive work such as the "Flora of Türkiye Liverworts." Therefore, there is a need for an increase in liverwort flora studies in regions of the country that have not yet been researched (Ünan et al. 2021).

Liverwort flora research within the boundaries of Çanakkale province is quite limited. Yenice district, located on the northern slopes of Kaz Dağı (Mount Ida), which are known for their significant biological richness, also offers suitable habitats for liverworts. For this reason, this study focused on the liverwort flora of Yenice district, where previously only a few liverwort records had been documented (Şimşek, 2023).

The research was conducted between February 2021 and February 2023 through field, laboratory, and office work. A total of 295 liverwort specimens were collected from 74 different locations across the district, identified, and turned into herbarium material. When selecting the sampling stations, it was aimed to represent the entire district in terms of habitat characteristics and to choose areas where liverworts are most likely to be found.

In the scope of the research, 1 hornwort and 29 liverwort species were identified. This result is the highest number of liverwort species ever identified in studies conducted within Çanakkale province. The findings are presented in Table 4, compared with previous research in Çanakkale and nearby areas. Additionally, the research reported 7 new records for square B6 according to Henderson's grid system (Keçeli et al., 2011b), and 13 new records for the province of Çanakkale (Şimşek, 2023).

Among the identified liverworts, *Frullania teneriffae* (F. Weber) Nees was previously recorded from Ordu province by Özdemir and Batan (2016), while *Pallavicinia lyellii* (Hook.) Carruth. was reported from Rize by Keçeli and Abay (2007). Through this study conducted in the Yenice district of Çanakkale, a new distribution area for these two liverwort taxa outside the Black Sea region has been reported.

During the course of the study, fieldwork was often interrupted by the Covid-19 pandemic and forest fires in the Aegean and Mediterranean regions, with restrictions causing delays. However, alternative field programs were arranged once these difficulties subsided, allowing the study to be completed. Another challenge was that the research was conducted by a single researcher over a large study area, which complicated the work.

Despite challenges posed by the Covid-19 pandemic and regional wildfires, the study was successfully completed, demonstrating the resilience of the research methodology. The results emphasize the need for continued and more detailed floristic studies in this biologically rich region. Additionally, the data collected can serve as a foundation for future phytogeographical and ecological research, further contributing to the understanding of liverworts as bioindicators of ecosystem health.

Table 3. Comparison of species numbers of families with other studies in nearby regions

Liverworts and Hornworts of Yenice District			Liverworts of Kaz Dağı National Park (Gökler and Özenoğlu 1999)			Liverworts and Hornworts of Çanakkale (Gökler 2015)			Liverworts of Ayazma Nature Park and Kazdağı National Park (Arslan et.al, 2015)		
Family	Taxa	Ratio (%)	Family	Taxa	Ratio (%)	Family	Taxa	Ratio (%)	Family	Taxa	Ratio (%)
Porellaceae	4	13,79	Porellaceae	4	18,18	Porellaceae	4	17,39	Anastrophyllaceae	2	9,09
Scapaniaceae	4	13,79	Lophocoleaceae	3	13,64	Lophocoleaceae	3	13,04	Frullaniaceae	2	9,09
Lophocoleaceae	3	10,34	Aytoniaceae	2	9,09	Aytoniaceae	2	8,70	Jungermanniaceae	2	9,09
Aytoniaceae	2	6,90	Lejeuneaceae	2	9,09	Lejeuneaceae	2	8,70	Lophocoleaceae	2	9,09
Frullaniaceae	2	6,90	Metzgeriaceae	2	9,09	Metzgeriaceae	2	8,70	Porellaceae	2	9,09
Lejeuneaceae	2	6,90	Calypogeiaceae	1	4,55	Pelliaceae	2	8,70	Radulaceae	2	9,09
Radulaceae	2	6,90	Conocephalaceae	1	4,55	Calypogeiaceae	1	4,35	Scapaniaceae	2	9,09
Aneuraceae	1	3,45	Fossombroniaceae	1	4,55	Conocephalaceae	1	4,35	Aytoniaceae	1	4,55
Conocephalaceae	1	3,45	Frullaniaceae	1	4,55	Fossombroniaceae	1	4,35	Conocephalaceae	1	4,55
Fossombroniaceae	1	3,45	Lunulariaceae	1	4,55	Frullaniaceae	1	4,35	Lejeuneaceae	1	4,55
Jungermanniaceae	1	3,45	Pelliaceae	1	4,55	Lunulariaceae	1	4,35	Lophozioaceae	1	4,55
Lunulariaceae	1	3,45	Plagiochilaceae	1	4,55	Plagiochilaceae	1	4,35	Lunulariaceae	1	4,55
Marchantiaceae	1	3,45	Scapaniaceae	1	4,55	Scapaniaceae	1	4,35	Metzgeriaceae	1	4,55
Metzgeriaceae	1	3,45	Targioniaceae	1	4,55	Targioniaceae	1	4,35	Pelliaceae	1	4,55
Pallaviciniaceae	1	3,45							Plagiochilaceae	1	4,55
Pelliaceae	1	3,45									
Plagiochilaceae	1	3,45									
TOTAL	29	100	TOTAL	22	100	TOTAL	23	100	TOTAL	22	100

Declaration**Conflict of interest**

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

Funding

This work was supported by Çanakkale Onsekiz Mart University the Scientific Research Coordination Unit, Project number: FBA-2020-3430.

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

References

- Alataş M. Ursavaş S. 2019. Palu İlçesi (Elazığ/Türkiye) briyofit florası. *Biological Diversity and Conservation*.
- Anonymous. 1999. Çanakkale Valiliği Çevre ve Şehircilik İl Müdürlüğü, Çanakkale Çevre Durum Raporu, Çanakkale.
- Arslan G.T. Karabulut M. Keçeli, T. 2015. Ayazma Tabiat Parkı (Çanakkale), Kaz Dağları Milli Parkı (Balıkesir) Ciğerotu Florasına Katkılar, XII. Ulusal Ekoloji Ve Çevre Kongresi, Muğla. Conference paper.
- Atherton I. Bosanquet. S. Lawley M. 2010. Mosses and Liverworts of Britain and Ireland a field guide, British Bryological Society Press, 848p., Plymouth.
- Ayhan Ç.K. Taşlı T.C. Özkök F. Tatlı H. 2020. Land use suitability analysis of rural tourism activities: Yenice, Turkey. *Tourism Management*, 76, 103949.
- Casas C. Brugués M. Cros R.M. Sérgio C. Infante M. 2009. Handbook of Liverworts and Hornworts of the Iberian Peninsula and Balearic Islands. Institut d'Estudis Catalans, 177 s., Barcelona.
- Conrad H.S. Redfearn P.L. 1979. How to know the mosses and liverworts. WCB/McGraw-Hill, 302 p., USA.
- Crandall-Stotler B. Stotler R.E. Long D.G. 2009. Phylogeny and Classification of Marchantiophyta. *Edinburgh Journal of Botany*. 66:1, 155 – 198.
- Erdağ A. Kürschner H. 2017. Türkiye Bitkileri Listesi (Karayosunları). İstanbul.
- Goffinet B. Shaw A.J. 2009. *Bryophyte Biology*. Cambridge University Press, Cambridge, UK, p. 565.
- Gökler İ. 2015. Çanakkale İli Boynuzsu Otları ve Ciğerotları Üzerine Taksonomik ve Ekolojik Bir Araştırma. *Anadolu Doğa Bilimleri Dergisi*. 6:2, 35-43.
- Gökler İ. Özenoğlu H. 1999. Kazdağı Milli Parkı ve çevresi ciğerotlarının taksonomisi ve ekolojisi. *Ekoloji Çevre Dergisi*, 8:30, 22-26.
- Gökler İ. Öztürk M. Kesercioğlu, T. 1985. "Checklist of Liverworts (Hepaticae) Recorded From Turkey", *E.U. Fac. of Science J.* 8: 1-10.

- Güner A. Özhatay N. Ekim T. Başer K.H.C. 2000. Flora of Turkey and The East Aegean Islands. Vol:XI. Edinburg Univ. Press. Edinburg, England.
- Henderson D.M. 1961a. Contribution to the Bryophyte Flora of Turkey: IV. Notes from Royal Botanic Garden Edinburgh, 23: 263-278.
- Henderson D.M. 1961b. Contributions to the Bryophyte Flora of Turkey V: Summary of present knowledge. Notes from Royal Botanic Garden Edinburgh, 23: 279- 301.
- Hodgetts N.G. Söderström L. Blockeel T.L. Caspari S. Ignatov M.S. Konstantinova N.A. Lockhart N. Papp B. Schröck C. Sim Sim M. et.al. 2020. An annotated checklist of bryophytes of Europe, Macaronesia and Cyprus. Journal of Bryology. 42: 1, 1-116.
- Keçeli S. Ursavaş S. 2019. Contributions to the Liverwort and Hornwort (Marchantiophyta and Anthocerotophyta) Flora of Kocaya Delta (Karacabey-Bursa) Floodplain Forest. Anatolian Bryology. 5:1, 45-55.
- Keçeli T. 2004. Batı Karadeniz Bölgesi (Bolu-Zonguldak-Bartın-Kastamonu) Ciğerotları Florası. Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Biyoloji Ana Bilim Dalı. PhD thesis, Ankara.
- Keceli T. Abay G. 2007. *Pallavicinia lyellii* (Hook.) Carruth. in Turkey, new to southwestern Asia. *Cryptogamie Bryologie*, 28:3, 249.
- Keçeli T. Abay G. Ursavaş S. 2011a. *Barbilophozia lycopodioides* (Wallr.) Loeske, new to liverwort flora of Turkey. *Cryptogamie Bryologie*, 32:3, 273-277.
- Keçeli T. Ursavaş S. Abay G. 2011b. Türkiye'nin B6 Karesinin Bryophyta Kontrol Listesi. Bartın Orman Fakültesi Dergisi. 13:19, Bartın.
- Özdemir T. Batan N. 2016. New national and regional bryophyte records, 47. 18. *Frullania teneriffae* (F.Weber) Nees. *Journal of Bryology*. 38:2, 157.
- Özenoğlu Kiremit H. Keçeli T. 2009. An Annotated Check-list of the Hepaticae and Anthocerotae of Turkey. *Cryptogamie Bryologie*, 30:3, 343-356.
- Paton J.A. 1999. The Liverwort Flora of The British Isles. 626s., England.
- Petrov S. 1975. Bryophyta Bulgarica, Clavis diagnostica. Academia Scientiarum Bulgarica, 536 s., Sofia. (Bulgarca)
- Schofield W.B. 2001. Introduction to Bryology. Department of Botany Universty of British Columbia.
- Schumacker R. Vána J. 2005 Identification Keys to The Liverworts and Hornworts of Europe and Macaronesia (Distribution and Status), Second Edition, SORUS Publishing & Printing House, ISBN: 83-89949-11-3, Poznań, Poland, 210 pp.
- Şimşek Ö. 2023. Çanakkale İli Ciğerotları (Marchantiophyta) ve Boynuzotları (Anthocerotophyta) Florası Kontrol Listesi. 3rd International Conference on Scientific and Academic Research (pp.947-952). Konya, Turkey.
- Smith A.J.E. 1996. The Liverworts of Britain and Ireland, ISBN: 0-521-42473-9, Cambridge University Press, 384 pp.
- Söderstrom L. Hagborg A. Von Konrat M. Bartholomew-Began S. Bell D. Briscoe L. Brown E. Cargillm D. Costa D. Crandall-Stotler B. Cooper E. Dauphin G. Engel J. Feldberg K. Glenny D. Gradstein S. He X. Heinrichs J. Hentschel J. Ilkiu-Borges A. Katagiri T. Konstantinova N. Larrain J. et al. 2016. World Check-list of Hornworts and Liverworts. *Phyto Keys* 59: 1-828 doi: 10.3897/phytokeys.59.6261.
- 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.
- URL 1. <http://www.canakkaleyence.gov.tr/ilcemiz-tanitim-bilgileri> [Access Date: 07.11.2022].
- URL 2. https://tr.m.wikipedia.org/wiki/Dosya:Çanakkale_districts.png [Access Date: 07.11.2022].
- Ursavaş S. Keçeli, T. 2019a. *Weissia multicapsularis*, a rare moss species new to Turkey and Asia. *Plant Biosystems*, 153:5, 669-672.
- Ursavaş S. Keçeli T. 2019b. The Moss Flora of Kocaya Delta (Karacabey-Bursa) Floodplain Forests in Turkey. *Anatolian Bryology*. 5:1, 22-34.
- Ursavaş S. Keçeli T. 2021. Acarlar Gölü Longoz Ormanı (Sakarya) Karayosunu Florası. *Anatolian Bryology*. 7:1, 23-32.
- Ursavaş S. Tuttu, G. 2020. Çankırı Karatekin Üniversitesi, Orman Fakültesi Araştırma ve Uygulama Ormanının Karayosunu Florasına Katkılar. *Anatolian Bryology*. 6:1, 27-40.
- Watson E.V. 1981. British Mosses and Liverworts. 519 s., Cambridge University Press.



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

DOI: 10.26672/anatolianbryology.1566801

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



The Investigation of Comparative Spore Morphologies of Acrocarpous and Pleurocarpous Two Mosses (Bryophyta)

Züleyha ASLAN ERGENEKON¹ , Elif AY² , Tülay EZER³ 

¹Atatürk University, Faculty of Science, Department of Biology, Erzurum, TÜRKİYE

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

³Niğde Ömer Halisdemir University, Faculty of Architecture, Department of Landscape Architecture, Niğde, TÜRKİYE

Received: 14 October 2024

Revised: 31 October 2024

Accepted: 01 November 2024

Abstract

Bryophyta members in the subkingdom Bryobiotina are distributed in a wide variety of habitats. Mosses are morphologically divided into two large groups: acrocarpous and pleurocarpous. Acrocarpic species have arid character and pleurocarpic species are distributed in more moist regions. The spores of the pleurocarpous *Brachythecium salebrosum* (Hoffm. ex F. Weber & D. Mohr) Schimp. and the acrocarpous *Crossidium squamiferum* var. *pottioideum* (De Not.) Mönk. were examined in comparison in this study. Spore slides were prepared using both Erdtman (acetolysis) and Wodehouse methods and examined under a light microscope (LM). As a result of the analyses, it was found that the spores of *C. squamiferum* var. *pottioideum* were oblate in both methods, while the spores of *B. salebrosum* were suboblate in the acetolysis method and oblate in the Wodehouse method. Spores of both taxa are classified as small spores. Furthermore, the equatorial axis is longer than the polar axis in the spores of both taxa and the thicknesses of the intine layer of the spores are almost identical at 0.50 µm (*B. salebrosum*) and 0.53 µm (*C. squamiferum* var. *pottioideum*). In addition, the thickness of the sclerine of *B. salebrosum* spores was about 0.70 µm in both methods, while it was 0.56 µm in acetolysed spores of *C. squamiferum* var. *pottioideum* and 0.78 µm in Wodehouse treated spores. Both taxa have monolete and trilete spores. On the other hand, SEM examinations revealed that *B. salebrosum* has gemmate ornamentation, while *C. squamiferum* var. *pottioideum* has verrucate ornamentation. The findings obtained as a result of the studies helped to reveal the differences between the spores of taxa in different morphological groups and brought a different perspective in their ecological evaluation.

Keywords: Acrocarpous, Pleurocarpous, Mosses, Spore morphology

Akrokarp ve Pleurokarp İki Karayosunun (Bryophyta) Karşılaştırmalı Spor Morfolojilerinin İncelenmesi

Öz

Bryobiotina alt alemindeki Bryophyta üyeleri çok çeşitli habitatlarda dağılım gösterir. Karayosunları morfolojik olarak iki büyük gruba ayrılır: akrokarp ve pleurokarp. Akrokarpik türler kurak karaktere sahipken, pleurokarpik türler daha nemli bölgelerde yayılış gösterir. Bu çalışmada pleurokarp *Brachythecium salebrosum* (Hoffm. ex F. Weber & D. Mohr) Schimp. ve akrokarp *Crossidium squamiferum* var. *pottioideum* (De Not.) Mönk. sporları karşılaştırmalı olarak incelenmiştir. Spor preparatları hem Erdtman (asetoliz) hem de Wodehouse yöntemleri kullanılarak hazırlanmış ve ışık mikroskobu (IM) altında incelenmiştir. Analizler sonucunda, *C. squamiferum* var. *pottioideum* sporlarının her iki yöntemde de oblat olduğu, *B. salebrosum* sporlarının ise asetoliz yönteminde suboblat, Wodehouse yönteminde ise oblat olduğu tespit edilmiştir. Her iki taksonun sporları da küçük sporlar olarak sınıflandırılır. Ayrıca, her iki taksonun sporlarında ekvatorial eksen polar eksenenden daha uzundur ve sporların intin tabakasının kalınlıkları 0,50 µm (*B. salebrosum*) ve 0,53 µm (*C. squamiferum* var. *pottioideum*) ile neredeyse aynıdır. Buna ek olarak, *B. salebrosum* sporlarının sklerin kalınlığı her iki yöntemde de yaklaşık 0,70 µm iken, *C. squamiferum* var. *pottioideum*'un asetolize sporlarında 0,56 µm ve Wodehouse yöntemi uygulanmış sporlarda ise 0,78 µm'dir. Her iki takson da monolet ve trilete sporlara sahiptir. Diğer yandan, SEM incelemeleri *B. salebrosum*'un gemmat ornamentasyona sahip olduğunu, *C. squamiferum* var. *pottioideum*'un ise verrukat ornamentasyona sahip olduğunu ortaya koymuştur. Çalışmalar sonucunda elde edilen bulgular, farklı morfolojik gruplarda yer alan taksonların sporları arasındaki farklılıkların ortaya konmasına yardımcı olmuş ve ekolojik değerlendirmelerinde farklı bir bakış açısı getirmiştir.

Anahtar kelimeler: Akrokarp, Pleurokarp, Karayosunları, Spor morfolojisi

* Corresponding author: zuleyhaaslann@gmail.com

To cite this article: Aslan Ergenekon Z. Ay E. Ezer T. 2024. *The Investigation of Comparative Spore Morphologies of Acrocarpous and Pleurocarpous Two Mosses (Bryophyta)*. *Anatolian Bryology*. 10:2, 110-119.



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

1. Introduction

The second largest plant group in terms of the number of species after closed-seeded plants are the bryophytes, the ancestors of terrestrial plants. There are about 20.000 species of bryophytes worldwide (URL1). Within the subkingdom Bryobiotina, there are 3 divisions: hornworts (Anthocerotophyta), liverworts (Marchantiophyta) and mosses (Bryophyta) (Glime, 2017). Bryophytes can be found in a wide variety of climates where sufficient moisture is provided to sustain their life. They are important parts of many ecosystems, from tropical to subarctic and subantarctic areas (Walsh et al., 2024).

Bryophytes have a haplodiplontic life cycle, producing diploid (2n) sporophytes and haploid (n) gametophytes (Simpson, 2012). Gametophytic and sporophytic characters have an important place in the taxonomy of bryophytes. In taxonomic classification, micro-morphological characteristics as well as macro-morphological characteristics are used. These plants reproduce with small unicellular spores and their spore morphology is of palaeobotanical, taxonomic and ecological importance. Most bryophyte spores are 10-50 µm in diameter, but there are exceptions where spores can be larger (250 µm-some *Archidium* Brid. species) or smaller (7 µm-some *Grimmia* Hedw. species) depending on the genus (Khoshravesh and Kazempour Osaloo, 2007). Research on the spore morphology of bryophytes has demonstrated that the structure and morphological characteristics of the sporoderm layer provide valuable insights into evolutionary processes, playing a crucial role in delineating both biological and taxonomic boundaries (Carrión et al., 1995; Brubaker et al., 1998; Estébanez, 2006; Khoshravesh and Osaloo, 2007; Medina et al., 2009; Schuette and Renzaglia, 2010; Brown et al., 2015; Piñeiro, 2017; Potoğlu Erkara et al., 2018; Luiz-Ponzo and Silva-e-Costa, 2019). Moreover, spore morphology is a critical factor in the species identification of thallose liverworts (Marchantiophyta). In fact, it serves as the sole systematic characteristic employed in the taxonomic identification of species within the genus *Fossombronia* Raddi. (Baros et al., 1993).

From the past to the present, many studies have shown the importance of spore morphology in taxonomy (McClymont, 1955; Boros and Járak-Komlódi, 1975; Mogensen, 1981; Blackmore and Barnes, 1991; Carrión et al., 1993; Luiz-Ponzo and Barth, 1999; Potoğlu Erkara, 2017; Silva-e-Costa

and Luiz-Ponzo, 2019). However, the majority of bryophyte studies in Türkiye focus on floristic and ecological aspects, with research on spore morphology remaining relatively limited, though it is gradually increasing (Potoğlu Erkara and Savaroğlu, 2007; Savaroğlu et al., 2007; Savaroğlu and Potoğlu Erkara, 2008; Aşçı et al., 2010; Ceter et al., 2018; Gözcü et al., 2018a, 2018b; Aslan et al., 2022). In the present study, the spores of acrocarpous moss *Crossidium squamiferum* var. *pottioideum* (De Not.) Mönk. and pleurocarpous moss *Brachythecium salebrosum* (Hoffm. ex F. Weber & D. Mohr) Schimp. were investigated comparatively.

2. Material and Methods

The materials of the studied taxa were obtained from the special collection of Prof. Dr. Tülay EZER and the taxa are given in Figure 1 and detailed information about the taxa are given in Table 1.

The spore slides of the taxa, prepared using the Wodehouse (W) method (Wodehouse, 1935) and the acetolysis (A) method (Erdtman, 1960), were examined through light microscopy, and microphotographs of the spores were subsequently captured. Palynological investigations were performed using an Olympus CX31 light microscope equipped with an apochromatic oil immersion objective (100x) and micrometric periplane eyepieces (10x). Microphotographs were captured using an Olympus DP25 imaging system connected to this light microscope.

Given that the aperture of the spores is positioned at the proximal pole, measurements of the polar axis and equatorial axis were taken from the equatorial view. In the polar view, both the short and long equatorial diameters were recorded. Thus, the polar and equatorial axes were measured in the equatorial view, while the smallest and largest equatorial diameters were assessed in the polar view. In addition, measurements of the sporoderm layers (sclerine, intine) were measured 45 times until a Gaussian curve was obtained. The statistical values of the measurements (mean (M), standard deviation (S) and variations (Var.)) were evaluated with SPSS Statistics Vol. 22 prepared according to Sokal and Rohlf (1969).

In addition, detailed examinations of the spores by scanning electron microscope (SEM) were carried out at the Central Research Laboratory of Niğde Ömer Halisdemir University.



Figure 1. Habitus of the taxa (dry). a. *Brachythecium salebrosum*, b. *Crossidium squamiferum* var. *pottioideum*.

Table 1. Taxa and locality details. C.N.: Collection number.

Taxa	Locality	Date	C.N
<i>Brachythecium salebrosum</i>	Mersin, Anamur, Ermenek-Abanoz road, steppe, 1450 m, 36°23'17.84"N 32°55'19.21"E.	22.09.2018	TE6146a
<i>Crossidium squamiferum</i> var. <i>pottioideum</i>	Mersin, Bozyazı, north of Kömürler neighbourhood, <i>Pinus brutia</i> forest, 700 m, 36°10'13.42"N 32°57'23.44"E.	29.01.2019	TP6349a

3. Findings

Equatorial and polar views of the spores of pleurocarpous *B. salebrosum* and acrocarpous *C. squamiferum* var. *pottioideum* were examined by

light microscopy and scanning electron microscopy (SEM). The terminology of Erdtman (1969), Faegri and Iversen (1975) and Punt et al. (2007) were used to describe the spore morphology.

Table 2. Morphological measurements of the spores in their equatorial views. W: Wodehouse method, A: Acetolysis method, P: Polar axis, E: Equatorial axis, M: Mean, S: Standard deviation, Var.: Variation.

Taxa	Spore shape	P/E	Polar Axis (µm)			Equatorial Axis (µm)		
			M	S	Var.	M	S	Var.
<i>B. salebrosum</i> (A)	Suboblat	0.83	7.60	±1.35	6.00-11.00	12.08	±1.18	9.00-15.00
<i>B. salebrosum</i> (W)	Oblat	0.73	10.13	±1.70	7.00-15.00	12.26	±1.64	10.00-18.00
<i>C. squamiferum</i> var. <i>pottioideum</i> (A)	Oblat	0.64	6.75	±0.93	5.00-9.00	10.11	±1.66	8.00-14.00
<i>C. squamiferum</i> var. <i>pottioideum</i> (W)	Oblat	0.68	7.57	±1.40	5.00-11.00	10.60	±1.42	8.00-16.00

Table 3. Morphological measurements of the spores in their polar views. W: Wodehouse method, A: Acetolysis method, D_m : The shortest equatorial diameter, D_M : The largest equatorial diameter, M: Mean, S: Standard deviation, Var.: Variation.

Taxa	D_m (μm)			D_M (μm)		
	M	S	Var.	M	S	Var.
<i>B. salebrosum</i> (A)	9.86	± 0.89	8.00-12.00	10.73	± 0.96	9.00-13.00
<i>B. salebrosum</i> (W)	11.86	± 2.15	9.00-20.00	13.22	± 2.48	10.00-25.00
<i>C. squamiferum</i> var. <i>pottioideum</i> (A)	8.33	± 1.49	6.00-13.00	10.28	± 1.61	8.00-14.00
<i>C. squamiferum</i> var. <i>pottioideum</i> (W)	9.15	± 1.12	7.00-11.00	10.26	± 1.26	8.00-15.00

Table 4. Morphological observations and measurements of the sporoderm layers of the spores. W: Wodehouse method, A: Acetolysis method.

Taxa	Sclerine (μm)	Intine (μm)	Aperture type	Ornamentation
<i>B. salebrosum</i> (A)	0.70 (± 0.10)	-	Monolete, Trilete	Gemmate
<i>B. salebrosum</i> (W)	0.74 (± 0.06)	0.50 (± 0.03)	Monolete, Trilete	Gemmate
<i>C. squamiferum</i> var. <i>pottioideum</i> (A)	0.56 (± 0.12)	-	Monolete, Trilete	Verrucate
<i>C. squamiferum</i> var. <i>pottioideum</i> (W)	0.78 (± 0.08)	0.53 (± 0.08)	Monolete, Trilete	Verrucate

3.1. Descriptions of the spores

***Brachytecium salebrosum*:** As a result of the morphological measurements made on the preparations prepared by the Wodehouse method, the polar axis length of the spores belonging to the taxon is 10.12 μm on average and the equatorial axis length is 12.26 μm on average. Given that the ratio of the polar axis length to the equatorial axis length of the spores was 0.73 μm , the spores were classified as oblate in shape. Due to the inability to distinctly separate the exine and perine layers of the spores under the light microscope, measurements were taken of the sclerine layer. The sclerine has an average thickness of 0.74 μm and the intine has an average thickness of 0.50 μm and the aperture type is monolette (Table 2, Fig. 2).

On the other hand, as a result of the morphological measurements made on the preparations prepared by acetolysis method, the polar axis length of the spores belonging to the taxon is 7.6 μm , while the equatorial axis length is 12.08 μm . The ratio of the polar to the equatorial axis length of the spores is 0.83 μm , indicating that the spores were classified as suboblate in shape. Due to the inability to distinctly separate the exine and perine layers of the spores under the light microscope, the sclerine layer was measured and determined to have an average thickness of 0.70 μm . Aperture type is monolete. Ornamentation type is gemmate (Table 2, Figs. 2,3).

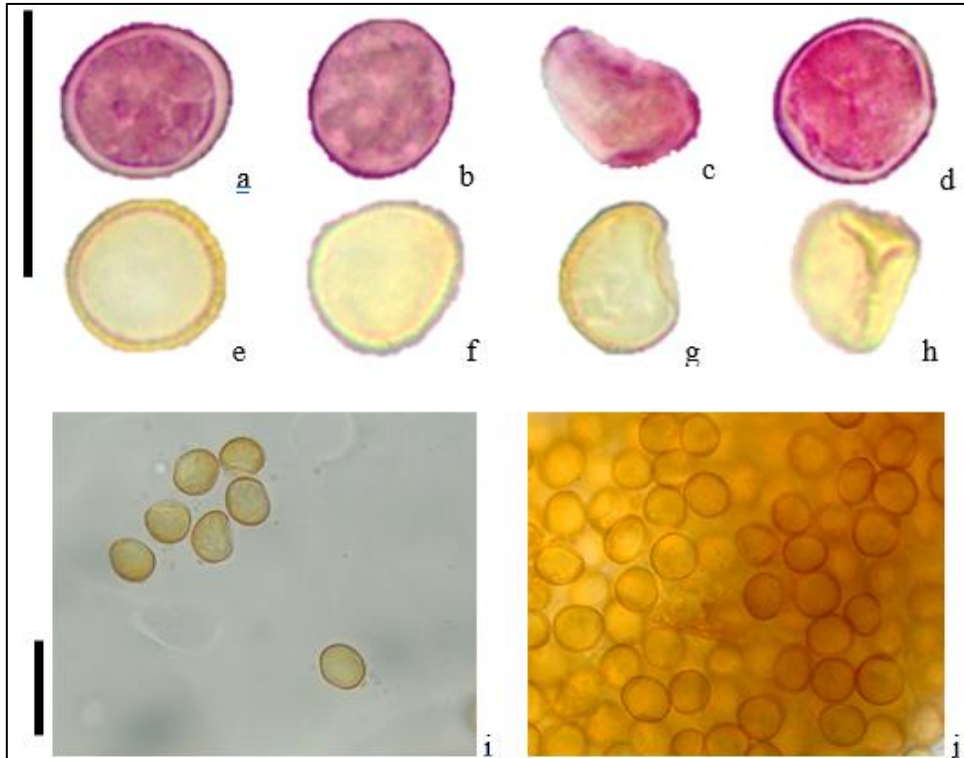


Figure 2. Microphotographs of *B. salebrosum* spores (LM). a: Optical section (W), b: Equatorial view, ornamentation (W), c: Equatorial view of monolete spore (W), d: Proximal pole of trilete spore (W), e: Optical section (A), f: Equatorial view, ornamentation (A), g: Equatorial view of monolete spore (A), h: Proximal pole of trilete spore (A), i-j: Different appearances of spores (A) (Scale bars: 20 μ m).

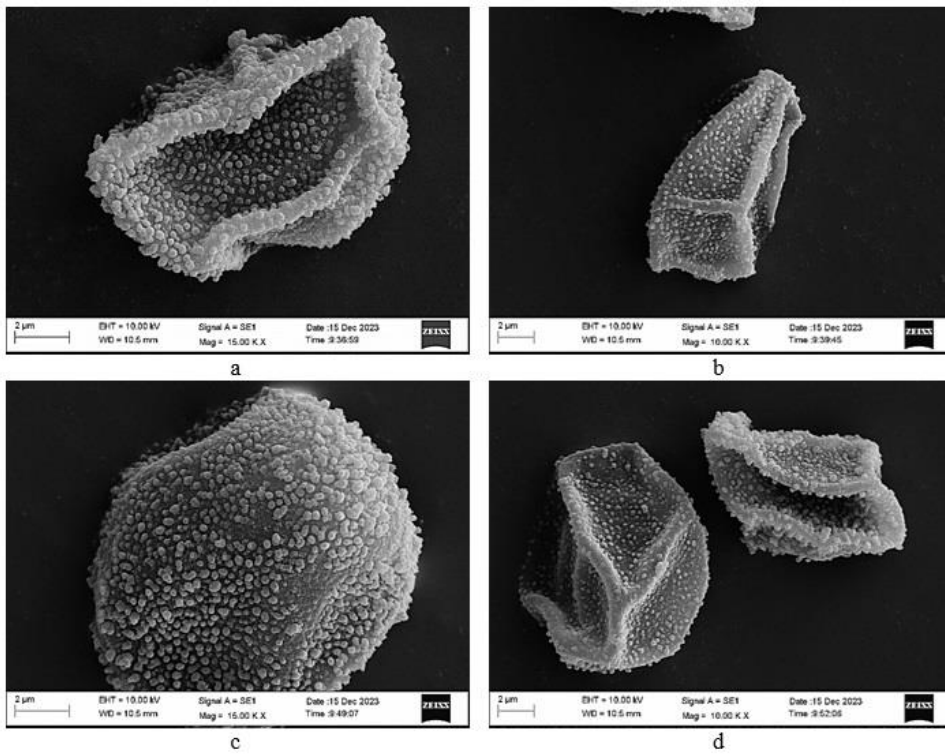


Figure 3. Microphotographs of *B. salebrosum* spores (SEM). a: Proximal pole of monolete spore, b: Proximal pole of trilete spore, c: Ornamentation, d: Different appearances of spores.

***Crossidium squamiferum* var. *pottioideum*:** As a result of the morphological measurements made on the preparations prepared by the Wodehouse method, the polar axis length of the spores belonging to the taxon is 7.57 μm on average and the equatorial axis length is 10.60 μm on average. Since the ratio of the polar axis length to the equatorial axis length of the spores was 0.68 μm , the spores were classified as oblate in shape. Due to the inability to distinctly separate the exine and perine layers of the spores under the light microscope, measurements were taken of the sclerine layer. The sclerine is 0.78 μm thick and the intine is 0.53 μm thick. The aperture type was observed to be monolete and trilete (Table 2, Fig. 4).

On the other hand, as a result of the morphological measurements made on the preparations prepared by acetolysis method, the polar axis length of the spores belonging to the taxon is 6.75 μm on average and the equatorial axis length is 10.11 μm on average. Since the ratio of the polar axis length to the equatorial axis length of the spores was 0.64 μm , the spores were classified as oblate in shape. Since the separation of the exine and perine layers of the spores could not be clearly separated in the light microscope, the sclerine layer was measured. The sclerine is 0.56 μm . Aperture type is monolete and trilete. Ornamentation type is verrucate (Table 2, Figs. 4,5).

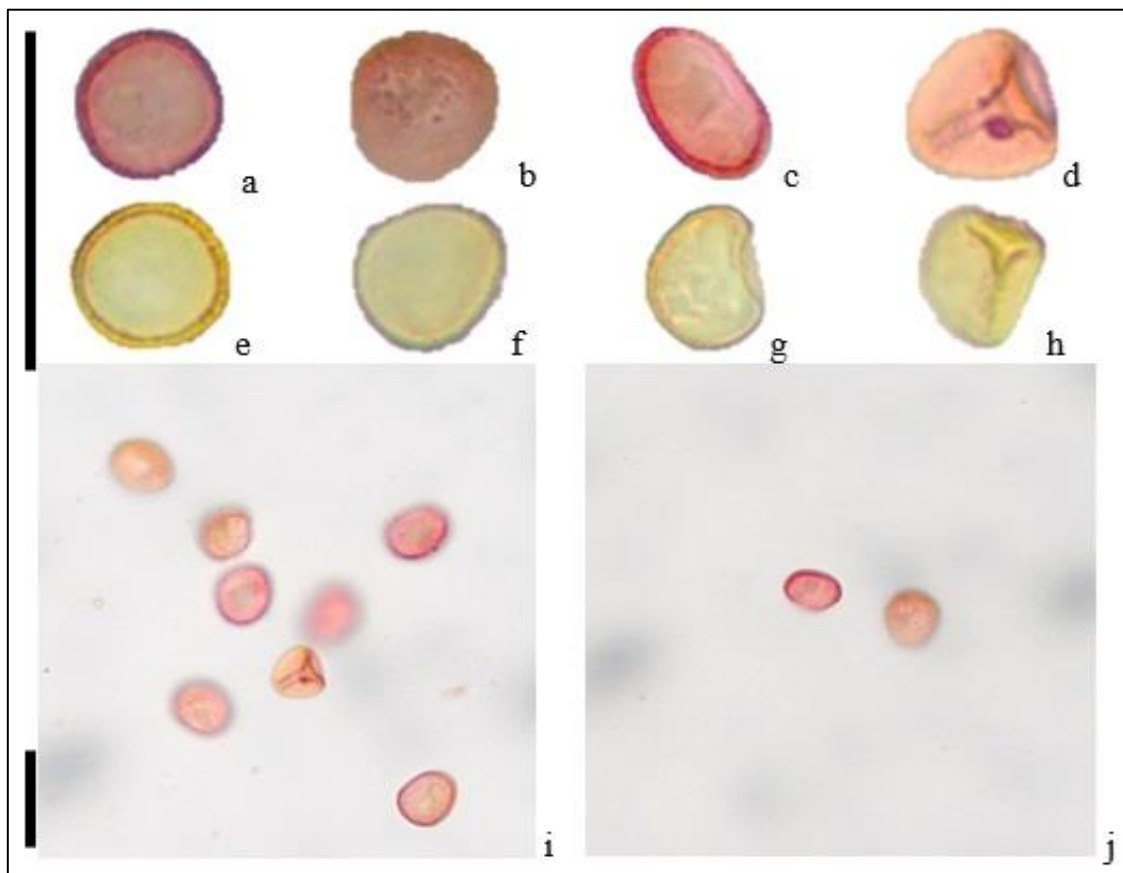


Figure 4. Microphotographs of *C. squamiferum* var. *pottioideum* spores (LM). a: Optical section (W), b: Ornamentation (W), c: Equatorial view of monolete spore (W), d: Proximal pole of trilete spore (W), e: Optical section (A), f: Equatorial view, ornamentation (A), g: Equatorial view of monolete spore (A), h: Proximal pole of trilete spore (A), i-j: Different appearances of spores (W) (Scale bars: 20 μm).

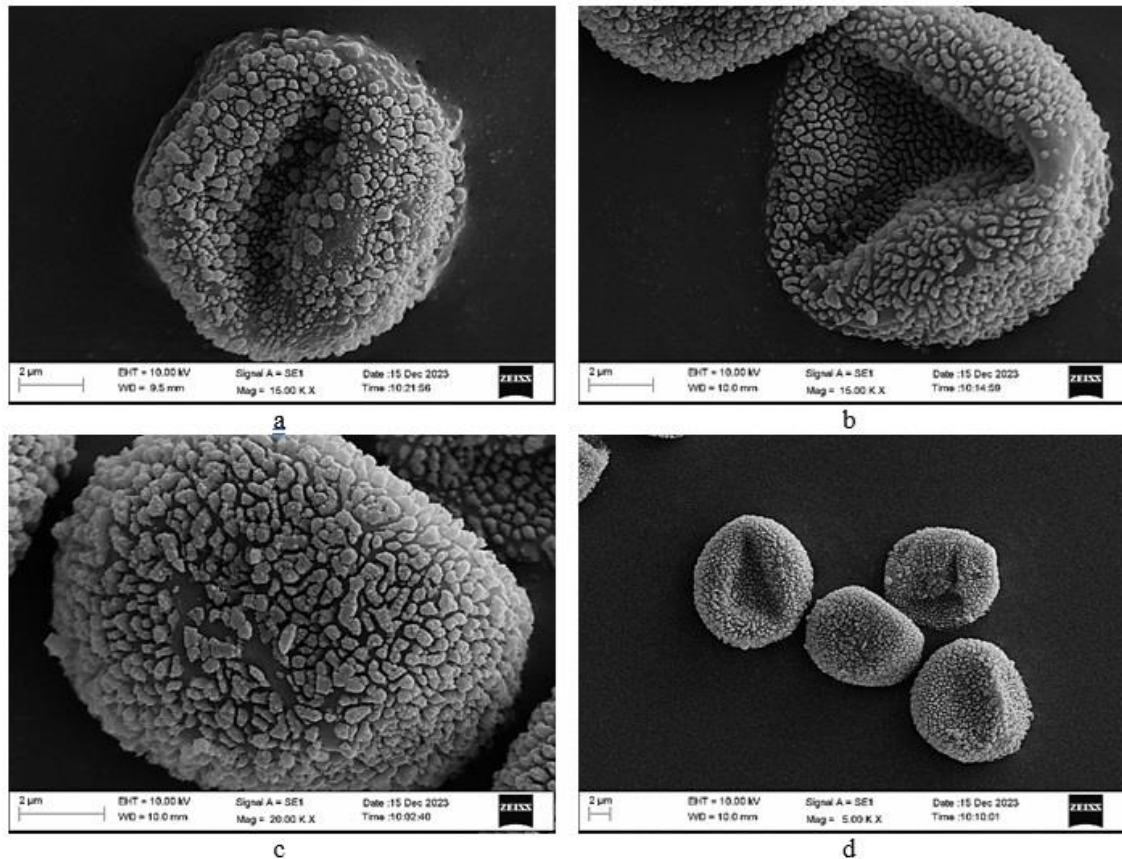


Figure 5. Microphotographs of *C. squamiferum* var. *pottioideum* spores (SEM). a: Proximal pole of monolete spore, b: Proximal pole of trilete spore, c: Ornamentation, d: Different appearances of spores.

4. Results and Discussion

Especially for taxa that are difficult to diagnose and identify taxonomically, palynological studies can be very important guides (Costa Silva-e-Costa and Luiz-Ponzo, 2019). Taxonomic analyses frequently incorporate data from palynological surveys on bryophyte spores, which offer a deeper insight into the taxonomy and ecology of the species (Carrión et al., 1995; Passarella and Luiz-Ponzo, 2019; Shumilovskikh et al., 2021; Gonçalves-Esteves et al., 2022). The morphological description of bryophyte spores is significant from a taxonomic and evolutionary standpoint, and it aligns with the species' biology, ecology, and habitat traits (Luizi-Panzo and Melhem, 2006).

Investigating the morphological traits of spores in bryophytes holds significant importance from both taxonomic and evolutionary standpoints, aligning closely with the biology of the species as well as its ecological and habitat characteristics (Luizi-Panzo and Melhem, 2006). In the present study, the spore morphologies of acrocarpous moss *C. squamiferum* var. *pottioideum* and pleurocarpous moss *B. salebrosum* were investigated. The spores of *C. squamiferum* var. *pottioideum*, which is distributed

in arid habitats, vary between 6-10 µm. On the other hand, the spores of *B. salebrosum*, which prefers more humid habitats, vary between 7-13 µm and have relatively larger spores. Small particles are dispersed further than large particles due to lower settling velocities and expected longer air residence times (Hall and Walter, 2011; Zanatta et al., 2016). Moss spores are usually quite small (mostly <50 µm) and are therefore likely to be easily transported long distances by wind when they reach higher air masses, resulting in species with small spores being spread over larger areas (Johansson et al., 2014). Additionally, the relationship between spore collapse rate and spore diameter was experimentally supported (Aylor, 2002; Hussein et al., 2013). Compared to pleurocarpic *B. salebrosum*, the smaller spores of acrocarpic *C. squamiferum* var. *pottioideum*, which is distributed in arid habitats, may result in both more spores in the capsule and relatively longer distances of dispersal from the capsule. Thus, the probability of generation continuity is increased. On the other hand, while the relatively larger size of the spores of the pleurocarpic *B. salebrosum* may limit the species' dispersal potential, these single-celled spores, characterized by their chloroplasts and abundant protoplasm, possess the ability to survive

until the requisite water and moisture conditions for germination are met.

In conclusion, palynological investigations into bryophyte spores will significantly contribute to make significant contributions to both their taxonomic classification and the understanding of the ecological complexities inherent in these ancient plants throughout history. It will also provide a source of data for further taxonomic, palaeobotanical and ecological studies.

Declaration

Acknowledgments

This study was financially supported by the Scientific and Technological Research Council of Turkey (TÜBİTAK) within the scope of 2209-A - Research Project Support Programme for Undergraduate Students (Application Number: 1919B012223572).

Author contributions

Idea/Concept: ZAE, TE; Conceptualization and design: ZAE, TE, EA; Auditing consulting: ZAE, TE; References: ZAE, EA, TE; Materials: ZAE, TE, EA; Data collection and/or processing: ZAE, EA; Analysis and/or interpretation: ZAE, EA, TE; Literature search: ZAE, EA; Writing phase: ZAE, EA, TE; Critical review: ZAE, TE.

Conflict of interest

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

Funding

This study was financially supported by the Scientific and Technological Research Council of Turkey (TÜBİTAK) within the scope of 2209-A - Research Project Support Programme for Undergraduate Students (Application Number: 1919B012223572).

Ethical approval

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

References

Aslan Z. Çulha H. Ezer T. Doğan C. 2022. Spore Morphologies of Some Acrocarpous Mosses (Bryophyta): Taxonomical and Ecological Significance. *Anatolian Bryology*. 8:2, 106-113.

Aşçı B. Çeter T. Pınar N. Çölgeçen H. Çetin B. 2010. Spore morphology of some Turkish *Tortula* and *Syntrichia* species (Pottiaceae Schimp., Bryophyta). *The Herb Journal of Systematic Botany*. 17:2, 165-180.

Aylor D.E. 2002. Settling speed of corn (*Zea mays*) pollen. *Journal of Aerosol Science*. 33: 1601-607.

Baros A. Járαι-Komlódi M. Nilsson Z. 1993. An Atlas of Recent European Bryophyte Spores. Scientia Publishing, Budapest.

Blackmore S. Barnes S. 1991. Pollen and Spores. Patterns of Diversification. The Systematics Association. Special Vol. No. 44. Clarendon Press, Oxford.

Boros A. Járαι-Komlódi M. 1975. An atlas of recent European bryophyte spores. Akademiai Kiado, Budapest.

Brown R.C. Lemmon B.E. Shimamura M. Villarreal J.C. Renzaglia K.S. 2015. Spores of relictual bryophytes: diverse adaptations to life on land. *Review of Palaeobotany and Palynology*. 216: 1-17.

Brubaker L. B. Anderson P. M. Murray B. M. Koon D. 1998. A palynological investigation of true-moss (Bryidae) spores: Morphology and occurrence in modern and late Quaternary lake sediments of Alaska. *Canadian Journal of Botany*. 76:12, 2145-2157.

Carrión J.S. Cano M.J. Guerra J. 1995. Spore morphology in the moss genus *Pterygoneurum* Jur. (Pottiaceae). *Nova Hedwigia*. 61:3-4, 481-496.

Carrión J.S. Ros R.M. Guerra J. 1993. Spore morphology in *Pottia starckeana* (Hedw.) C. Müll. (Pottiaceae, Musci) and its closest species. *Nova Hedwigia*. 56:1-2, 89-112.

Costa Silva-e-Costa J. Luizi-Ponzo A.P. 2019. Spores of *Plagiochila* (Dumort.) Dumort.: the taxonomic relevance of morphology and ultrastructure. *Acta Botanica Brasilica*. 33:1, 1-14.

Çeter T. Gözcü M.C. Uyar G. 2018. Spore morphology of some Bartramiaceae species (Bryophyta) in Turkey. *Communications Faculty of Sciences University of Ankara Series C Biology*. 27:2, 253-262.

Erdtman G. 1960. The Acetolysis Method, A Revised Description, *Svensk Botanisk Tidskrift*. 39: 561-564.

Erdtman G. 1969. *Handbook of Palynology: An Introduction to the Study of Pollen Grains and Spores*. Hafner Publishing Co. New York.

Estébanez B. Yamaguchi T. Deguchi H. 2006. Ultrastructure of the spore in four Japanese species of *Ptychomitrium* Fűrnr. (Musci). *Grana*. 45:1, 61-70.

Faegri K. Iversen J. 1975. *Textbook of modern pollen analysis*. Hafner Press. Munksgaard. Copenhagen.

- Glime J.M. 2017. Bryophyte Ecology; Michigan Technological University: Houghton. Michigan, USA.
- Gonçalves-Esteves V. Mezzonato-Pires A.C. Marinho E.B. de Souza R.M.B.S. Esteves R.L. Cartaxo-Pinto S. Mendonça C.B.F. 2022. The importance of palynology to taxonomy. In Aspects of Brazilian floristic diversity: From botany to traditional communities (pp. 119-134). Cham: Springer International Publishing.
- Gözcü M.C. Çeter T. Uyar G. 2018a. Spore morphology of some Turkish moss species. Communications Faculty of Sciences University of Ankara Series C Biology. 27:2, 204-214.
- Gözcü M.C. Uyar G. Çeter T. 2018b. Spore morphology of some *Weissia* species (Pottiaceae) from Turkey. Communications Faculty of Sciences University of Ankara Series C Biology. 27:2, 185-194.
- Hall J.A. Walter G.H. 2011. Does pollen aerodynamics correlate with pollination vector? Pollen settling velocity as a test for wind versus insect pollination among cycads (Gymnospermae: Cycadaceae: Zamiaceae). Biological Journal of the Linnean Society. 104:1, 75-92.
- Hussein T. Norros V. Hakala J. Petäjä T. Aalto P.P. Rannik Ü. Vesala T. Ovaskainen O. 2013. Species traits and inertial deposition of fungal spores. Journal of Aerosol Science. 61: 81-98.
- Johansson V. Lönnell N. Sundberg S. Hylander K. 2014. Release thresholds for moss spores: the importance of turbulence and sporophyte length. Journal of Ecology. 102:3, 721-729.
- Khoshravesh R. Kazempour Osaloo S.H. 2007. Spore Morphology of Certain Mosses of Northern Tehran-Iran: Taxonomical and Ecological Implications. The Iranian Journal of Botany. 13:2, 150-159.
- Luizi-Ponzo A.P. Barth O.M. 1999. Spore morphology of some Dicranaceae species (Bryophyta) from Brazil. Grana. 38:1, 42-49.
- Luizi-Ponzo A.P. Melhem T.S.A. 2006. Spore morphology and ultrastructure of the tropical moss *Helicophyllum torquatum* (Hook.) Brid. (Helicophyllaceae) in relation to systematics and evolution. Cryptogamie Bryologie. 27:4, 413-420.
- Luizi-Ponzo A.P. Silva-e-Costa J.D.C. 2019. Complex sporoderm structure in bryophyte spores: a palynological study of Erpodiaceae Broth. Acta Botanica Brasiliica. 33:1, 141-148.
- McClymont J.W. 1955. Spores of the Musci: their structure and significance in systematic research. University of Michigan.
- Medina N. Estebanez B. Lara F. Mazimpaka V. 2009. On the presence of dimorphic spores in *Orthotrichum affine* (Bryopsida, Orthotrichaceae). Journal of Bryology. 31: 127-129.
- Mogensen G.S. 1981. The biological significance of morphological characters in bryophytes: the spore. The Bryologist. 187-207.
- Passarella M.D.A. Luiz-Ponzo A.P. 2019. Palynology of *Amphidium* Schimp. (Amphidiaceae M. Stech): can spore morphology circumscribe the genus? Acta Botanica Brasiliica. 33: 135-140.
- Piñeiro M. R. 2017. Esporas de *Funaria hygrometrica* and *Entosthodon laxus* (Funariaceae, Bryophyta) para la región de Tierra del Fuego, Argentina. Boletín de la Sociedad Argentina de Botánica. 52:1, 39-44.
- Potoğlu Erkara İ. 2017. Spore morphology, taxonomical and ecological importance of some Encalyptaceae Schimp. Species (Bryophyta) from Turkey. Bangladesh Journal of Botany. 46:1, 139-145.
- Potoglu Erkara I. Savaroglu F. 2007. Spore morphology of some Brachytheciaceae Schimp. species (Bryophyta) from Turkey. Nordic Journal of Botany. 25:3-4, 194-198.
- Potoğlu Erkara I. Birgi F. Koyuncu O. 2018. Spore Morphology, Taxonomical and Ecological Importance of Bryophyta From Turkey. Communications Faculty of Sciences University of Ankara Series C Biology. 27:2, 215-223.
- Punt W. Hoen P.P. Blackmore S. Nilsson S. Le Thomas A. 2007. Glossary of Pollen and Spore Terminology. Review of Palaeobotany and Palynology. 143: 1-81.
- Savaroglu F. Potoglu Erkara I. 2008. Observations of spore morphology of some Pottiaceae Schimp. species (Bryophyta) in Turkey. Plant Systematics and Evolution. 271: 93-99.
- Savaroglu F. Potoğlu Erkara I. Baycu C. Alkan M. 2007. Spore morphology of some Bryaceae Schwägr. species (Bryophyta) from Turkey. International Journal of Natural and Engineering Sciences. 1:2, 49-54.
- Schuette S. Renzaglia K.S. 2010. Development of multicellular spores in the hornwort genus *Dendroceros* (Dendrocerotaceae, Anthocerotophyta) and the occurrence of endospory in Bryophytes. Nova Hedwigia. 91:3-4, 301-316.

- Shumilovskikh L. O'Keefe J.M. Marret F. 2021. An overview of the taxonomic groups of non-pollen palynomorphs. Geological Society, London, Special Publications. 511:1, 13-61.
- Silva-e-Costa J.D.C. Luizi-Ponzo A.P. 2019. Spores of *Plagiochila* (Dumort.) Dumort.: the taxonomic relevance of morphology and ultrastructure. Acta Botanica Brasilica. 33, 391-404.
- Simpson M.G. 2019. Plant systematics. Academic press. pp. 68.
- Sokal R.P. Rohlf J.F. 1969. The Principles And Practice Of Statistics in Biological Research. W.H. Freeman and Company. San Francisco.
- URL1. World Flora Online (WFO) Plant List. 2024. Website: <https://wfoplantlist.org/> [Access date: 15 September 2024].
- Walsh S.K. Wolkis D. Maunder M. 2024. Plant conservation. Samuel, M.S. (Ed.) Encyclopedia of Biodiversity. Elsevier. Oxford. 690-706.
- Wodehouse R. 1935. Pollen grains. Mc. Grew Hill, New York.
- Zanatta F. Patiño J. Lebeau F. Massinon M. Hylander K. de Haan M. Ballings P. Degreef J. Vanderpoorten A. 2016. Measuring spore settling velocity for an improved assessment of dispersal rates in mosses. Annals of Botany. 118:2, 197-206.









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

DOI: 10.26672/anatolianbryology.1567770

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



Karçal Dağları Briyofit Florası (Artvin, Türkiye)

Nevzat BATAN¹ , Hüseyin ERATA² *, Mevlüt ALATAŞ³ , Tülay EZER⁴ ,
Osman ÖZCAN⁵ , Nurtaç TAŞCI⁶ 

¹Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Fakültesi, Moleküler Biyoloji ve Genetik Bölümü, Trabzon, TÜRKİYE,

²Gümüşhane Üniversitesi, Kürtün Meslek Yüksekokulu, Ormancılık Bölümü, Gümüşhane, TÜRKİYE,

³Munzur Üniversitesi, Tunceli Meslek Yüksekokulu, Bitkisel ve Hayvansal Üretim Bölümü, Tunceli, TÜRKİYE,

⁴Niğde Ömer Halisdemir Üniversitesi, Mimarlık Fakültesi, Peyzaj Mimarlığı Bölümü, Niğde, TÜRKİYE,

⁵Ordu Millî Eğitim Müdürlüğü, Fatsa Bilim ve Sanat Merkezi, Ordu, TÜRKİYE,

⁶Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü Trabzon, TÜRKİYE

Received: 18 October 2024

Revised: 31 October 2024

Accepted: 01 November 2024

Öz

Karçal Dağlarının briyofit çeşitliliğinin ortaya çıkarılması amacıyla araştırma alanından 27.05.2022 ve 08.03.2024 tarihleri arasında 178 istasyondan ± 7500 briyofit örneği toplanmıştır. Briyofit örneklerinin teşhis edilmesi sonucunda toplam 513 Briyofit taksonu (87 familya ve 192 cinse ait 2 Boynuzotu, 90 Ciğerotu ve 421 Karayosunu) tanımlanmıştır. Teşhis edilenler taksonlar arasında ciğerotlarından *Scapania calcicola* (Arnell & J.Perss.) Ingham, *S. cuspiduligera* (Nees) Müll. Frib, karayosunlarından ise *Amphidium lapponicum* (Hedw.) Schimp, *Dicranum transsylvanicum* Lüth, *Schistidium lancifolium* (Kindb.) H.H.Blom, *Pohlia filum* (Schimp.) Mårtensson, *Orthotrichum crenulatum* Mitt, *Zygodon dentatus* (Limpr.) Kartt ve *Platyhpnum molle* (Dicks. ex Hedw.) Loeske taksonları Türkiye'den ikinci kez kaydedilmiştir. Ayrıca bu çalışmada, 152 briyofit taksonun (2 boynuzotu taksonu, 50 ciğerotu taksonu ve 100 karayosunu taksonu) Artvin ili'nden ilk kez kaydı verilmiştir.

Anahtar kelimeler: Biyoçeşitlilik, Boynuzotu, Ciğerotları, Karayosunları, Türkiye

Bryophyte Flora of Karçal Mountains (Artvin, Türkiye)

Abstract

In order to reveal the bryophyte diversity of the Karçal Mountains, ± 7500 bryophyte samples were collected from 178 stations in the research area between 27.05.2022 and 08.03.2024. As a result of the identification of bryophyte samples, a total of 513 bryophyte taxa (2 Hornwort, 90 Liverwort and 421 Moss taxa belonging to 87 families and 192 genera) were identified. Among the identified taxa, the liverworts *Scapania calcicola* (Arnell & J.Perss.) Ingham, *S. cuspiduligera* (Nees) Müll. Frib, and the mosses *Amphidium lapponicum* (Hedw.) Schimp, *Dicranum transsylvanicum* Lüth, *Schistidium lancifolium* (Kindb.) H.H.Blom, *Pohlia filum* (Schimp.) Mårtensson, *Orthotrichum crenulatum* Mitt, *Zygodon dentatus* (Limpr.) Kartt, and *Platyhpnum molle* (Dicks. ex Hedw.) Loeske taxa are recorded for the second time from Türkiye. In addition, 152 bryophyte taxa (2 hornwort taxa, 50 liverwort taxa, and 100 moss taxa) were recorded for the first time for Artvin province in this study.

Keywords: Biodiversity, Hornworts, Liverworts, Mosses, Türkiye

* Corresponding author: huseyin_erata@hotmail.com

To cite this article: Batan N. Erata H. Alataş M. Ezer T. Özcan O. Taşçı N. 2024. Bryophyte Flora of Karçal Mountains (Artvin, Türkiye). *Anatolian Bryology*. 10:2, 120-151.



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

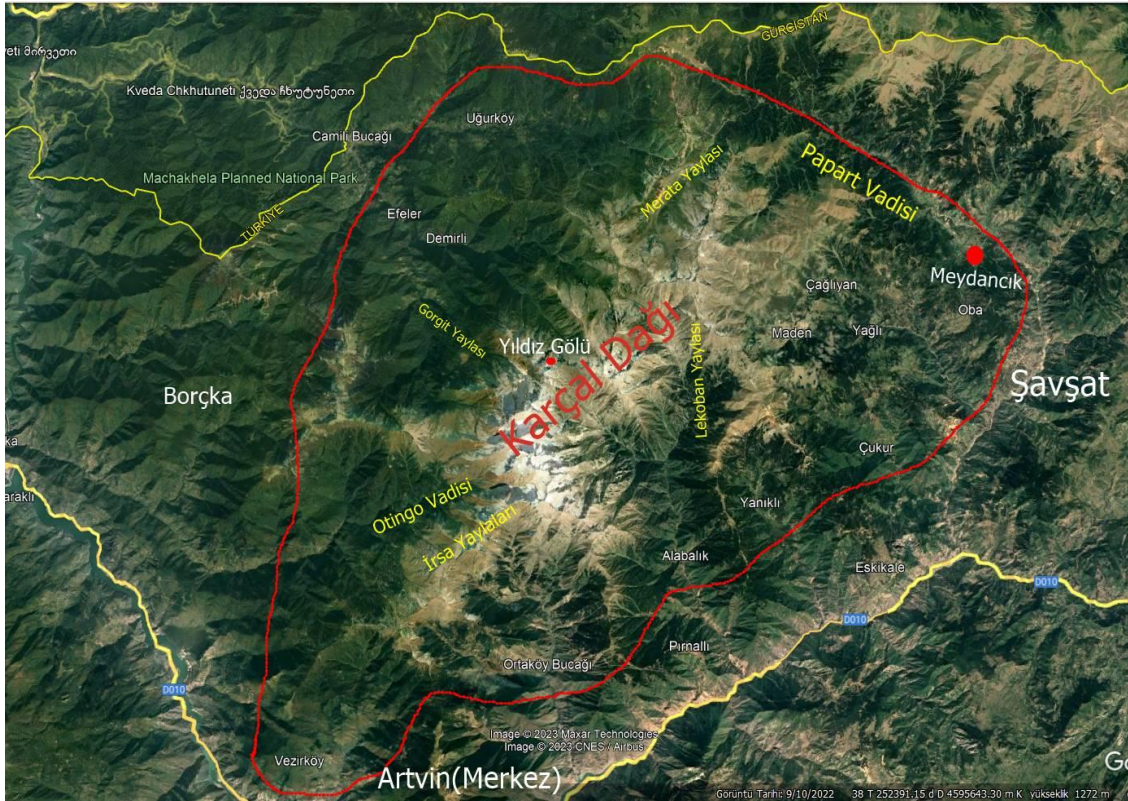
1. Giriş

Karçal Dağları; Karadeniz Bölgesi'nin, Doğu Karadeniz Bölümü'nde, Artvin İli'nin kuzeyinde, Şavşat ile Borçka İlçeleri arasında yer almaktadır. Araştırma alanı, yaklaşık olarak 41°19' ile 41°22' kuzey enlemleri ve 41°58' ile 42°2' doğu boylamları arasında güneybatı-kuzeydoğu yönünde bir uzanış göstermektedir (Şekil 1). Doğu Karadeniz Dağları'nın, en yüksek doruğu olan Kaçkar Dağı'ndan (3.932 m) doğuya doğru alçalarak devam eder ve Çoruh Vadisi'nin doğusunda tekrar yükselerek Karçal Dağı'nda 3.431 metreye ulaşmaktadır (Dede ve ark., 2015).

Karçal Dağları; çok sayıda kendine özgü bitki türlerini barındırması, doğal güzelliği, yaylaları, kendine ait zengin biyolojik çeşitliliği ve otantik özellikleriyle ön plan çıkan, Artvin İli'nin ve Türkiye'nin önemli bitki alanları arasında yer almaktadır. Doğu Karadeniz ılıman kuşak, karışık yapraklı ormanlarının en iyi örneklerine sahip olan Karçal Dağları'nın en önemli özelliği, yoğun ormancılık uygulamalarından uzak kalmış doğal yaşlı ormanlara sahip olmasıdır. Alan, ani yükseklik değişimleriyle ortaya çıkan ekosistem çeşitliliği, yüksek endemizm oranı ve zengin yaban hayatı ile dikkat çekmektedir.

Karçal Dağları, 500 metrelerden başlayıp 3431 metre yüksekliğe kadar çıkmaktadır. Karçal Dağları'nda 2.730 m ile 3.070 m yükseltiler arasında beş adet kaya buzulu bulunmaktadır. Bunlar; Çamdalı, Karçal, Sakız, Yamukdiken ve Ziyaretkaya buzullarıdır (Dede ve ark., 2015). Ayrıca Karçal Dağlarında irili ufaklı birçok buzul göl ve zirveden kar sularıyla beslen çok sayıda akarsu vardır. Karçal Dağlarının Çoruh Vadisi tarafında Sub-Akdeniz iklimi, kuzey kesiminde nemli Karadeniz iklimi, güney kesiminde Çoruh Vadisi'nden gelen etki ile Sub-Akdeniz ve Karasal iklimin keşiştiği bir iklim hüküm sürerken, Karçal Dağlarının doğusunda ve yüksek kesimlerinde de Karasal iklim hüküm sürmektedir. Alanın jeolojik ve topografik yapısı ile iklimsel özellikleri Karçal Dağlarının özel bir vejetasyon yapısına ve zengin biyolojik çeşitliliğe sahip olmasına neden olmuştur.

Artvin'de, pseudomaki, orman, sucul (göl) ve bataklık, dağ stepi, subalpine, alpin, nemli dere ve kaya olmak üzere 7 farklı vejetasyon tipi görülmektedir. Bunlardan en yaygın olanı orman vejetasyonu olup Artvin İli yüzölçümünün %54'ü ormanlık alanlarla kaplıdır (Eminağaoğlu, 2015). Bu vejetasyon yapısı Karçal Dağlarında da görülmektedir.



Şekil 1. Araştırma alanı çevresi haritası (URL-1).

Bunlar sırasıyla;

1. Pseudomaki Vejetasyonu: Çoruh Vadisi'ne bakan kısımlarda, (alanın kuzey-batı, batı ve güney batı kesimi) 200-600 (750) metreler arasını kapsayan alanda görülen Pseudomaki Vejetasyonunda Karadeniz (Öksin) kökenli bitkiler ile birlikte çok sayıda Akdeniz kökenli bitkiler de yayılış göstermektedir. Bu bitkiler arasında *Olea europaea* L., *Arbutus andrachne* L., *Chamaecytisus hirsutus* Link, *Cistus creticus* L., *C. salvifolius* L., *Cotinus coggygria* Scop., *Rhus coriaria* L., *Jasminum fruticans* L., *Ruscus aculeatus* var. *angustifolius* Boiss, *Punica granatum* L., *Convolvulus cantabrica* L., *Euphorbia peplis* L., *Erodium malacoides* (L.) Willd., *Nigella segetalis* M. Bieb. ve *Alyssum desertorum* Stapf. var. *desertorum* yaygın olarak görülmektedir (Eminağaoğlu, 2015).

2. Orman Vejetasyonu: 500 m yükseltiden başlayıp 1300-2100 m. yükseltiye kadar devam etmekte olan orman vejetasyonu, çoğunlukla Avrupa-Sibiryaya (Öksin+Kolşik) ve İran-Turan elementlerinden oluşan geniş yapraklı ve iğne yapraklı ağaçların görüldüğü bir zondur. *Abies nordmanniana* (Steven) Spach subsp. *nordmanniana*, *Picea orientalis* (L.) Link, *Pinus sylvestris* L. var. *hamata* Steven, *Taxus baccata* L., *Ulmus glabra* Huds., *Castanea sativa* Mill., *Fagus orientalis* Lipsky, *Quercus petraea* (Matt.) Liebl. subsp. *iberica* (Steven ex M.Bieb.) Krassiln., *Populus tremula* L., *Salix caucasica* Andersson, *Carpinus betulus* L., *Corylus avellana* L., *Ostrya carpinifolia* Scop., *Rhododendron luteum* Sweet, *R. ponticum* L., *Prunus laurocerasus* L., *Rubus platyphyllos* C. Koch., *Crataegus microphylla* K. Koch., *C. monogyna* subsp. *monogyna* Jacq., *Ilex colchica* Pojark., *Acer campestre* var. *campestre* L. ve *Fraxinus angustifolia* subsp. *oxycarpa* (M. Bieb. ex Willd.) Franco & Rocha Afonso orman vejetasyonuna ait bazı taksonlardır (Eminağaoğlu, 2015).

3. Subalpin Vejetasyonu: 1900-2200 m yükselti arasında, *Picea orientalis*, *Abies nordmanniana* (Steven) Spach subsp. *nordmanniana* ve *Pinus sylvestris* L. var. *hamata* Steven ormanlarının biyotik faktörlerin (insan, hayvan, bitki ve mikroorganizma) etkisiyle tahribi sonucunda orman üst sınırı ve antropojen ağaç sınırından itibaren oluşmuş, 100-150 m genişliğinde tek tek veya topluluklar halinde çalılışın yoğun olarak bulunduğu vejetasyondur (Eminağaoğlu, 2015).

4. Alpin vejetasyonu: 2100-3000 m yükselti arasında genellikle yaylacılık faaliyetlerinin yoğun olarak yapıldığı, organik madde bakımından zengin, asit reaksiyonlu yüksek dağ çayır

topraklarının hakim olduğu çayır görünümündeki alpin vejetasyon yer almaktadır (Eminağaoğlu, 2015).

5. Nemli Dere Vejetasyonu: Karçal Dağları'nda deniz seviyesinden başlayarak 1800 metreler kadar ulaşan genellikle ormanlık alanlar içerisinde yer alan, dere kenarları ve taşkın sahalarında, *Alnus glutinosa* (L.) Gaertn. subsp. *barbata* (C.A. Mey.) Yalt., *Tamarix tetrandra* Pall. ex M. Bieb. ve *Salix alba* L.'nin baskın durumda olduğu nemli dere vejetasyonu bulunmaktadır. *Alnus glutinosa* subsp. *barbata*, *Salix alba*, *Tamarix tetrandra*, *Oplismenus undulatifolius* (Ard.) P. Beauv. *Thelypteris limbosperma* (All.) H.P. Fuchs, *Petasites hybridus* (L.) G. Gaertn., B. Mey. & Scherb., *P. Albus* (L.) Gaertn. nemli dere vejetasyonu üyelerinden bazılarıdır (Eminağaoğlu, 2015).

6. Kaya Vejetasyonu: 250-300 metrelerden 3431 m yükseltiye kadar genellikle kayalık alanlar üzerinde bulunan bir vejetasyon tipi olup *Sedum album* L., *S. gracile* C.A.Mey., *Centranthus longiflorus* subsp. *longiflorus* Steven, *Potentilla oweriniana* Boiss. *Scrophularia chrysantha* Jaub., *Asphodeline lutea* Rchb. ve *Campanula saxifraga* subsp. *aucheri* (A.DC.) Ogan. alandaki kaya vejetasyonunun baskın üyeleridir (Eminağaoğlu, 2015).

7. Sucul (Göl) ve Bataklık Vejetasyonu: Taban su seviyesinin yüzeye yakın veya yüzeyde olduğu, su derinliğinin 50-100 cm'yi bulduğu alanlarda görülmekte olup *Mentha longifolia* subsp. *longifolia* (L.) L., *Lythrum salicaria* L., *Persicaria amphibia* (L.) Gray, *Myriophyllum spicatum* L., *Alisma plantago-aquatica* L. ve *Veronica anagallis-aquatica* L. başlıca taksonlarıdır (Eminağaoğlu, 2015).

Artvin İli'nde briyofitlerle ilgili daha önce yapılmış olan çalışmalar (Gökler ve Öztürk, 1992; Townsend, 2005; Batan, 2008; Özdemir ve ark., 2008; Batan ve Özdemir, 2008; Blockeel ve ark., 2009; Batan, 2012; Batan ve Özdemir, 2012; Batan ve Özdemir, 2013a; 2013b; Batan ve ark., 2016, 2023, 2024a, 2024b; Alataş ve ark., 2018; Kırmacı ve ark., 2022; Özcan, 2023; Taşcı, 2024) vardır. Ancak bu çalışmalar detaylı bir şekilde incelendiğinde Artvin İli genelinde hala çalışılmamış alanların olduğu görülmektedir. Karçal dağları bu alanlardan biridir.

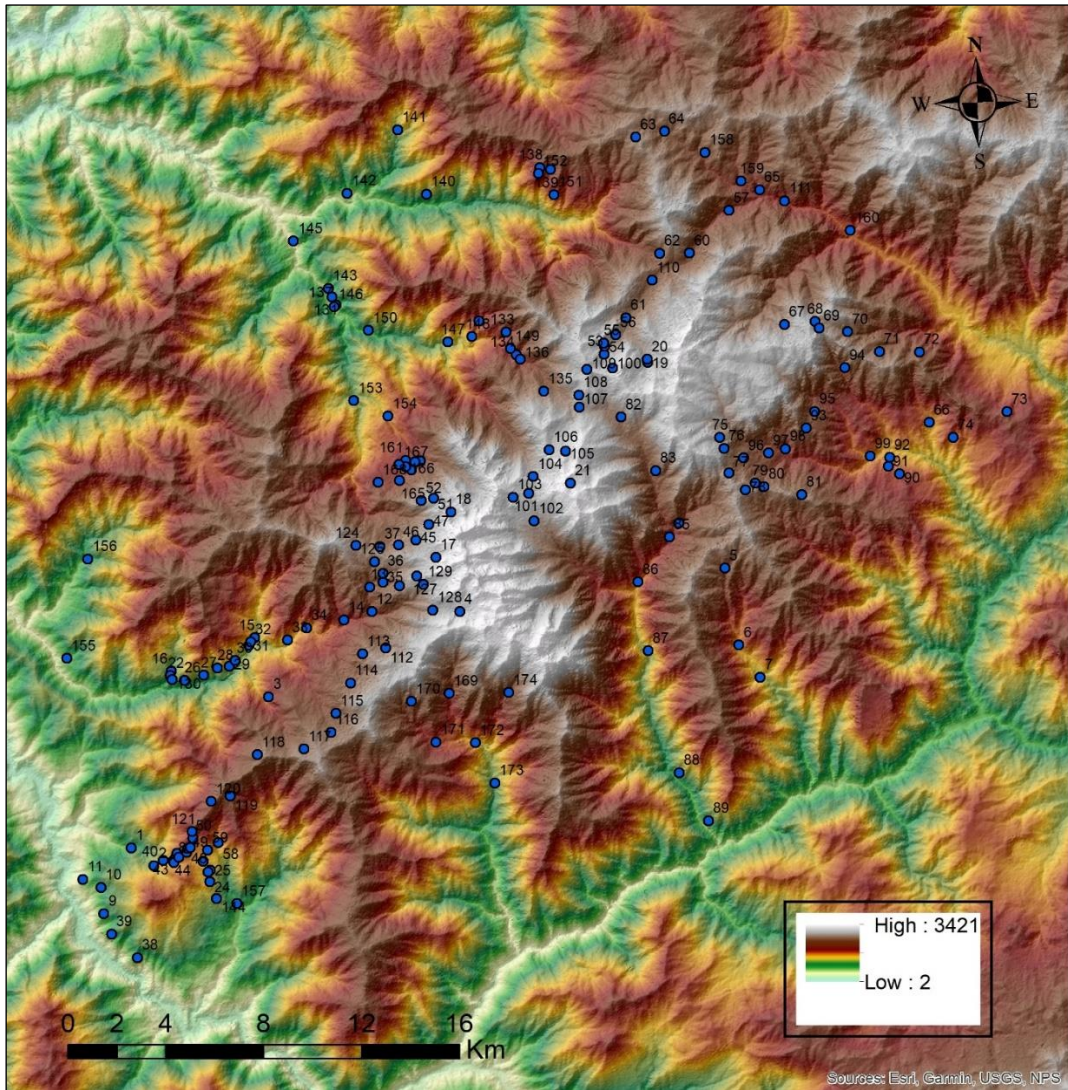
2. Materyal ve Metot

Araştırma sahası olarak belirlenen Karçal dağlarından, 27.05.2022 ve 08.03.2024 tarihleri arasında 178 farklı lokaliteden ±7500 briyofit

örneği toplanmıştır (Tablo 1). Toplanan briyofit örnekleri steromikroskop ve ışık mikroskobu ile incelenmiş ve ilgili flora, revizyon ve monografılar kullanılarak teşhisler yapılmıştır (Crum ve Anderson, 1981; Ireland, 1982; Nyholm, 1986, 1989, 1993, 1998; Lewinsky, 1993; Blom, 1996, Smith, 1996, 2004; Paton, 1999; Pedrotti, 2001, 2006; Greven, 2003; Heyn ve Herrnsstadt, 2004; Frey ve ark., 2006; Guerra ve ark., 2006, 2010, 2014, 2018; Brugués ve ark., 2007; Kürschner ve Frey, 2011; Brugués ve Guerra, 2015; Lüth, 2019). Florostik listede, teşhis edilen her takson için lokalite ve substrat bilgileri verilmiştir. Türkiye’den ikinci kez kaydı verilen taksonlar (♦) simgesi ile ve Artvin ili için yeni olan taksonlar (*) simgesi ile gösterilmiştir. Teşhis edilen briyofit taksonlarının listesinin oluşturulmasında ve sinonimlik durumu Hodgetts ve ark. (2020) takip

edilmiştir. Artvin ili için yeni olan taksonlar, ilgili literatürler taranarak değerlendirilmiştir (Gökler ve Öztürk, 1992; Townsend, 2005; Batan, 2008, 2012; Batan ve Özdemir., 2008, 2013a, b; Özenoğlu Kiremit ve Keçeli, 2009; Hazer, 2010; Lara ve ark., 2010; Alataş ve ark., 2018; Kırmacı ve ark., 2022; Özcan, 2023; Taşçı, 2024). Ayrıca, Türkiye için ikinci kez kaydı verilen taksonlar ilgili literatürler taranarak değerlendirilmiştir (Özenoğlu Kiremit ve Keçeli 2009; Hazer, 2010; Erata ve ark., 2023; Özen-Öztürk ve ark., 2023; Batan ve ark., 2023, 2024a, b; Erdağ ve Kürschner, 2024; Ellis ve ark., 2024).

Teşhisi tamamlanan briyofit örnekleri Karadeniz Teknik üniversitesi, Fen Fakültesi, Moleküler Biyoloji ve Genetik Bölümünde muhafaza edilmektedir.



Şekil 2. Araştırma alanından örneklerin toplandığı istasyonlar.

Tablo 1. Briyofit örneklerinin toplandığı lokalite bilgileri

No	İstasyon	Koordinat	Yükseklik (m)	Tarih
1.	Artvin (Merkez): Bakırköy (Çoruh Vadisi)	(37T) 0735981 D, 4569823 K	846	27.05.2022
2.	Artvin (Merkez): Bakırköy Üstü (Çoruh Vadisi)	(37T) 0736902 D, 4569080 K	1180	27.05.2022
3.	Artvin (Merkez): Erenler (İrsa Yaylaları Üstü)	(37T) 741592 D, 4575997K	2480	27.05.2022
4.	Borçka: Adagül-Erenler (İrsa) Yaylaları Arası	(37T) 0749410 D, 4579476 K	2663	27.05.2022
5.	Artvin (Merkez): Yanıklı Yaylası	(38T) 258223 D, 4580615 K	2040	27.05.2022
6.	Artvin (Merkez): Yanıklı Köyü	(38T) 258575 D, 4577438 K	1379	28.05.2022
7.	Artvin (Merkez): Yanıklı Köyü Girişi	(38T) 259348 D, 4576070 K	1138	28.05.2022
8.	Artvin (Merkez): Bakırköy-Sinkot Yaylası Arası	(37T)0737697 D, 4569303 K	1240	28.05.2022
9.	Artvin (Merkez): Sümbüllü Köyü-Seyitler Köyü Arası	(37T) 0734846 D, 4567135 K	760	28.05.2022
10.	Artvin (Merkez): Sümbüllü Köyü Altı-1	(37T) 0734734 D, 4568205 K	686	28.05.2022
11.	Artvin (Merkez): Sümbüllü Köyü Altı-2	(37T) 0733997 D, 4568528 K	590	28.05.2022
12.	Borçka: Balcı Köyü Yaylası Girişi (Altı)	(37T) 0745812 D, 4579477 K	1750	29.05.2022
13.	Borçka: Balcı Köyü Yaylası-1	(37T) 0745725 D, 4580483 K	1950-2000	29.05.2022
14.	Borçka: Çermik (Kaplıca)-Balcı Yaylası Arası (Otingo Vadisi)	(37T) 0744667 D, 4579143 K	1550	29.05.2022
15.	Borçka: Kurt Deresi (Otingo Vadisi)	(37T) 0741028 D, 4578408 K	1060	29.05.2022
16.	Borçka: Balcı Köyü Üstü, Değirmendere (Otingo Vadisi)	(37T) 0737610 D, 4577043 K	815	29.05.2022
17.	Borçka: Beyazsu Yaylası En Üst Vadi İçi	(37T) 0748427 D, 4581700 K	2664	29.05.2022
18.	Borçka: Yıldız Gölü	(37T) 0749049 D, 4583554 K	2751	29.05.2022
19.	Borçka: Merata Yaylası Karşısı-1, Vadi İçi	(38T) 255656 D, 4589232 K	2497	29.05.2022
20.	Borçka: Merata Yaylası Karşısı-2, Vadi İçi	(38T) 255641 D, 4589350 K	2487	30.05.2022
21.	Borçka: Ziyaret Gölü	(38T) 252167 D, 4584520 K	3010	30.05.2022
22.	Borçka: Balcı Köyü Üstü, Değirmendere, Otingo Vadisi-1	(37T) 0737579 D, 4576856 K	823	30.05.2022
23.	Borçka: Sinkot Yaylası Altı	(37T) 738924 D, 4569275 K	1278	30.05.2022
24.	Artvin (Merkez): Vezirköy Üstü-1	(37T) 0739192 D, 4568438 K	1153	20.06.2022
25.	Artvin (Merkez): Vezirköy Üstü-2(Kesim Alanı)	(37T) 0739204 D, 4568905 K	1181	20.06.2022
26.	Borçka: Otingo Vadisi-2	(37T) 0738143 D, 4576670 K	850	20.06.2022
27.	Borçka: Otingo Vadisi-3	(37T) 0738926 D, 4576875 K	891	20.06.2022

28.	Borçka: Otingo Vadisi-4	(37T) 0739503 D, 4577178 K	950	20.06.2022
29.	Borçka: Otingo Vadisi-5	(37T) 0739994 D, 4577240 K	992	21.06.2022
30.	Borçka: Otingo Vadisi-6	(37T) 0740223 D, 4577475 K	1003	21.06.2022
31.	Borçka: Otingo Vadisi-7	(37T) 0740778 D, 4578097 K	1042	21.06.2022
32.	Borçka: Otingo Vadisi-8	(37T) 0740854 D, 4578235 K	1045	21.06.2022
33.	Borçka: Otingo Vadisi-9	(37T) 0742363 D, 4578315 K	1180	21.06.2022
34.	Borçka: Otingo Vadisi-10	(37T) 0743147 D, 4578810 K	1340	21.06.2022
35.	Borçka: Balcı Köyü Yaylası-2	(37T) 0746263 D, 4580679 K	2105-2150	22.06.2022
36.	Borçka: Balcı Köyü Yaylası-3, Elektrik Santrali	(37T) 0746269 D, 4581042 K	2095-2150	22.06.2022
37.	Borçka: Beyazsu -Klaskör Yaylaları Arası	(37T) 0746149 D, 4582136 K	2300-2400	22.06.2022
38.	Artvin (Merkez): Çoruh Vadisi-1	(37T) 0736226 D, 4565337K	714	22.06.2022
39.	Artvin (Merkez): Çoruh Vadisi-2	(37T) 0735171 D, 4566298 K	766	22.06.2022
40.	Artvin (Merkez): Bakırköy Üstü-1	(37T) 0737279 D, 4569302 K	1195	22.06.2022
41.	Artvin (Merkez): Bakırköy Üstü-2	(37T) 0737802 D, 4569449 K	1293	23.06.2022
42.	Artvin (Merkez): Bakırköy Üstü-3	(37T) 0737848 D, 4569599 K	1337	23.06.2022
43.	Artvin (Merkez): Bakırköy Üstü-4	(37T) 0737718 D, 4569224 K	1254	23.06.2022
44.	Artvin (Merkez): Bakırköy Üstü-5	(37T) 0737918 D, 4569425 K	1377	23.06.2022
45.	Borçka: Beyazsu Yaylası-1	(37T) 747617 D, 4582407 K	2356	23.06.2022
46.	Borçka: Beyazsu Yaylası-2	(37T) 0746916 D, 4582207 K	2303-2450	23.06.2022
47.	Borçka: Beyazsu Yaylası Çıkışı, Yıldız Gölü Yolu Vadi İçi	(37T) 0748135 D, 4583031 K	2459	23.06.2022
48.	Artvin (Merkez): Vezirköy- Erenler (İrsa) Yayla Yol Ayrımı-1	(37T) 0738239 D, 4569641 K	1433	24.06.2022
49.	Artvin (Merkez): Vezirköy- Erenler (İrsa) Yayla Yol Ayrımı-2	(37T) 0738282 D, 4569803 K	1505	24.06.2022
50.	Artvin (Merkez): Erenler (İrsa) Yayla Yolu-1	(37T) 0738495 D, 4570213 K	1585	24.06.2022
51.	Borçka: Karçal Yıldız Gölü Yolu	(37T) 0748334 D, 4584109 K	2695-2800	24.06.2022
52.	Borçka: Beyazsu-Yıldız Gölü Yolu Üzeri Viraj	(37T) 0747832 D, 4584012 K	2496	24.06.2022
53.	Borçka: Kuyruklu Göl	(38T) 0253900 D, 4589683 K	2531	25.07.2022
54.	Borçka: Kuyruklu Göl Altı-1	(38T) 0253948 D, 4590009 K	2488	25.07.2022
55.	Borçka: Kuyruklu Göl Altı-2	(38T) 0253924 D, 4590134 K	2464	25.07.2022

56.	Borçka: Merata Yaylası-Kuyruklu Göl Arası	(38T) 0254433 D, 4590439 K	2390	25.07.2022
57.	Şavşat: Papart Yaylası (Papart Vadisi)	(38T) 0259397 D, 4595191 K	1747	25.07.2022
58.	Artvin (Merkez): Vezirköy Üstü-3	(37T) 0739529 D, 4570025 K	1312	25.07.2022
59.	Artvin (Merkez): Vezirköy Üstü-4	(37T) 0739097 D, 4569720 K	1353	26.07.2022
60.	Şavşat: Papart Vadisi-Merata Yaylaları Arası (Papart Vadisi)	(38T) 0257665 D, 4593558 K	2040-2080	26.07.2022
61.	Borçka: Merata Yaylası-1	(38T) 0254903 D, 4591109 K	2153	26.07.2022
62.	Borçka: Merata-Korda Yaylaları Arası (Papart Vadisi)	(38T) 0256448 D, 4593635 K	2147	26.07.2022
63.	Borçka: Korda Yaylası-1	(38T) 0255810 D, 4598441 K	2315	26.07.2022
64.	Şavşat: Curipera Yaylası (Papart Vadisi)	(38T) 0256991 D, 4598594 K	2064-2080	26.07.2022
65.	Şavşat: Papart Düzü Mevkii (Papart Vadisi)	(38T) 0260711 D, 4595946 K	1705-1690	26.07.2022
66.	Şavşat: Demirci Köyü	(38T) 0266982 D, 4585982 K	1355	26.07.2022
67.	Şavşat: Oba Yaylası	(38T) 0261349 D, 4590386 K	2440	27.07.2022
68.	Şavşat: Dutlu Yaylası	(38T) 0262613 D, 4590421 K	2444	27.07.2022
69.	Şavşat: Çağlayan Yaylası	(38T) 262747 D, 4590131 K	2493	27.07.2022
70.	Şavşat: Yağlı Yaylası	(38T) 263900 D, 4589909 K	2201	27.07.2022
71.	Şavşat: Demirci Köyü Yaylası	(38T) 0265140 D, 4589011 K	2224	27.07.2022
72.	Şavşat: Meydancık Köklücek Mah. Dutlu-Oba Yayla Yolu	(38T) 0266767 D, 4588884 K	2120	27.07.2022
73.	Şavşat: Meydancık Köklücek Mah. Dutlu-Oba Yayla Yolu (Satavia Bölgesi)	(38T) 0270173 D, 4586192 K	1815	27.07.2022
74.	Şavşat: Demirci Köyü- Oba Köyü Arası	(38T) 0267913 D, 4585296 K	1432	27.07.2022
75.	Şavşat: Sakoriya Yaylası-1	(38T) 0258386 D, 4585955 K	2400-2450	28.07.2022
76.	Şavşat: Sakoriya Yaylası-2	(38T) 0258526 D, 4585505 K	2444	28.07.2022
77.	Şavşat: Cancir Yaylası Üstü	(38T) 0258651 D, 4584483 K	2370-2415	28.07.2022
78.	Şavşat: Kale Yaylası Yolu	(38T) 0259284 D, 4583759 K	2380	28.07.2022
79.	Şavşat: Kale-Maden-Çukur Yaylası Arası Kayalık Alan	(38T) 0259695 D, 4583992 K	2300	28.07.2022
80.	Şavşat: Çukur Yaylası Yolu	(38T) 0260053 D, 4583832 K	2265	28.07.2022
81.	Şavşat: Napurnev Yaylası	(38T) 0261571 D, 4583396 K	2272	28.07.2022
82.	Borçka: Lekoban Yaylası-1	(38T) 0254421 D, 4587067 K	2276	29.07.2022

83.	Borçka: Lekoban Yaylası-2	(38T) 0255683 D, 4584787 K	2050	29.07.2022
84.	Borçka: Lekoban Yaylası Yolu-1	(38T) 0256477 D, 4582574 K	1700	29.07.2022
85.	Artvin (Merkez): Alabalık Yaylası	(38T) 0256055 D, 4582041 K	1629	29.07.2022
86.	Artvin (Merkez): Alabalık Köyü Üst Mahallesi	(38T) 0254630 D, 4580303 K	1374	29.07.2022
87.	Artvin (Merkez): Alabalık Köyü	(38T) 0254866 D, 4577457 K	1060	29.07.2022
88.	Artvin (Merkez): Alabalık Köyü Altı	(38T) 0255786 D, 4572404 K	844	29.07.2022
89.	Artvin (Merkez): Alabalık Köyü Girişi HES Civarı	(38T) 0256844 D, 4570363 K	706	29.07.2022
90.	Şavşat: Tepebaşı Köyü-1	(38T) 0265615 D, 4583963 K	1607	22.08.2022
91.	Şavşat: Tepebaşı Köyü-2	(38T) 0265188 D, 4584313 K	1560	22.08.2022
92.	Şavşat: Tepebaşı Köyü-3	(38T) 0265260 D, 4584666 K	1410	22.08.2022
93.	Şavşat: Vağet Yaylası-1	(38T) 0261936 D, 4586090 K	2060	22.08.2022
94.	Şavşat: Vağet Yaylası Yolu	(38T) 0263684 D, 4588449 K	1598	22.08.2022
95.	Şavşat: Vağet Yaylası-2	(38T) 0262339 D, 4586746 K	1996	22.08.2022
96.	Şavşat: Maden Köyü Üstü	(38T) 0259305 D, 4585057 K	2055	22.08.2022
97.	Şavşat: Maden Köyü, Meşe Orman İçi	(38T) 0260324 D, 4585182 K	1912	22.08.2022
98.	Şavşat: Maden Köyü Girişi	(38T) 0261033 D, 4585308 K	1736	22.08.2022
99.	Şavşat: Vağet Yaylası- Maden Köyü Yol Ayrımı	(38T) 0264469 D, 4584775 K	1347	22.08.2022
100.	Borçka: Kuyruklu Göl Üstü, Kayalık Alan	(38T) 0254209 D, 4589099 K	2720	23.08.2022
101.	Borçka: Çikunet Yaylası Üstü-1	(38T) 0250422 D, 4584226 K	2610	23.08.2022
102.	Borçka: Çikunet Yaylası	(38T) 0250577 D, 4583081 K	2473	23.08.2022
103.	Borçka: Çikunet Yaylası Üstü-2	(38T) 0249783 D, 4584109 K	2660	23.08.2022
104.	Borçka: Çikunet Yaylası-Saymiye Sırtı Arası	(38T) 0250665 D, 4584886 K	2760	23.08.2022
105.	Borçka: Naçadirev Gölü	(38T) 0252046 D, 4585832 K	2740	23.08.2022
106.	Borçka: Saymiye Sırtı	(38T) 0251378 D, 4585941 K	2748	23.08.2022
107.	Borçka: Lekoban Yaylası Üstü- Fındık Yaylası Yol Ayrımı	(38T) 0252744 D, 4587582 K	2511	23.08.2022
108.	Borçka: Lekoban Yaylası Üstü	(38T) 0252760 D, 4588084 K	2561	23.08.2022
109.	Borçka: Kuyruklu Göl- Lekoban Yaylası Arası	(38T) 0253161 D, 4589111 K	2699	23.08.2022
110.	Borçka: Merata Yaylası-2	(38T) 0256079 D, 4592564 K	2150	23.08.2022

111.	Şavşat: Papart Düzü- Mısırlı Köyü Arası	(38T) 261697 D, 4595424 K	1658	23.08.2022
112.	Borçka: Adagül Yaylası-Bakırköy Yaylası Arası-1	(37T) 0746388 D, 4577996 K	2272	24.08.2022
113.	Artvin (Merkez): Bakırköy Yaylası	(37T) 0745429 D, 4577754 K	2162	24.08.2022
114.	Artvin (Merkez): Erenler (İrsa) Yaylası	(37T) 0744943 D, 4576563 K	2216	24.08.2022
115.	Artvin (Merkez): Beşağıl Yaylası	(37T) 0744340 D, 4575311 K	2068	24.08.2022
116.	Artvin (Merkez): Beşağıl Yaylası Üstü	(37T) 0744155 D, 4574543 K	2184	24.08.2022
117.	Artvin (Merkez): Erenler (İrsa) Yaylaları Sapağı	(37T) 0743036 D, 4573859 K	2302	24.08.2022
118.	Artvin (Merkez): Erenler (İrsa) Yaylaları Yolu-1	(37T) 0741123 D, 4573625 K	2214	24.08.2022
119.	Artvin (Merkez): Erenler (İrsa) Yaylaları Yolu-2, Orman İçi	(37T) 0740019 D, 4571942 K	2014	24.08.2022
120.	Artvin (Merkez): Erenler (İrsa) Yaylaları Yolu-3, Orman İçi	(37T) 0739248 D, 4571718 K	1945	24.08.2022
121.	Artvin (Merkez): Vezirköy- Bakırköy Arası	(37T) 0738454 D, 4570485 K	1639	24.08.2022
122.	Artvin (Merkez): Vezirköy Üstü-5, Orman İçi	(37T) 0738392 D, 4569827 K	1423	24.08.2022
123.	Artvin (Merkez): Vezirköy Çıkışı, Orman İçi	(37T) 0739118 D, 4568838 K	1147	24.08.2022
124.	Borçka: Klaskör Yaylası	(37T) 0745165 D, 4582186 K	2334	25.08.2022
125.	Borçka: Alaca Yaylası- Kaynarca Yaylası Arası	(37T) 0745924 D, 4581521 K	2203	25.08.2022
126.	Borçka: Adagül Yalası- Balcıköyü Yaylası Arası	(37T) 0746947 D, 4580537 K	2350	25.08.2022
127.	Borçka: Adagül Yaylası Üstü	(37T) 0747646 D, 4580929 K	2601	25.08.2022
128.	Borçka: Adagül Yaylası- Bakırköy Yaylası Arası-2	(37T) 0748312 D, 4579539 K	2432	25.08.2022
129.	Borçka: Adagül Yaylası	(37T) 0747923 D, 4580596 K	2429	25.08.2022
130.	Borçka: Değirmendere Üstü, Tabela Yanı (Otingo Vadisi)	(37T) 0737638 D, 4576692 K	833	25.08.2022
131.	Borçka: Efeler Köyü Girişi-1	(37T) 0744188 D, 4592344 K	546	04.09.2022
132.	Borçka: Fındık Yaylası Altı- Damsuvar Yaylası	(37T) 0750194 D, 4591358 K	1485	04.09.2022
133.	Borçka: Damsuvar Yaylası-2	(38T) 0249955 D, 4590854 K	1600	04.09.2022
134.	Borçka: Fındık Yaylası-1	(38T) 0250319 D, 4589911 K	1723	04.09.2022
135.	Borçka: Fındık Yaylası Üstü	(38T) 0251327 D, 4588340 K	2320	04.09.2022
136.	Borçka: Fındık Yaylası-Damsuvar Yaylası Arası	(38T) 0250460 D, 4589722 K	1750	04.09.2022
137.	Borçka: Efeler Köyü İçi	(37T) 0744347 D, 4592014 K	615	05.09.2022
138.	Borçka: Korda Yaylası-Uğur Köyü Yolu Ayrımı	(38T) 0251800 D, 4597476 K	1795	05.09.2022

139.	Borçka: Uğurköy Köyü Üstü	(38T) 0252237 D, 4597368 K	1713	05.09.2022
140.	Borçka: Uğurköy-Maral Şelalesi Arası	(37T) 0748045 D, 4596540 K	920	05.09.2022
141.	Borçka: Maral Şelalesi Çevresi	(37T) 0746871 D, 4599175 K	1012	05.09.2022
142.	Borçka: Camili-Uğurköy Arası	(37T) 0744807 D, 4596581 K	602	05.09.2022
143.	Borçka: Efeler Köyü-Camili Arası	(37T) 0744038 D, 4592689 K	563	05.09.2022
144.	Artvin (Merkez): Vezirköy	(37T) 0739468 D, 4567748 K	1058	06.09.2022
145.	Borçka: Efeler Köyü Girişi-2	(37T) 0742609 D, 4594621 K	528	06.09.2022
146.	Borçka: Efeler Köyü Altı	(37T) 0744267 D, 4591935 K	615	06.09.2022
147.	Borçka: Demirci Mahallesi Üstü	(37T) 0748922 D, 4590506 K	1133	06.09.2022
148.	Borçka: Damsuvar Yaylası	(37T) 0749897 D, 4590718 K	1395	06.09.2022
149.	Borçka: Fındık Yaylası Altı	(38T) 0250093 D, 4590179 K	1726	07.09.2022
150.	Borçka: Demirci Mahallesi-Efeler Köyü Arası	(37T) 0745676 D, 4590970 K	757	07.09.2022
151.	Borçka: Uğurköy Köyü Üstü	(38T) 0252309 D, 4596328 K	1449	07.09.2022
152.	Borçka: Korda Yaylası-2	(38T) 0251739 D, 4597234 K	1802	07.09.2022
153.	Borçka: Gorgit Yaylası 1	(37T) 0745073 D, 4588104 K	1001	15.04.2023
154.	Borçka: Gorgit Yaylası Altı (Girişi), Dere İçi (Gorgit Yaylası 2)	(37T) 0746477 D, 4587469 K	1349	15.04.2023
155.	Borçka: Balcı Köyü	(37T) 0733342 D, 4577572 K	635	16.04.2023
156.	Borçka: Kaynarca Köyü	(37T) 0734201 D, 4581625 K	735	16.04.2023
157.	Artvin (Merkez): Varlık Köyü	(37T) 0740289 D, 4567546 K	714	16.04.2023
158.	Şavşat: Papart-Curipera Yolları Arası (Papart Vadisi)	(38T) 0258587 D, 4597626 K	1960	19.06.2023
159.	Şavşat: Papart Düzü Üstü, Merata Yol Ayrımı (Papart Vadisi)	(38T) 0259974 D, 4596349 K	1765	19.06.2023
160.	Şavşat: Mısırlı Köyü- Jandarına Arası (Papart Vadisi)	(38T) 0264300 D, 4594034 K	1498	19.06.2023
161.	Borçka: Gorgit Yaylası 3	(37T) 0747191 D, 4585662 K	1732	20.06.2023
162.	Borçka: Gorgit Yaylası 4	(37T) 0747429 D, 4585271 K	1767	20.06.2023
163.	Borçka: Gortgit Yaylası 5	(37T) 0747794 D, 4585639 K	1781	20.06.2023
164.	Borçka: Gorgit Yaylası 6	(37T) 0747576 D, 4585605 K	1782	20.06.2023
165.	Borçka: Gorgit Yaylası 7	(37T) 0746950 D, 4584833 K	1767	20.06.2023
166.	Borçka: Gorgit Yaylası 8	(37T) 0747203 D, 4585409 K	1724	22.06.2023

167.	Borçka: Gorgit Yaylası 9	(37T) 0746934 D, 4585484 K	1700	22.06.2023
168.	Borçka: Gorgit Yaylası 10	(37T) 0746065 D, 4584765 K	1720	22.06.2023
169.	Artvin (Merkez): Berta (Ortaköy), Kaşıklı Yaylası 1	(37T) 0748971 D, 4576135 K	1770	21.06.2023
170.	Artvin (Merkez): Berta (Ortaköy), Kaşıklı Yaylası 2	(37T) 0747426 D, 4575806 K	2084	21.06.2023
171.	Artvin (Merkez): Berta (Ortaköy), Kaşıklı Köyü	(37T) 0748442 D, 4574142 K	1582	21.06.2023
172.	Artvin (Merkez): Berta (Ortaköy) - Kaşıklı Köyü Arası	(37T) 0750050 D, 4574120 K	1294	21.06.2023
173.	Artvin (Merkez): Berta (Ortaköy) Çıkışı	(37T) 0750848 D, 4572475 K	902	21.06.2023
174.	Artvin (Merkez): Berta (Ortaköy) Üstü	(38T) 0249045 D, 4576158 K	1989	21.06.2023
175.	Artvin (Merkez): Erenler köyü	(37T) 0733660 D, 4573515 K	588	08.03.2024
176.	Borçka: Camili-Düzeli arası	(37T) 0741924 D, 4595469 K	403	07.03.2024
177.	Borçka: Düzeli çıkışı (Camili)	(37T) 0742687 D, 4593725 K	501	07.03.2024
178.	Borçka: Borçka çıkışı (Otingo vadisi)	(37T) 0726146 D, 4582175 K	189	08.03.2024

3. Bulgular

Çalışma sonucunda, 2 boynuzotu taksonu (2 familya ve 2 cins), 90 ciğerotu taksonu (29 familya ve 47 cins) ve 421 karayosunu taksonu (56 familya ve 143 cins) olmak üzere toplam 513 briyofit taksonu (87 familya ve 192 cins) tespit edilmiştir. Her takson için, floristik listede lokalite ve substrat bilgileri verilmiştir. Briyofloristik listede Türkiye için ikinci kez kaydı verilen taksonlar (♦) simgesi ile, Artvin ili için yeni olan taksonlar (*) simgesi ile gösterilmiştir.

3.1. Briyofloristik liste

ANTHOCEROTOPHYTA Stotler & Crand.-Stotl.

Anthocerotaceae Dumort.

Anthoceros L.

(*) *Anthoceros punctatus* L.

İstasyonlar: 65, 160; Islak toprak üzeri.

Notothyladaceae Müll.Frib. ex Prosk

Phaeoceros Prosk.

(*) *Phaeoceros laevis* (L.) Prosk.

İstasyonlar: 14, 15, 26; Islak toprak üzeri.

MARCHANTIOPHYTA Stotler & Crand.- Stotler

Anastrophyllaceae L.Söderstr., De Roo & Hedd.

Barbilophozia Loeske.

Barbilophozia barbata (Schmidel ex Schreb.) Loeske

İstasyonlar: 12, 36, 130, 153, 155, 156, 157, 160, 161, 163, 167; Islak toprak üzeri.

B. hatcheri (A.Evans) Loeske

İstasyonlar: 18, 35, 45, 52, 72, 103, 160; Çürümüş ağaç kütüğü üzeri, Islak toprak üzeri, kaya üzeri.

(*) *B. lycopodioides* (Wallr.) Loeske

İstasyonlar: 160; Kaya üzeri.

B. sudetica (Nees ex Huebener) L.Söderstr., De Roo & Hedd.

İstasyonlar: 18, 35, 36, 37, 45, 47, 52, 54, 55, 67, 68, 69, 101, 105, 124, 159, 163; Toprak üzeri, kaya üzeri.

Gymnocolea (Dumort.) Dumort.

(*) *Gymnocolea inflata* (Huds.) Dumort

İstasyonlar: 36, 54, 55, 61, 110; Islak toprak üzeri, toprak üzeri.

Neoorthocaulis L.Söderstr.

(*) *Neoorthocaulis attenuatus* (Mart.) L.Söderstr., De Roo & Hedd

İstasyonlar: 12; Toprak üzeri.

Sphenolobus (Lindb.) Berggr.

(*) *Sphenolobus minutus* (Schreb. ex D.Crantz) Berggr

İstasyonlar: 36, 45, 61, 101, 110, 119; Islak toprak üzeri, toprak üzeri, kaya üzeri.

Cephaloziaceae Mig.

Cephalozia (Dumort.) Dumort.

Cephalozia ambigua C.Massal

İstasyonlar: 102; Kaya üzeri.

C. bicuspidata (L.) Dumort.

İstasyonlar: 45, 63, 102, 105, 159; Islak toprak üzeri, toprak üzeri, ağaç gövdesi üzeri.

Fuscocephaloziopsis Fulford [Pleurocladula Grolle]

(*) *Fuscocephaloziopsis catenulata* (Huebener) Váňa & L.Söderstr

İstasyonlar: 101, 119; Çürümüş ağaç kütüğü üzeri, toprak üzeri.

(* *F. pleniceps* (Austin) Váňa & L.Söderstr

İstasyonlar: 38; Ağaç gövdesi üzeri.

Nowellia Mitt.

(* *Nowellia curvifolia* (Dicks.) Mitt.

İstasyonlar: 143; Çürümüş ağaç kütüğü üzeri.

Cephaloziellaceae Douin

Cephaloziella (Spruce) Schiffn. [Dichiton Mont.

(* *Cephaloziella baumgartneri* Schiffn

İstasyonlar: 102; Toprak üzeri.

(* *C. dentata* (Raddi) Steph

İstasyonlar: 75, 76, 99; toprak üzeri, kaya üzeri

C. divaricata (Sm.) Schiffn.

İstasyonlar: 13, 18, 52, 57, 82, 99, 101, 103, 105,

131, 140; Islak toprak üzeri, toprak üzeri, kaya üzeri.

(* *C. hampeana* (Nees) Schiffn. ex Loeske

İstasyonlar: 102, 103, 119, 120; Toprak üzeri, kaya üzeri.

(* *C. rubella* (Nees) Warnst.

İstasyonlar: 163, 167; Kaya üzeri.

Obtusifolium S.W.Arnell.

(* *Obtusifolium obtusum* (Lindb.) S.W.Arnell (Lophozia obtusa (Lindb.) A.Evans)

İstasyonlar: 13; Islak toprak üzeri

Lophoziaceae Cavers

Lophozia (Dumort.) Dumort.

(* *Lophozia longiflora* (Nees) Schiffn

İstasyonlar: 71; Çürümüş ağaç kütüğü üzeri.

(* *L. ventricosa* (Dicks.) Dumort

İstasyonlar: 13, 17, 47, 100, 105, 126; Kaya üzeri, toprak üzeri

Lophoziopsis Konstant. & Vilnet.

(* *Lophoziopsis longidens* (Lindb.) Konstant. & Vilnet [*Lophozia longidens* (Lindb.) Macoun].

İstasyonlar: 51, 96; Çürümüş ağaç kütüğü üzeri, kaya üzeri.

Tritomaria Schiffn. ex Loeske.

(* *Tritomaria exsecta* (Schmidel) Schiffn. ex Loeske

İstasyonlar: 13, 132, 148; Çürümüş ağaç kütüğü üzeri.

Scapaniaceae Mig

Diplophyllum (Dumort.) Dumort.

Diplophyllum albicans (L.) Dumort.

İstasyonlar: 60, 65, 134; Toprak üzeri, kaya üzeri.

(* *D. taxifolium* (Wahlenb.) Dumort.

İstasyonlar: 103, 105, 136; Toprak üzeri, kaya üzeri.

İstasyonlar: 164; Kaya üzeri.

Scapania (Dumort.) Dumort.

(* *Scapania aequiloba* (Schwägr.) Dumort

İstasyonlar: 57, 132, 133, 148; Islak toprak üzeri

S. aspera M.Bernet & Bernet.

İstasyonlar: 57, 98, 99, 143, 176; Kaya üzeri, toprak üzeri

(♦) *S. calcicola* (Arnell & J.Perss.) Ingham

İstasyonlar: 13, 132; Çürümüş ağaç kütüğü üzeri, kaya üzeri.

(* *S. compacta* (Roth) Dumort.

İstasyonlar: 60, 103, 136; Toprak üzeri, kaya üzeri.

(* *S. curta* (Mart.) Dumort

İstasyonlar: 46; Toprak üzeri.

(♦) *S. cuspiduligera* (Nees) Müll. Frib.

İstasyonlar: 57; Islak toprak üzeri.

S. irrigua (Nees) Nees

İstasyonlar: 13, 19, 20, 45, 46, 61, 82, 101, 102,

105, 107, 108, 110, 113, 125, 126, 127, 131, 135, 163, 167; Islak toprak üzeri, ıslak kaya üzeri.

(* *S. nemorea* (L.) Grolle

İstasyonlar: 102; Islak toprak üzeri.

(* *S. obscura* (Arn. ve Jens.) Schiffn.

İstasyonlar: 20, 54, 61, 110; Toprak üzeri, ıslak toprak üzeri

(* *S. subalpina* (Nees ex Lindenb.) Dumort

İstasyonlar: 54, 134; Islak toprak üzeri

(* *S. undulata* (L.) Dumort

İstasyonlar: 55, 101, 102, 105, 135, 163, 167; Islak toprak üzeri, ıslak kaya üzeri.

(* *S. verrucosa* Heeg

İstasyonlar: 163; Islak toprak üzeri.

Schistochilopsis (N.Kitag.) Konstant.

(* *Schistochilopsis incisa* (Schrad.) Konstant

İstasyonlar: 13, 45, 67, 68, 70, 75; Toprak üzeri, kaya üzeri

Antheliaceae R.M.Schust

Anthelia (Dumort.) Dumort.

(* *Anthelia julacea* (L.) Dumort

İstasyonlar: 102; Toprak üzeri.

Calypogeiaceae Arnell

Calypogeia Raddi.

(* *Calypogeia azurea* Stotler & Crotz

İstasyonlar: 101, 112, 115; Islak toprak üzeri

(* *C. fissa* (L.) Raddi

İstasyonlar: 8, 23, 56, 95; Islak toprak üzeri, toprak üzeri

Gymnomitriaceae H.Klinggr

Gymnomitrium Corda [Apomarsupella R.M.Schust.]

(* *Gymnomitrium concinnatum* (Lightf.) Corda

İstasyonlar: 18, 36, 45, 47, 52, 103, 105; Kaya üzeri, toprak üzeri.

(* *G. obtusum* Lindb

İstasyonlar: 67, 68, 100, 104, 106, 109; Kaya üzeri

Marsupella Dumort.

(* *Marsupella emarginata* (Ehrh.) Dumort

İstasyonlar: 105; Islak toprak üzeri.

(* *M. funckii* (F.Weber & D.Mohr) Dumort

İstasyonlar: 19, 54, 55, 56, 100, 101, 107, 108, 109, 110, 113, 135; Kaya üzeri, ıslak kaya üzeri,

toprak üzeri, ıslak toprak üzeri.

Nardia Gray.

Nardia scalaris Gray

İstasyonlar: 54, 55, 60; Toprak üzeri, ıslak toprak üzeri

Jungermanniaceae Rchb.

Jungermannia L.(*) *Jungermannia atrovirens* Dumort

İstasyonlar: 17, 35, 37, 46, 47, 101, 102, 112, 115, 116, 124, 125, 126, 127, 136; Toprak üzeri, ıslak toprak üzeri.

(*) *J. eucordifolia* Schljakov

İstasyonlar: 35, 37, 55, 56, 67, 68, 75, 124; Islak toprak üzeri, kaya üzeri

Mesoptychia (Lindb.) A.Evans.*Mesoptychia bantriensis* (Hook.) L.Söderstr. & Váňa

İstasyonlar: 57, 114, 118, 163, 167; Islak toprak üzeri.

(*) *M. collaris* (Nees) L.Söderstr. & Váňa

İstasyonlar: 57, 133; Islak toprak üzeri

(*) *M. heterocolpos* (Thed. ex Hartm.) L.Söderstr. & Váňa

İstasyonlar: 57; Islak toprak üzeri

Solenostomataceae Stotler & Crand.-Stotl.

Solenostoma Mitt. [Plectocolea (Mitt.) Mitt.(*) *S. gracillimum* (Sm.) R.M.Schust

İstasyonlar: 13, 19, 20, 37, 46, 53, 54, 55, 61, 67, 68, 69, 70, 77, 78, 101, 103, 110, 124, 13, 134, 136; Kaya üzeri, ıslak toprak üzeri, toprak üzeri

(*) *S. hyalinum* (Lyell)Mitt

İstasyonlar: 53, 56, 77, 78, 113; Toprak üzeri, ıslak toprak üzeri

S. sphaerocarpum (Hook.) Steph.

İstasyonlar: 3, 13, 17, 19, 36, 37, 46, 47, 55, 57, 61, 75, 76, 101, 110, 113, 114, 124, 125, 126, 127, 134, 138; Kaya üzeri, ıslak toprak üzeri, toprak üzeri

Southbyaceae Váňa, Crand.-Stotl., Stotler & D.G.Long

Southbya Spruce.(*) *Southbya tophacea* (Spruce) Spruce

İstasyonlar: 64; Islak toprak üzeri.

Blepharostomataceae W.Frey & M.Stech

Blepharostoma (Dumort.) Dumort.(*) *Blepharostoma trichophyllum* (L.) Dumort

İstasyonlar: 13, 134; Çürümüş ağaç kütüğü üzeri

Lepidoziaceae Limpr.

Bazzania Gray.(*) *Bazzania flaccida* (Dumort.) Grolle

İstasyonlar: 134, 163; Çürümüş ağaç kütüğü üzeri

(*) *B. tricrenata* (Wahlenb.) Lindb

İstasyonlar: 52, 119, 120; Kaya üzeri, toprak üzeri

Telaranea Spruce ex Schiffn.(*) *Telaranea europaea* J.J.Engel & G.L.Merr.

İstasyonlar: 65, 95; Toprak üzeri

Lophocoleaceae Vanden Berghen

Chiloscyphus Corda.*Chiloscyphus pallescens* (Ehrh.) Dumort

İstasyonlar: 2, 5, 6, 8, 13, 23, 45, 67, 68, 69, 70, 77, 78, 103; Kaya üzeri, ıslak toprak üzeri, toprak üzeri

C. polyanthos (L.) Corda

İstasyonlar: 3, 14, 50, 77, 78, 95, 114, 139, 152,

154, 159, 161; Islak toprak üzeri, toprak üzeri

Lophocolea (Dumort.) Dumort.*Lophocolea bidentata* (L.) Dumort.

İstasyonlar: 19, 20, 61, 110, 143, 176; Islak toprak üzeri, çürümüş ağaç kütüğü üzeri

L. heterophylla (Schrad.) Dumort

İstasyonlar: 6, 8, 13, 23, 35, 71, 119, 120, 122, 123, 126, 127, 134, 142, 143, 175; Toprak üzeri, ıslak toprak üzeri, kaya üzeri, çürümüş ağaç kütüğü üzeri.

(*) *L. minor* Nees [Chiloscyphus minor (Nees) J.J.Engel & R.M.Schust.]

İstasyonlar: 1, 2, 35, 67, 68, 69, 125, 126, 127, 128; Çürümüş ağaç kütüğü üzeri, toprak üzeri, kaya üzeri

Plagiochilaceae Müll.Frib.

Pedinophyllum Lindb. ex Nordst.*Pedinophyllum interruptum* (Nees) Kaal.

İstasyonlar: 13, 21, 35, 36, 51, 67, 68, 70, 113, 160; Islak toprak üzeri, kaya üzeri

Plagiochila (Dumort.) Dumort.*Plagiochila asplenioides* (L.) Dumort.

İstasyonlar: 7, 11, 13, 35, 45, 57, 72, 73, 74, 107, 108, 113, 132, 135, 147, 148, 149, 150, 160, 163, 167, 178; Toprak üzeri, kaya üzeri

P. porelloides (Torr. ex Nees) Lindenb.

İstasyonlar: 1, 12, 14, 23, 35, 36, 45, 67, 68, 69, 70, 73, 96, 107, 108, 125, 126, 130, 132, 134, 135, 137, 139, 142, 143, 145, 146, 148, 153, 155, 156, 157, 160, 161, 163, 164, 166, 167, 175, 176, 177, 178; Kaya üzeri, toprak üzeri, çürümüş ağaç kütüğü üzeri.

Myliaceae Schljakov

Mylia Gray.*Mylia taylorii* (Hook.) Gray

İstasyonlar: 20, 61, 110; Islak toprak üzeri

Frullaniaceae Lorch

Frullania Raddi.*Frullania dilatata* (L.) Dumort

İstasyonlar: 2, 7, 11, 15, 16, 25, 38, 39, 40, 41, 43, 48, 49, 50, 59, 87, 99, 131, 132, 139, 140, 147, 148, 149, 150; Ağaç gövdesi üzeri, kaya üzeri

F. fragilifolia (Taylor) Gottsche, Lindenb. & Nees

İstasyonlar: 39, 40, 130, 131, 139; Ağaç gövdesi üzeri.

F. tamarisci (L.) Dumort

İstasyonlar: 32, 131, 139, 147, 152; Ağaç gövdesi üzeri.

Jubulaceae H.Klinggr

Jubula Dumort.(*) *Jubula hutchinsiae* (Hook.) Dumort. subsp *caucasica* Konstant. & Vilnet

İstasyonlar: 133; Kaya üzeri.

Lejeuneaceae Cavers

Lejeunea Lib.*Lejeunea cavifolia* (Ehrh.) Lindb

İstasyonlar: 131; Ağaç gövdesi üzeri.

Porellaceae Cavers

Porella L.*Porella cordaeana* (Huebener) Moore

İstasyonlar: 16, 22, 38, 39, 40, 131, 160; Ağaç gövdesi üzeri.

P. platyphylla (L.) Pfeiff.

İstasyonlar: 7, 11, 12, 16, 22, 26, 29, 38, 39, 87, 119, 120, 122, 130, 131, 140, 155, 157, 160, 164, 169, 170, 171, 173; Kaya üzeri, ağaç gövdesi üzeri.

Radulaceae Müll.Frib

Radula Dumort.*Radula complanata* (L.) Dumort.

İstasyonlar: 2, 6, 8, 12, 13, 14, 16, 22, 25, 29, 36, 39, 44, 50, 51, 59, 63, 84, 90, 91, 96, 98, 99, 104, 106, 107, 108, 131, 132, 135, 139, 140, 147, 148, 149, 150, 155, 156, 157, 159, 160, 161, 166, 169, 170, 174; Kaya üzeri, ağaç gövdesi üzeri, çürümüş ağaç kütüğü üzeri.

R. lindenbergiana Gottsche ex C.Hartm

İstasyonlar: 2, 16, 17, 18, 26, 35, 36, 38, 47, 50, 51, 52, 63, 71, 84, 85, 86, 87, 88, 89, 90, 91, 96, 98, 99, 107, 108, 113, 131, 132, 134, 135, 136, 139, 144, 147, 148, 149, 150, 161, 166; Ağaç gövdesi üzeri, kaya üzeri, çürümüş ağaç kütüğü üzeri.

Aneuraceae H.Klinggr.

Aneura Dumort.*Aneura pinguis* (L.) Dumort

İstasyonlar: 57, 112; Toprak üzeri.

Riccardia Gray.(*) *Riccardia palmata* (Hedw.) Carruth.

İstasyonlar: 112, 115; Islak toprak üzeri.

Metzgeriaceae H.Klinggr

Metzgeria Raddi [Apometzgeria Kuwah*Metzgeria conjugata* Lindb

İstasyonlar: 130, 134, 143, 161, 162, 163, 166, 167, 168; Kaya üzeri, ağaç gövdesi üzeri, çürümüş ağaç kütüğü üzeri

M. furcata (L.) Corda

İstasyonlar: 14, 21, 51, 84, 87, 88, 89, 131, 139, 140, 147, 150, 160; Kaya üzeri, ağaç gövdesi üzeri.

M. pubescens (Schrank) Raddi

İstasyonlar: 130; Ağaç gövdesi üzeri.

Pelliaceae H.Klinggr.

Apopellia (Grolle) Nebel & D.Quandt*Apopellia endiviifolia* (Dicks.) Nebel & D.Quandt

İstasyonlar: 2, 9, 35, 46, 136; Islak toprak üzeri

Pellia Raddi.*Pellia epiphylla* (L.) Corda

İstasyonlar: 35, 64, 101, 102, 125, 126, 127, 128, 134, 136, 139, 158; Islak toprak üzeri

(*) *P. neesiana* (Gottsche) Limpr.

İstasyonlar: 37, 64, 67, 68, 69, 113, 124, 132, 158; Islak toprak üzeri.

Blasiaceae H.Klinggr

Blasia L.(*) *Blasia pusilla* L.

İstasyonlar: 45; Toprak üzeri.

Lunulariaceae H.Klinggr

Lunularia Adans.*Lunularia cruciata* (L.) Dumort. ex Lindb

İstasyonlar: 79; Islak toprak üzeri.

Aytoniaceae Cavers

Mannia Corda.(*) *Mannia androgyna* (L.) A.Evans

İstasyonlar: 160; Toprak üzeri.

Conocephalaceae Müll.Frib. ex Grolle

Conocephalum Hill.*Conocephalum conicum* (L.) Dumort.

İstasyonlar: 8, 13, 15, 35, 36, 64, 96, 102, 112, 125, 126, 127, 128, 129, 131, 132, 136, 137, 146, 148, 149, 154, 158, 161, 166; Islak toprak üzeri, ıslak kaya üzeri.

Marchantiaceae Lindl.

Marchantia L.*Marchantia polymorpha* L.

İstasyonlar: 13, 37, 46, 64, 67, 68, 69, 70, 73, 75, 76, 77, 78, 124, 139, 141, 158, 161, 166; ıslak toprak üzeri

M. quadrata Scop

İstasyonlar: 133; Islak toprak üzeri.

BRYOPHYTA

Sphagnaceae Dumort.

Sphagnum L.*Sphagnum auriculatum* Schimp.

İstasyonlar: 54, 61, 110, 114; Su içi.

S. centrale C.E.O.Jensen

İstasyonlar: 110; Su içi.

S. compactum Lam. & DC.

İstasyonlar: 61, 101, 110; Su içi

(*) *S. contortum* Schultz

İstasyonlar: 60, 101; Su içi

(*) *S. fuscum* (Schimp.) H.Klinggr.

İstasyonlar: 60; Su içi.

(*) *S. inundatum* Russow

İstasyonlar: 54, 55; Su içi.

(*) *S. palustre* L.

İstasyonlar: 110; Su içi.

S. platyphyllum (Lindb. ex Braithw.) Warnst.

İstasyonlar: 3, 60, 101, 114, 163; Su içi.

S. squarrosum Crome

İstasyonlar: 60, 101; Su içi.

S. subsecundum Nees

İstasyonlar: 19, 54, 55, 60, 61, 101, 110; Su içi.

S. teres (Schimp.) Ångstr

İstasyonlar: 60; Su içi.

Tetraphidaceae Schimp.

Tetraphis Hedw.*Tetraphis pellucida* Hedw.

İstasyonlar: 2; Çürümüş ağaç kütüğü üzeri.

Polytrichaceae Schwägr.

Atrichum P.Beauv*Atrichum undulatum* (Hedw.) P.Beauv

- İstasyonlar: 14, 15, 95, 131, 140, 143, 175, 176, 177; Kaya üzeri, toprak üzeri.
Oligotrichum DC.
Oligotrichum hercynicum (Hedw.) Lam. & DC.
 İstasyonlar: 54, 60, 62, 101, 132; Toprak üzeri.
Pogonatum P.Beauv.
Pogonatum aloides (Hedw.) P.Beauv.
 İstasyonlar: 111, 134, 138, 154, 160; Toprak üzeri
 (*) *P. dentatum* (Menzies ex Brid.) Brid.
 İstasyonlar: 57, 154; Toprak üzeri.
P. nanum (Hedw.) P.Beauv.
 İstasyonlar: 8, 57, 138; Toprak üzeri
P. urnigerum (Hedw.) P.Beauv.
 İstasyonlar: 3, 4, 35, 45, 50, 53, 64, 75, 76, 98, 99, 100, 109, 114, 117, 131, 134, 138, 141, 158; Kaya üzeri, toprak üzeri
Polytrichastrum G.L.Sm.
Polytrichastrum alpinum (Hedw.) G.L.Sm.
 İstasyonlar: 6, 8, 54, 95, 103, 104, 105, 106, 118, 136; Toprak üzeri, ıslak toprak üzeri, kaya üzeri
 (*) *P. sexangulare* (Brid.) G.L.Sm.
 İstasyonlar: 55, 103; Toprak üzeri
Polytrichum Hedw.
Polytrichum commune Hedw.
 İstasyonlar: 54, 60, 163, 167; Toprak üzeri
P. formosum Hedw.
 İstasyonlar: 62, 63, 64, 111, 119, 120, 122, 123, 158, 160, 164; Toprak üzeri
P. juniperinum Hedw.
 İstasyonlar: 54, 102, 105, 159, 162, 168; Toprak üzeri
P. piliferum Hedw.
 İstasyonlar: 12, 17, 18, 21, 35, 37, 45, 46, 47, 51, 52, 55, 57, 62, 67, 68, 69, 70, 100, 102, 103, 105, 107, 108, 109, 113, 124, 131, 135, 155, 156, 162, 168; Toprak üzeri, kaya üzeri
P. strictum Menzies ex Brid.
 İstasyonlar: 164; Toprak üzeri.
 Buxbaumiaceae Schimp
Buxbaumia Hedw.
 (*) *Buxbaumia viridis* (Moug. ex Lam. & DC.) Brid. ex Moug. & Nestl
 İstasyonlar: 2, 92, 160; Çürümüş ağaç kütüğü üzeri.
 Diphysciaceae M.Fleisch.
Diphyscium D.Mohr.
Diphyscium foliosum (Hedw.) D.Mohr
 İstasyonlar: 23; Toprak üzeri.
 Timmiaceae Schimp.
Timmia Hedw.
Timmia austriaca Hedw.
 İstasyonlar: 72, 73, 79, 83, 96, 97; Kaya üzeri
T. bavarica Hessel.
 İstasyonlar: 79, 81, 96; Toprak üzeri, kaya üzeri
 Encalyptaceae Schimp
Encalypta Hedw.
 (*) *Encalypta affinis* R.Hedw
 İstasyonlar: 67, 68, 69, 159; Kaya üzeri
E. ciliata Hedw
 İstasyonlar: 21, 51, 75, 76, 87, 88, 89, 160; Kaya üzeri
 (*) *E. microstoma* Bals.-Criv. & De Not
 İstasyonlar: 36, 159; Kaya üzeri
 (*) *E. pilifera* Funck
 İstasyonlar: 79, 83, 169, 170, 174; Kaya üzeri, toprak üzeri
E. streptocarpa Hedw
 İstasyonlar: 1, 12, 15, 79, 80, 81, 83, 85, 118, 131, 155, 157, 159; Kaya üzeri, toprak üzeri
E. vulgaris Hedw
 İstasyonlar: 77, 78; Kaya üzeri
 Funariaceae Schwägr
Funaria Schwägr.
Funaria hygrometrica Hedw
 İstasyonlar: 111, 112, 131; Toprak üzeri
 Distichiaceae Schimp
Distichium Bruch & Schimp.
Distichium capillaceum (Hedw.) Bruch & Schimp
 İstasyonlar: 67, 68, 69, 70, 75, 76, 77, 79, 96, 159, 169, 170, 171, 172, 174; Toprak üzeri, ıslak toprak üzeri, kaya üzeri
 Hymenolomataceae Ignatov & Fedosov
Hymenoloma Dusén.
 (*) *Hymenoloma compactum* (Schleich. ex Schwägr.) Ochyra
 İstasyonlar: 131; Kaya üzeri
H. crispulum (Hedw.) Ochyra
 İstasyonlar: 17, 19, 20, 36, 45, 46, 47, 55, 56, 57, 61, 67, 68, 70, 71, 72, 73, 75, 76, 84, 103, 105, 107, 108, 110, 118, 135, 159, 160, 163, 167; Toprak üzeri, kaya üzeri
 Flexitrichaceae Ignatov & Fedosov
Flexitrichum Ignatov & Fedosov.
Flexitrichum flexicaule (Schwägr.) Ignatov & Fedosov
 İstasyonlar: 21, 46, 51, 67, 68, 69, 70, 79, 96; Kaya üzeri, toprak üzeri
F. gracile (Mitt.) Ignatov & Fedosov
 İstasyonlar: 79, 96; Kaya üzeri
 Leucobryaceae Schimp
Campylopus Brid.
Campylopus flexuosus (Hedw.) Brid
 İstasyonlar: 111; Islak toprak üzeri
C. fragilis (Brid.) Bruch & Schimp
 İstasyonlar: 163; Islak toprak üzeri
C. pyriformis (Schultz) Brid
 İstasyonlar: 163, 167; Islak toprak üzeri
Leucobryum Hampe.
Leucobryum glaucum (Hedw.) Ångstr
 İstasyonlar: 111, 119, 120, 122, 123, 164; Toprak üzeri
L. juniperoideum (Brid.) Müll.Hal
 İstasyonlar: 111; Toprak üzeri
 Amphidiaceae M.Stech
Amphidium Schimp.
 (♦) *Amphidium lapponicum* (Hedw.) Schimp

İstasyonlar: 67; Kaya üzeri

A. mougeotii (Schimp.) Schimp

İstasyonlar: 21, 35, 45, 51, 65, 67, 68, 69, 70, 87, 88, 98, 99, 132, 140, 148, 159, 160, 163; Kaya üzeri

Aongstroemiaceae De Not.

Dichodontium Schimp.

(*) *Dichodontium flavescens* (Dicks.) Lindb

İstasyonlar: 65; Islak toprak üzeri

D. pellucidum (Hedw.) Schimp

İstasyonlar: 5, 6, 8, 35, 45, 46, 67, 68, 69, 70, 73, 75, 76, 107, 108, 112, 113, 115, 116, 125, 126, 127, 128, 132, 133, 135, 141, 142, 143, 148, 152, 163, 167, 175, 176, 177; Toprak üzeri, ıslak toprak üzeri, kaya üzeri

Diobelonella Ochyra.

Diobelonella palustris (Dicks.) Ochyra [Sinonim:

Dichodontium palustre (Dicks.) M.Stech]

İstasyonlar: 3, 4, 19, 20, 35, 37, 45, 56, 61, 82, 101, 105, 110, 112, 113, 114, 117, 118, 124, 125, 126, 127, 132, 134, 136, 148; Islak toprak üzeri, toprak üzeri

Dicranellaceae M.Stech

Dicranella (Müll.Hal.) Schimp.

Dicranella heteromalla (Hedw.) Schimp

İstasyonlar: 2, 3, 4, 5, 6, 8, 46, 50, 53, 54, 55, 62, 79, 83, 100, 102, 103, 105, 109, 111, 112, 114, 115, 116, 117, 119, 120, 122, 123, 134, 136, 139, 163, 167; Toprak üzeri, ıslak toprak üzeri, çürümüş ağaç kütüğü üzeri, kaya üzeri

D. howei Renauld & Cardot

İstasyonlar: 139; Toprak üzeri

(*) *D. rufescens* (Dicks.) Schimp

İstasyonlar: 37, 62, 64, 124; Islak toprak üzeri, toprak üzeri

(*) *D. subulata* (Hedw.) Schimp

İstasyonlar: 57, 63, 113, 138; Toprak üzeri

D. varia (Hedw.) Schimp

İstasyonlar: 57, 62, 93; Islak toprak üzeri

Fissidentaceae Schimp.

Fissidens Hedw.

Fissidens adianthoides Hedw.

İstasyonlar: 36, 139, 162, 168; Kaya çatlağı, kaya üzeri

F. bryoides Hedw.

İstasyonlar: 5, 23; Toprak üzeri

F. dubius P.Beauv.

İstasyonlar: 21, 36, 51, 87, 88, 107, 108, 131, 133, 135, 141, 143, 145, 153, 176; Kaya üzeri, ıslak toprak üzeri

F. osmundoides Hedw

İstasyonlar: 35, 125, 126, 127, 128; Kaya üzeri

F. taxifolius Hedw

İstasyonlar: 1, 5, 8, 15, 17, 23, 47, 95, 134, 163, 167; Toprak üzeri, ıslak toprak üzeri

Dicranaceae Schimp.

Dicranum Hedw.

Dicranum bonjeanii De Not

İstasyonlar: 20, 61, 72, 73, 107, 108, 132, 135, 148, 149; Toprak üzeri, kaya üzeri, çürümüş ağaç kütüğü üzeri

(*) *D. brevifolium* (Lindb.) Lindb

İstasyonlar: 17, 47, 132, 148; Toprak üzeri, çürümüş ağaç kütüğü üzeri

(*) *D. flexicaule* Brid

İstasyonlar: 105, 136, 140; Toprak üzeri, kaya üzeri

(*) *D. leioneuron* Kindb.

İstasyonlar: 54; ıslak toprak üzeri

D. majus Sm.

İstasyonlar: 17, 47, 119, 162, 163, 164, 167; Toprak üzeri

(*) *D. montanum* Hedw

İstasyonlar: 100, 109; Kaya üzeri

D. polysetum Sw. ex anon

İstasyonlar: 18, 52, 93, 160, 162, 168; Kaya üzeri, toprak üzeri

D. scoparium Hedw

İstasyonlar: 7, 11, 13, 17, 18, 21, 35, 36, 45, 47, 51, 52, 61, 62, 65, 66, 67, 68, 69, 70, 71, 72, 73, 74, 77, 78, 80, 81, 84, 85, 86, 90, 91, 92, 95, 96, 98, 99, 107, 108, 110, 111, 119, 120, 122, 123, 125, 126, 127, 128, 131, 134, 135, 142, 143, 153, 154, 160, 161, 163, 164, 165, 166, 167, 169, 170, 171, 172, 174, 175, 176, 177, 178; Toprak üzeri, ıslak toprak üzeri, çürümüş ağaç kütüğü üzeri, kaya üzeri

D. spadiceum J.E.Zetterst

İstasyonlar: 17, 18, 47, 52, 62, 79, 83, 96; Kaya üzeri, toprak üzeri

(*) *D. tauricum* Sapjegin

İstasyonlar: 15; 38, 42, 139, 140; Ağaç gövdesi üzeri

Ekolojisi: Asidofit, mezofit, sciofit

(♦) *D. transsylvanicum* Lüth

İstasyonlar: 62, 111, 153, 160; Islak toprak üzeri, ağaç gövdesi üzeri

(*) *D. viride* (Sull.&Lesq.)Lindb

İstasyonlar: 131, 139; Toprak üzeri

Dicranodontium Bruch & Schimp.

Dicranodontium denudatum (Brid.) E.Britton

İstasyonlar: 132, 148, 149, 163, 164, 167; Çürümüş ağaç kütüğü üzeri

Paraleucobryum (Limpr.) Loeske.

Paraleucobryum enerve (Thed.)Loeske

İstasyonlar: 17, 18, 47, 52, 103, 119, 120; Kaya üzeri, çürümüş ağaç kütüğü üzeri

P. longifolium (Ehrh. ex Hedw.) Loeske

İstasyonlar: 17, 47, 63, 111, 119, 120, 122, 131, 134, 136, 138, 140, 148, 149, 153, 164; Kaya üzeri, toprak üzeri, çürümüş ağaç kütüğü üzeri

(*) *P. sauteri* (Bruch & Schimp.) Loeske

İstasyonlar: 103; Kaya üzeri

Rhabdoweisiaceae Limpr

Arctoa Schimp.

Arctoa starkei (F.Weber & D.Mohr) Loeske

- İstasyonlar: 37, 55, 100, 104, 109; Toprak üzeri, kaya üzeri
Cynodontium Bruch&Schimp.
 (*) *Cynodontium fallax* Limpr.
 İstasyonlar: 42; Toprak üzeri
 (*) *C. polycarpon* (Hedw.)Schimp.
 İstasyonlar: 96; toprak üzeri
 Ditrichaceae Limpr
Ceratodon Brid.
 (*) *Ceratodon conicus* (Hampe) Lindb
 İstasyonlar: 119, 159, 160; Toprak üzeri
C. purpureus (Hedw.) Brid
 İstasyonlar: 2, 6, 8, 12, 13, 18, 35, 36, 37, 52, 57, 63, 64, 65, 67, 68, 69, 70, 72, 73, 74, 84, 87, 88, 89, 93, 94, 102, 103, 105, 111, 113, 119, 120, 122, 123, 124, 125, 126, 127, 128, 139, 140, 153, 155, 156, 157, 159, 160, 162, 163, 165, 167, 168, 169, 170, 171, 172, 174; Toprak üzeri, kaya üzeri
Ditrichum Timm ex Hampe.
Ditrichum heteromallum (Hedw.) E.Britton
 İstasyonlar: 37, 101, 118, 124; Kaya üzeri, toprak üzeri
Trichodon Schimp.
Trichodon cylindricus (Hedw.) Schimp.
 İstasyonlar: 103; Toprak üzeri
 Pottiaceae Schimp
Barbula Hedw.
Barbula unguiculata Hedw
 İstasyonlar: 1, 2, 7, 9, 10, 35, 66, 74, 77, 98, 99, 178; Toprak üzeri, kaya üzeri
Bryoerythrophyllum P.C.Chen.
Bryoerythrophyllum ferruginascens (Stirt.) Giacom
 İstasyonlar: 137; Toprak üzeri
B. recurvirostrum (Hedw.) P.C.Chen
 İstasyonlar: 12, 67, 68, 69, 75, 96; Kaya üzeri, toprak üzeri
Cinclidotus P.Beauv.
 (*) *Cinclidotus fontinaloides* (Hedw.) P.Beauv
 İstasyonlar: 12, 155; Kaya üzeri, ıslak kaya üzeri
Crossidium Jur.
Crossidium squamiferum (Viv.) Jur.
 İstasyonlar: 11; Kaya üzeri
Dialytrichia (Schimp.) Limpr.
 (*) *Dialytrichia mucronata* (Brid.) Broth
 İstasyonlar: 93, 111; Kaya üzeri
Didymodon Hedw.
Didymodon acutus (Brid.) K.Saito
 İstasyonlar: 2, 13, 45, 46, 84, 125, 126, 127, 128, 162, 168; Kaya üzeri, toprak üzeri
 (*) *D. fallax* (Hedw.) R.H.Zander
 İstasyonlar: 1; Toprak üzeri
D. insulanus (De Not.) M.O.Hill
 İstasyonlar: 2; Toprak üzeri
D. rigidulus Hedw
 İstasyonlar: 35, 46, 77; Toprak üzeri, kaya üzeri
 (*) *D. spadiceus* (Mitt.) Limpr
 İstasyonlar: 57; 63, 65; Toprak üzeri
D. tophaceus (Brid.) Lisa
 İstasyonlar: 63; Toprak üzeri
D. vinealis (Brid.) R.H.Zander
 İstasyonlar: 2, 7, 9, 13, 83, 79, 111, 125, 126, 127, 128; Toprak üzeri, kaya üzeri
Syntrichia Brid.
Syntrichia calcicola J.J.Amann
 İstasyonlar: 93, 94; Toprak üzeri
 (*) *S. echinata* (Schiffn.) Herrnst. & Ben-Sasson
 İstasyonlar: 160; Ağaç gövdesi üzeri
S. laevipila Brid
 İstasyonlar: 7, 11, 40, 67, 68, 69, 79, 83, 84, 160; Kaya üzeri, toprak üzeri
 (*) *S. latifolia* (Bruch ex Hartm.) Huebener
 İstasyonlar: 11; Toprak üzeri
S. minor (Bizot) M.T.Gallego, J.Guerra, M.J.Cano, Ros & Sánchez-Moya
 İstasyonlar: 85, 86, 93, 94, 153, 159, 160, 165; Kaya üzeri, toprak üzeri
S. montana Nees
 İstasyonlar: 67, 68, 69, 80, 81, 85, 86, 87, 97; Toprak üzeri, kaya üzeri, ağaç gövdesi üzeri
S. norvegica F.Weber
 İstasyonlar: 13, 35, 36, 67, 68, 69, 70, 71, 72, 73, 75, 79, 80, 81, 83, 87, 88, 90, 91, 96, 97, 125, 126, 127, 128; Kaya üzeri, toprak üzeri
 (*) *S. papillosa* (Wilson) Jur.
 İstasyonlar: 93; Toprak üzeri
S. ruraliformis (Besch.) Mans.
 İstasyonlar: 9, 35, 140, 164; Toprak üzeri, kaya üzeri
S. ruralis (Hedw.) F.Weber & D.Mohr
 İstasyonlar: 7, 9, 15, 17, 32, 36, 38, 47, 79, 83, 87, 88, 89, 90, 91, 96, 97, 98, 99, 140, 169, 170, 171, 172, 173, 174; Kaya üzeri, toprak üzeri
S. virescens (De Not.) Ochyra
 İstasyonlar: 9, 32, 38, 160; Kaya üzeri
Tortula Hedw.
 (*) *Tortula canescens* Mont.
 İstasyonlar: 67, 68, 70; Kaya üzeri
 (*) *T. hoppeana* (Schultz) Ochyra
 İstasyonlar: 17, 47, 79, 83, 100, 109, 140; Toprak üzeri, kaya üzeri
T. inermis (Brid.) Mont.
 İstasyonlar: 15, 66, 173, 174; Toprak üzeri, toprak üzeri
T. marginata (Bruch & Schimp.) Spruce
 İstasyonlar: 35, 79, 83, 125, 126, 127, 128, 159; Toprak üzeri
T. muralis L. ex Hedw.
 İstasyonlar: 15; Kaya üzeri
T. schimperi M.J.Cano, O.Werner & J.Guerra
 İstasyonlar: 1, 14, 29, 99, 111, 130, 169, 170, 171; Kaya üzeri, toprak üzeri
T. subulata Hedw
 İstasyonlar: 6, 8, 13, 15, 23, 35, 36, 38, 40, 45, 67, 68, 69, 70, 72, 73, 74, 75, 76, 101, 112, 115, 116,

- 125, 126, 127, 128, 131, 159, 169, 170, 171, 172, 174; Toprak üzeri, kaya üzeri
Streblotrichum P.Beauv.
Streblotrichum convolutum (Hedw.) P.Beauv.
 [Sinonim: *Barbula convoluta* Hedw.]
 İstasyonlar: 1, 7, 11, 15; Toprak üzeri, kaya üzeri
Chionoloma Dixon.
 (*) *Chionoloma tenuirostre* (Hook. & Taylor) M.Alonso, M.J.Cano & J.A.Jiménez [Sinonim: *Oxystegus tenuirostris* (Hook. & Taylor) A.J.E.Sm.]
 İstasyonlar: 5, 13, 23, 35, 121, 125, 126, 127, 132, 134, 142, 143, 175; Toprak üzeri, kaya üzeri
Gymnostomum Nees & Hornsch.
Gymnostomum calcareum Nees & Hornsch
 İstasyonlar: 23, 63; Toprak üzeri
Tortella (Müll.Hal.) Limpr.
Tortella densa (Lorentz & Molendo) Crundw. & Nyholm
 İstasyonlar: 12, 14, 130, 159; Kaya üzeri
 (*) *T. fasciculata* (Culm.) Culm
 İstasyonlar: 153, 160, 163, 165; Toprak üzeri, kaya üzeri
T. humilis (Hedw.) Jenn.
 İstasyonlar: 75, 76, 154; Kaya üzeri
T. inflexa (Bruch) Broth
 İstasyonlar: 15, 57, 161, 166; Kaya üzeri, toprak üzeri
T. squarrosa (Brid.) Limpr.
 İstasyonlar: 9, 11, 36; Toprak üzeri, kaya üzeri
T. tortuosa (Hedw.) Limpr
 İstasyonlar: 1, 13, 14, 15, 17, 21, 35, 36, 46, 47, 50, 51, 67, 68, 69, 70, 75, 76, 77, 78, 84, 85, 86, 96, 98, 99, 107, 108, 113, 125, 126, 127, 128, 132, 133, 135, 139, 140, 148, 149, 152, 154, 155, 156, 157, 160, 161, 163, 166, 167, 169, 170, 171; Kaya üzeri, toprak üzeri
Trichostomum Bruch.
Trichostomum crispulum Bruch
 İstasyonlar: 15, 159; Kaya üzeri
Weissia Hedw.
Weissia brachycarpa (Nees & Hornsch.) Jur.
 İstasyonlar: 1, 35, 75, 76, 105, 125, 126, 127, 131; Toprak üzeri, ıslak toprak üzeri
W. condensa (Voit) Lindb.
 İstasyonlar: 46, 50, 101, 112, 140; Kaya üzeri, toprak üzeri
W. controversa Hedw.
 İstasyonlar: 46, 113, 119, 126, 169; Kaya üzeri, toprak üzeri
 Saelaniaceae Ignatov & Fedosov
Saelania Lindb.
Saelania glaucescens (Hedw.) Broth
 İstasyonlar: 21, 35, 36, 51, 57, 67, 68, 69, 70, 75, 159; Kaya üzeri
 Seligeriaceae Schimp
Blindia Bruch & Schimp.
Blindia acuta (Hedw.) Bruch & Schimp
 İstasyonlar: 55, 56, 57, 60, 65, 112, 133, 141, 162; Islak toprak üzeri, kaya üzeri
 Grimmiaceae Arn.
Racomitrium Brid.
Racomitrium aciculare (Hedw.) Brid
 İstasyonlar: 93, 94, 98, 99, 141, 142, 143, 148, 160, 175; Kaya üzeri, toprak üzeri
R. affine (F.Weber & D.Mohr) Lindb
 İstasyonlar: 17, 19, 20, 45, 46, 47, 56, 57, 61, 100, 104, 105, 106, 107, 108, 109, 110, 132, 135, 141, 148, 149, 160, 161, 163, 166, 168; Toprak üzeri, kaya üzeri
R. aquaticum (Brid. ex Schrad.) Brid
 İstasyonlar: 14, 17, 18, 36, 45, 47, 52, 55, 60, 62, 132, 136, 149; Toprak üzeri, kaya üzeri
R. canescens subsp. *canescens* (Hedw.) Brid
 İstasyonlar: 153, 161, 165, 166; Kaya üzeri
R. elongatum Ehrh. ex Frisvoll
 İstasyonlar: 60, 93, 94, 111, 162, 168; Toprak üzeri, kaya üzeri
R. ericoides (Brid.) Brid.
 İstasyonlar: 46, 93, 94, 161, 166; Kaya üzeri, toprak üzeri
R. heterostichum (Hedw.) Brid.
 İstasyonlar: 17, 47; Kaya üzeri
R. macounii subsp. *alpinum* (E.Lawton) Frisvoll
 İstasyonlar: 17, 36, 47, 45, 55, 100, 104, 106, 109, 112, 115, 116, 153, 161, 165; Kaya üzeri, toprak üzeri
R. macounii subsp. *macounii* Kindb.
 İstasyonlar: 17, 45, 47, 112, 113, 115, 116; Toprak üzeri, kaya üzeri
R. sudeticum (Funck) Bruch & Schimp
 İstasyonlar: 17, 47, 60, 62, 105, 153, 164, 165; Kaya üzeri, toprak üzeri
Grimmia Hedw.
Grimmia alpestris (F.Weber & D.Mohr) Schleich
 İstasyonlar: 17, 21, 36, 35, 37, 46, 47, 51, 55, 57, 60, 107, 108, 112, 115, 116, 119, 124, 135, 160, 161, 166, 169, 170, 171, 172; Kaya üzeri
 (*) *G. anomala* Hampe ex Schimp
 İstasyonlar: 17, 21, 37, 47, 51, 119, 124; Kaya üzeri
G. caespiticia (Brid.) Jur.
 İstasyonlar: 19, 20, 61, 63, 67, 68, 70, 75, 76, 100, 103, 104, 105, 106, 109, 110, 113, 119; Kaya üzeri
G. dissimulata E.Maier
 İstasyonlar: 62, 131; Kaya üzeri
G. donniana Sm.
 İstasyonlar: 161, 166; Kaya üzeri
G. elatior Bruch ex Bals.-Criv. & De Not
 İstasyonlar: 21, 51, 169, 174; Kaya üzeri
G. funalis (Schwägr.) Bruch & Schimp
 İstasyonlar: 21, 46, 51, 87, 88, 89, 119; Kaya üzeri
G. hartmanii Schimp

- İstasyonlar: 13, 18, 20, 35, 36, 52, 61, 62, 71, 85, 86, 98, 99, 110, 125, 126, 127, 138; Kaya üzeri, Ağaç gövdesi üzeri
G. laevigata (Brid.) Brid
İstasyonlar: 7, 9; Kaya üzeri
G. longirostris Hook
İstasyonlar: 160; Kaya üzeri
(*) *G. muehlenbeckii* Schimp
İstasyonlar: 62; Kaya üzeri
G. pulvinata (Hedw.) Sm.
İstasyonlar: 7, 11, 93, 94, 178; Kaya üzeri
G. tergestina Tomm. ex Bruch & Schimp
İstasyonlar: 62; Kaya üzeri
G. trichophylla Grev
İstasyonlar: 139; Kaya üzeri
G. unicolor Hook
İstasyonlar: 119; Kaya üzeri
Schistidium Bruch & Schimp.
(*) *Schistidium agassizii* Sull. & Lesq.
İstasyonlar: 38; Kaya üzeri
S. apocarpum (Hedw.) Bruch & Schimp
İstasyonlar: 5, 14, 23, 35, 50, 58, 75, 76, 87, 88, 89, 93, 94, 137, 140, 146, 153, 163, 165; Toprak üzeri, kaya üzeri, ıslak toprak üzeri
(*) *S. atrofusum* (Schimp.) Limpr.
İstasyonlar: 97; Kaya üzeri
(*) *S. boreale* Poelt
İstasyonlar: 164; Kaya üzeri
S. brunnescens Limpr. subsp. *brunnescens*
İstasyonlar: 35, 36, 45, 63, 67, 68, 69, 70, 126, 127; Kaya üzeri
Ekolojisi: Bazifit; kserofit; fotofit
S. confertum (Funk) Bruch & Schimp.
İstasyonlar: 1, 7, 11, 12, 35, 36, 47, 81, 97, 178; Kaya üzeri
S. confusum H.H.Blom
İstasyonlar: 5, 23; Toprak üzeri, kaya üzeri
S. crassipilum H.H.Blom
İstasyonlar: 8, 81, 96; Toprak üzeri, kaya üzeri
S. dupretii (Thér.) W.A.Weber
İstasyonlar: 9, 23, 36, 52, 66, 67, 68, 69, 70, 77, 105, 113, 132, 142, 143, 148, 149, 153, 161, 165, 166; Kaya üzeri, toprak üzeri, ağaç gövdesi üzeri
S. elegantulum H.H.Blom
İstasyonlar: 37, 84, 124; Kaya üzeri
(*) *S. flaccidum* (De Not.) Ochyra
İstasyonlar: 75; Kaya üzeri
S. helveticum (Schkuhr) Deguchi
İstasyonlar: 35, 51, 84; Toprak üzeri, kaya üzeri
(♦) *S. lancifolium* (Kindb.) H.H.Blom
İstasyonlar: 153, 160; Kaya üzeri
S. papillosum Culm.
İstasyonlar: 2, 13, 35, 38, 66, 74, 84, 87, 88, 89, 98, 99, 140, 164, 169, 170; Kaya üzeri, ağaç gövdesi üzeri
S. platyphyllum (Mitt.) H.Perss.
İstasyonlar: 93, 94, 96, 97; Kaya üzeri
(*) *S. poeltii* H.H.Blom
İstasyonlar: 77; Toprak üzeri
(*) *S. pruinosum* (Wilson ex Schimp.) G.Roth
İstasyonlar: 51; Kaya üzeri
S. rivulare (Brid.) Podp
İstasyonlar: 6, 8, 12, 35, 57, 77, 78, 84, 97, 102, 112, 115, 116, 125, 126, 127, 128, 132, 137, 146, 148, 155, 156; Toprak üzeri, kaya üzeri
S. strictum (Turner) Loeske ex Mårtensson
İstasyonlar: 57, 93, 94, 161, 164, 166; Kaya üzeri
(*) *S. submuticum* H.H.Blom
İstasyonlar: 81; Kaya üzeri
S. trichodon (Brid.) Poelt
İstasyonlar: 13, 16, 29, 38, 57, 63, 153, 159, 161, 165, 166; Kaya üzeri
Hedwigiaceae Schimp
Hedwigia P.Beauv.
Hedwigia emodica Hampeex Müll.Hal.
İstasyonlar: 87, 140, 169, 174; Kaya üzeri
H. stellata Hedenäs
İstasyonlar: 87, 88, 89, 140, 142, 143, 176; Kaya üzeri
Bartramiaceae Schwägr
Bartramia Hedw.
Bartramia halleriana Hedw
İstasyonlar: 65, 72, 73, 98, 99, 111, 160; Kaya üzeri
B. ithyphylla Brid
İstasyonlar: 13, 17, 36, 45, 46, 47, 56, 65, 67, 68, 69, 70, 72, 73, 75, 76, 77, 96, 98, 99, 103, 104, 106, 112, 113, 115, 116, 126, 127, 128, 160, 163, 167; Kaya üzeri, toprak üzeri
B. pomiformis Hedw
İstasyonlar: 51, 70; Kaya üzeri
Philonotis Brid.
Philonotis caespitosa Jur
İstasyonlar: 13, 35, 37, 56, 57, 102, 124, 126, 128, 169, 170, 171, 172, 174; Islak toprak üzeri
P. calcarea (Bruch & Schimp.) Schimp
İstasyonlar: 6, 8, 23, 35, 36, 54, 57, 60, 62, 64, 77, 78, 93, 94, 101, 133, 158; Islak toprak üzeri
(*) *P. capillaris* Lindb.
İstasyonlar: 77, 78, 134, 136; Islak toprak üzeri
P. fontana (Hedw.) Brid
İstasyonlar: 12, 17, 19, 20, 35, 37, 45, 47, 57, 60, 61, 63, 67, 69, 70, 75, 76, 82, 92, 101, 103, 108, 110, 112, 113, 115, 116, 124, 125, 126, 127, 128, 134, 155, 156, 178; Islak toprak üzeri
P. marchica (Hedw.) Brid.
İstasyonlar: 102, 132, 148, 149; Islak toprak üzeri
P. rigida Brid.
İstasyonlar: 101; Islak toprak üzeri
P. seriata Mitt.
İstasyonlar: 19, 20, 35, 61, 101, 102, 103, 105, 110, 136; Su içi, ıslak toprak üzeri
P. tomentella Molendo
İstasyonlar: 3, 4, 13, 19, 20, 56, 61, 102, 105, 110, 112, 114, 115, 116, 117, 118, 128, 129; Islak toprak üzeri

Bryaceae Schwägr

Bryum Hedw.

Bryum argenteum Hedw

İstasyonlar: 2, 12, 51, 57, 79, 83, 93, 94, 96, 97, 103, 111, 131, 139, 155, 156, 157, 178; Toprak üzeri

B. dichotomum Hedw

İstasyonlar: 13, 17, 35, 45, 47, 77, 78, 103, 125, 126, 127, 140; Toprak üzeri, kaya üzeri

(*) *B. gemmiferum* R.Wilczek & Demaret

İstasyonlar: 138; Toprak üzeri

(*) *B. ruderale* Crundw. & Nyholm

İstasyonlar: 161; Toprak üzeri

Imbribryum Pedersen.

Imbribryum alpinum (Huds. ex With.) N.Pedersen

İstasyonlar: 15, 19, 20, 37, 61, 75, 76, 82, 102, 103, 105, 110, 112, 115, 116, 124, 140, 169, 170, 171, 174; Islak toprak üzeri, Kaya üzeri, toprak üzeri

I. mildeanum (Jur.) J.R.Spence

İstasyonlar: 35, 36, 45, 67, 68, 69, 70, 82, 113, 125, 126, 127, 128, 141; Islak toprak üzeri, toprak üzeri

(*) *I. muehlenbeckii* (Bruch & Schimp.) N.Pedersen

İstasyonlar: 82, 112, 115, 116; Islak toprak üzeri, toprak üzeri

Ptychostomum Hornsch.

Ptychostomum capillare (Hedw.) Holyoak & N.Pedersen

İstasyonlar: 1, 12, 15, 62, 65, 98, 99, 130, 132, 140, 148, 149, 155, 156, 161, 166, 178; Kaya üzeri, toprak üzeri, çürümüş ağaç kütüğü üzeri

P. creberrimum (Taylor) J.R.Spence & H.P.Ramsay

İstasyonlar: 12, 35, 36, 65, 75, 112, 115, 116, 125, 126, 127; Islak toprak üzeri, toprak üzeri, kaya üzeri

P. elegans (Nees) D.Bell & Holyoak

İstasyonlar: 8, 13, 17, 35, 36, 47, 62, 79, 83, 85, 96, 99, 100, 109, 126, 127; Toprak üzeri, kaya üzeri

P. imbricatulum (Müll.Hal.) Holyoak & N.Pedersen

İstasyonlar: 6, 8, 12, 13, 17, 31, 35, 47, 50, 67, 68, 70, 79, 83, 107, 108, 125, 126, 127, 128, 135, 140, 155, 157; Islak toprak üzeri, toprak üzeri

P. inclinatum (Sw. ex Brid.) J.R.Spence

İstasyonlar: 35, 66, 74, 160; Islak toprak üzeri, toprak üzeri

P. intermedium (Brid.) J.R.Spence

İstasyonlar: 75, 76, 102, 161, 174; Islak toprak üzeri, kaya üzeri

(*) *P. kunzei* (Hornsch.) J.R. Spence

İstasyonlar: 37, 72, 124; Toprak üzeri, kaya üzeri

P. moravicum (Podp.) Ros & Mazimpaka

İstasyonlar: 1, 2, 7, 9, 14, 17, 19, 20, 23, 29, 35, 36, 38, 47, 48, 49, 50, 57, 61, 66, 71, 72, 73, 74,

75, 76, 77, 78, 79, 83, 84, 90, 91, 93, 94, 95, 96, 97, 98, 99, 110, 111, 112, 115, 116, 132, 134, 139, 140, 148, 149, 153, 159, 160, 161, 165, 166, 169, 170, 171, 172, 173, 174; Toprak üzeri, ağaç gövdesi üzeri, kaya üzeri

(*) *P. pallens* (Sw. ex anon.) J.R.Spence

İstasyonlar: 46, 57, 64, 93, 94, ; Islak toprak üzeri, toprak üzeri

P. pallescens (Schleich. ex Schwägr.) J.R.Spence

İstasyonlar: 3, 4, 57, 99, 113, 114; Toprak üzeri, kaya üzeri

(*) *P. pseudotriquetrum* (Hedw.) J.R.Spence & H.P.Ramsay ex Holyoak & N.Pedersen var. *bimum* (Schreb.) Holyoak & N.Pedersen

İstasyonlar: 6, 8, 56; Islak toprak üzeri

P. pseudotriquetrum (Hedw.) J.R.Spence & H.P.Ramsay ex Holyoak & N.Pedersen var. *pseudotriquetrum*

İstasyonlar: 3, 4, 5, 6, 12, 13, 14, 23, 35, 36, 45, 46, 57, 60, 63, 64, 75, 76, 77, 78, 82, 93, 94, 101, 102, 105, 107, 108, 112, 113, 114, 115, 116, 117, 118, 125, 126, 127, 128, 129, 135, 136, 155, 156, 157, 158, 159, 161, 166; Islak toprak üzeri

P. rubens (Mitt.) Holyoak & N.Pedersen

İstasyonlar: 57; Islak toprak üzeri

P. schleicheri (DC.) J.R.Spence ex D.Bell & Holyoak

İstasyonlar: 3, 4, 6, 13, 19, 20, 29, 35, 45, 46, 56, 60, 61, 63, 64, 67, 68, 69, 70, 75, 76, 77, 78, 82, 96, 101, 103, 110, 113, 114, 117, 118, 128, 129, 158; Islak toprak üzeri

P. torquescens (Bruch & Schimp.) Ros & Mazimpaka

İstasyonlar: 65, 160; Toprak üzeri, kaya üzeri

P. turbinatum (Hedw.) J.R.Spence

İstasyonlar: 37, 67, 68, 69, 124; Islak toprak üzeri, toprak üzeri

(*) *P. weigeli* (Biehler) J.R.Spence

İstasyonlar: 75, 161, 166; Islak toprak üzeri

Rhodobryum (Schimp.) Limpr.

Rhodobryum ontariense (Kindb.) Kindb

İstasyonlar: 13, 111; Toprak üzeri

R. roseum (Hedw.) Limpr

İstasyonlar: 62; Toprak üzeri

Mniaceae Schwägr

Mielichhoferia Nees & Hornsch.

(*) *Mielichhoferia elongata* (Hoppe & Hornsch. ex Hook.) Hornsch

İstasyonlar: 164; Toprak üzeri

(*) *M. mielichhoferiana* (Funck) Loeske

İstasyonlar: 63, 162, 168; Toprak üzeri

Pohlia Hedw.

(*) *Pohlia annotina* (Hedw.) Lindb

İstasyonlar: 57, 136; Islak toprak üzeri

(*) *P. atropurpurea* (Wahlenb.) H.Lindb

İstasyonlar: 57; Islak toprak üzeri

(*) *P. camptotrachela* (Renauld & Cardot) Broth.

İstasyonlar: 95; Islak toprak üzeri

- P. cruda* (Hedw.) Lindb
İstasyonlar: 12, 18, 35, 36, 45, 51, 52, 54, 57, 67, 68, 69, 70, 72, 73, 75, 76, 77, 79, 83, 96, 98, 99, 103, 112, 115, 125, 126, 127, 128, 155, 156, 157, 159, 160; Kaya üzeri, toprak üzeri
(* *P. drummondii* (Müll.Hal.) A.L.Andrews
İstasyonlar: 105; Kaya üzeri
P. elongata Hedw
İstasyonlar: 138, 139, 152; Toprak üzeri
(♦ *P. filum* (Schimp.) Mårtensson
İstasyonlar: 103; Kaya üzeri
(* *P. longicolla* (Hedw.) Lindb.
İstasyonlar: 102; Toprak üzeri
P. ludwigii (Spreng. ex Schwägr.) Broth
İstasyonlar: 100; Kaya üzeri
P. melanodon (Brid.) A.J.Shaw
İstasyonlar: 136; Kaya üzeri
P. nutans (Hedw.) Lindb
İstasyonlar: 5, 17, 18, 19, 20, 23, 47, 52, 61, 71, 82, 105, 110, 119, 120, 122, 159, 163, 167; Toprak üzeri, kaya üzeri
P. wahlenbergii (F.Weber & D.Mohr)
A.L.Andrews
İstasyonlar: 1, 8, 12, 37, 75, 76, 124, 132, 148, 149, 155, 156; Islak toprak üzeri, toprak üzeri
Cinclidium Sw.
(* *Cinclidium stygium* Sw
İstasyonlar: 139; Toprak üzeri
Mnium Hedw.
Mnium hornum Hedw.
İstasyonlar: 12, 14, 21, 35, 51, 126, 127, 155, 156, 157; Kaya üzeri, toprak üzeri
M. lycopodioides Schwägr
İstasyonlar: 1, 154, 159; Kaya üzeri
M. marginatum (Dicks.) P.Beauv
İstasyonlar: 14, 65, 161, 166; Islak torpak üzeri, kaya üzeri
M. spinosum (Voit) Schwägr
İstasyonlar: 18, 52, 67, 68, 69, 70, 72, 73, 74, 77, 78, 80, 81, 85, 93, 94, 95, 96, 97, 159; Kaya üzeri, ağaç gövdesi üzeri, toprak üzeri
M. spinulosum Bruch & Schimp
İstasyonlar: 71, 95, 159; çürümüş ağaç kütüğü üzeri, toprak üzeri
M. stellare Hedw
İstasyonlar: 35, 52, 87, 126, 159; Kaya üzeri, toprak üzeri
M. thomsonii Schimp.
İstasyonlar: 35, 36, 67, 68, 70, 73, 79, 83, 132; Islak toprak üzeri, toprak üzeri
Plagiomnium T.J.Kop.
Plagiomnium affine (Blandow ex Funck) T.J.Kop
İstasyonlar: 1, 2, 5, 6, 8, 13, 14, 66, 71, 74, 87, 88, 89, 111, 131, 132, 142, 143, 145, 148, 149, 175, 176, 177; Toprak üzeri, ıslak toprak üzeri
(* *P. confertidens* (Lindb. & Arnell) T.J.Kop.
İstasyonlar: 161; Islak toprak üzeri
P. cuspidatum (Hedw.) T.J.Kop
İstasyonlar: 2, 6, 8, 14, 40, 90, 91, 130, 131, 132, 141, 148, 149, 160, 174; Islak toprak üzeri, kaya üzeri, toprak üzeri, ağaç gövdesi üzeri
P. elatum (Bruch & Schimp.) T.J.Kop.
İstasyonlar: 40, 137, 146, 147, 150, 161; Kaya üzeri, toprak üzeri
P. ellipticum (Brid.) T.J.Kop
İstasyonlar: 34, 50, 66, 74, 85, 86, 90, 91, 93, 94, 95, 132, 136, 137, 142, 143, 146, 150, 153, 160, 175, 176, 177; Toprak üzeri, çürümüş ağaç kütüğü üzeri, ıslak toprak üzeri
P. medium (Bruch & Schimp.) T.J.Kop
İstasyonlar: 13, 95, 111, 141, 153, 154, 160, 164, 165; Toprak üzeri, ıslak toprak üzeri
P. rostratum (Schrad.) T.J.Kop.
İstasyonlar: 2, 12, 14, 130, 155, 164; Islak toprak üzeri, ağaç gövdesi üzeri, toprak üzeri
P. undulatum (Hedw.) T.J.Kop
İstasyonlar: 1, 2, 57, 111, 137, 142, 143, 145, 146, 147, 150, 154, 173, 174, 175, 176, 177; Toprak üzeri, ıslak toprak üzeri, kaya üzeri
Rhizomnium (Broth.) T.J.Kop.
Rhizomnium magnifolium (Horik.) T.J.Kop.
İstasyonlar: 8, 13, 34, 101, 132, 134, 145, 148, 149; Toprak üzeri, ıslak toprak üzeri, çürümüş ağaç kütüğü üzeri
R. punctatum (Hedw.) T.J.Kop
İstasyonlar: 3, 4, 5, 13, 23, 35, 56, 95, 101, 105, 111, 112, 114, 115, 116, 117, 118, 125, 126, 127, 128, 132, 136, 139, 141, 148, 149, 161, 163, 166, 167; Çürümüş ağaç kütüğü üzeri, ıslak toprak üzeri, toprak üzeri
Orthotrichaceae Arn
Lewinskya F.Lara, Garilleti & Goffinet.
Lewinskya acuminata (H.Philib.) F.Lara, Garilleti & Goffinet
İstasyonlar: 38, 160; Ağaç gövdesi üzeri
L. affinis (Schrad. ex Brid.) F.Lara, Garilleti & Goffinet
İstasyonlar: 1, 16, 22, 38, 48, 49, 87, 90, 97, 119, 120, 122, 139, 173; Kaya üzeri, ağaç gövdesi üzeri
(* *L. laevigata* (J.E.Zetterst.) F.Lara, Garilleti & Goffinet
İstasyonlar: 160; Ağaç gövdesi üzeri
L. rupestris (Schleich. ex Schwägr.) F.Lara, Garilleti & Goffinet
İstasyonlar: 16, 21, 22, 24, 38, 39, 41, 43, 50, 51, 59, 84, 87, 90, 91, 121, 145, 160; Kaya üzeri, ağaç gövdesi üzeri
L. speciosa (Nees) F.Lara, Garilleti & Goffinet
İstasyonlar: 6, 8, 16, 22, 25, 26, 38, 39, 41, 42, 44, 59, 67, 68, 69, 70, 87, 88, 90, 91, 97, 134, 139, 145, 160; Kaya üzeri, ağaç gövdesi üzeri
L. striata (Hedw.) F.Lara, Garilleti & Goffinet
İstasyonlar: 2, 8, 9, 11, 23, 24, 25, 38, 39, 40, 50, 58, 59, 66, 74, 84, 87, 90, 96, 113, 119, 120, 122, 123, 134, 139, 145; Ağaç gövdesi, kaya üzeri
Nyholmella Holmen & E.Warncke.

- Nyholmiella obtusifolia* (Brid.) Holmen & E.Warncke
İstasyonlar: 16, 24, 41, 160, 164; Ağaç gövdesi üzeri
- Orthotrichum* Hedw.
Orthotrichum alpestre Bruch & Schimp
İstasyonlar: 16, 22, 38, 77, 87, 96, 139, 145, 160, 169; Kaya üzeri
- O. anomalum* Hedw.
İstasyonlar: 1, 9, 14, 16, 22, 25, 40, 42, 50, 77, 97, 130, 144, 145, 173; Ağaç gövdesi üzeri, kaya üzeri
- (*) *O. bistratosum* (Schiffn.) Guerra
İstasyonlar: 81; Kaya üzeri
- (♦) *O. crenulatum* Mitt
İstasyonlar: 160; Ağaç gövdesi üzeri
- O. cupulatum* Brid.
İstasyonlar: 2, 9, 29, 38, 59; Kaya üzeri, ağaç gövdesi üzeri
- O. diaphanum* Brid.
İstasyonlar: 9; Ağaç gövdesi üzeri
- O. pallens* Bruch ex Brid
İstasyonlar: 16, 29, 30, 32, 38, 87, 145, 160; Ağaç gövdesi üzeri
- O. patens* Bruch ex Brid
İstasyonlar: 140, 160; Ağaç gövdesi üzeri
- O. pulchellum* Brunt.
İstasyonlar: 25; Ağaç gövdesi üzeri
- O. pumilum* Sw. ex anon
İstasyonlar: 160; Ağaç gövdesi üzeri
- (*) *O. sprucei* Mont.
İstasyonlar: 38; Ağaç gövdesi üzeri
- O. stramineum* Hornsch. ex Brid
İstasyonlar: 87, 145, 160; Ağaç gövdesi üzeri
- O. tenellum* Bruch ex Brid
İstasyonlar: 84, 87; Ağaç gövdesi üzeri
- O. urnigerum* Myrin
İstasyonlar: 160; Ağaç gövdesi üzeri
- Pulviger* Plásek, Sawicki & Ochyra.
Pulviger lyellii (Hook. & Taylor) Plásek, Sawicki & Ochyra
İstasyonlar: 66, 74, 90, 91, 160, 164; Ağaç gövdesi üzeri
- Ulota* D.Mohr.
Ulota crisper (Hedw.) Brid
İstasyonlar: 2, 8, 11, 14, 15, 25, 29, 32, 40, 41, 43, 44, 49, 58, 59, 63, 118, 119, 120, 121, 122, 123, 132, 134, 139, 140, 144, 145, 147, 148, 149, 150, 152, 160; Ağaç gövdesi üzeri
- Zygodon* Hook. & Taylor.
(*) *Zygodon catarinoides* C.Garcia, F.Lara, Sérgio & Sim-Sim.
İstasyonlar: 153; Ağaç gövdesi üzeri
- (♦) *Z. dentatus* (Limpr.) Kartt
İstasyonlar: 132, 134, 152, 153; Ağaç gövdesi üzeri
- Z. rupestris* Schimp. ex Lorentz
İstasyonlar: 2, 39, 132, 134, 140, 148, 160; Ağaç gövdesi üzeri
- Aulacomniaceae Schimp
Aulacomnium Schwägr.
(*) *Aulacomnium androgynum* (Hedw.) Schwägr
İstasyonlar: 54, 136, 139, 145; Islak toprak üzeri
- (*) *A. palustre* (Hedw.) Schwägr
İstasyonlar: 105; Islak toprak üzeri
- Fontinalaceae Schimp.
Fontinalis Hedw.
Fontinalis antipyretica Hedw.
İstasyonlar: 145; Su içi
- Plagiotheciaceae M.Fleisch
Herzogiella Broth.
Herzogiella seligeri (Brid.) Z.Iwats.
İstasyonlar: 2, 13, 14, 40, 71, 90, 91, 92, 134, 154; Çürümüş ağaç kütüğü üzeri
- (*) *H. striatella* (Brid.) Z.Iwats.
İstasyonlar: 93, 94; Çürümüş ağaç kütüğü üzeri
- Isopterygiopsis* Z.Iwats.
(*) *Isopterygiopsis muelleriana* (Schimp.) Z.Iwats.
İstasyonlar: 36; Kaya üzeri
- (*) *I. pulchella* (Hedw.) Z.Iwats.
İstasyonlar: 67, 69, 70; Kaya üzeri
- Plagiothecium* Bruch & Schimp.
Plagiothecium cavifolium (Brid.) Z.Iwats
İstasyonlar: 14, 90, 91; Toprak üzeri
- P. denticulatum* (Hedw.) Schimp
İstasyonlar: 5, 6, 8, 14, 23, 51, 71, 111, 134, 152, 159; Toprak üzeri, çürümüş ağaç kütüğü üzeri
- P. laetum* Schimp.
İstasyonlar: 111, 133, 152, 153, 163, 167; Toprak üzeri, kaya üzeri
- P. nemorale* (Mitt.) A.Jaeger;
İstasyonlar: 14, 103, 139; Toprak üzeri
- P. succulentum* (Wilson) Lindb
İstasyonlar: 5, 12, 14, 23, 35, 36, 55, 77, 78, 104, 106, 111, 126, 127, 128, 134, 154, 155, 156, 157, 162; Toprak üzeri
- Myurella* Bruch & Schimp.
Myurella tenerrima (Brid.) Lindb.
İstasyonlar: 152; Toprak üzeri
- Pterigynandraceae Schimp
Pterigynandrum Hedw.
Pterigynandrum filiforme Hedw
İstasyonlar: 2, 5, 6, 8, 14, 23, 25, 29, 36, 40, 41, 43, 44, 46, 48, 49, 50, 51, 58, 59, 63, 66, 74, 84, 85, 86, 87, 90, 91, 93, 94, 98, 99, 111, 119, 120, 121, 122, 123, 130, 132, 134, 140, 145, 147, 150, 151, 152, 153, 160, 162, 165, 168; Ağaç gövdesi üzeri, çürümüş ağaç kütüğü üzeri, kaya üzeri
- Climaciaceae Kindb
Climacium F.Weber & D.Mohr.
Climacium dendroides (Hedw.) F.Weber & D.Mohr
İstasyonlar: 3, 4, 90, 114, 117, 118; Islak toprak üzeri
- Amblystegiaceae G.Roth
Cratoneuron (Sull.) Spruce.
Cratoneuron filicinum (Hedw.) Spruce

- İstasyonlar: 10, 35, 46, 64, 75, 84, 112, 125, 126, 127, 128, 129, 132, 141, 148, 149, 158, 161, 166;
Islak toprak üzeri
Palustriella Ochyra.
Palustriella commutata (Hedw.) Ochyra
İstasyonlar: 63, 64, 67, 68, 69, 70, 77, 78, 93, 94, 107, 108, 129, 135, 158; Islak toprak üzeri
P. decipiens (De Not.) Ochyra
İstasyonlar: 57, 64, 75, 76, 93, 94, 101; Islak toprak üzeri
P. falcata (Brid.) Hedenäs
İstasyonlar: 3, 4, 19, 20, 35, 36, 56, 60, 61, 64, 77, 78, 82, 101, 107, 108, 110, 114, 117, 118, 135, 158, 161, 166; Islak toprak üzeri, su içi
Amblystegium Schimp.
Amblystegium serpens (Hedw.) Schimp.
İstasyonlar: 6, 8, 90; Islak toprak üzeri, çürümüş ağaç kütüğü üzeri
Campyliadelphus (Kindb.) R.S.Chopra.
Campyliadelphus chrysophyllus (Brid.) R.S.üzChopra
İstasyonlar: 1, 77, 78; Islak toprak üzeri
C. elodes (Lindb.) Kanda
İstasyonlar: 160; Islak toprak üzeri
Campylium (Kindb.) R.S.Choprer.
(* *Campylium bambergeri* (Schimp.) Hedenäs, Schlesak & D.Quandt [Sinonim: *Hypnum bambergeri* Schimp.]
İstasyonlar: 30; Islak toprak üzeri
C. protensum (Brid.) Kindb
İstasyonlar: 3, 4, 13, 19, 20, 57, 61, 64, 65, 82, 101, 107, 108, 110, 112, 114, 115, 117, 118, 133, 135, 158; Islak toprak üzeri
C. stellatum (Hedw.) Lange & C.E.O.Jensen
İstasyonlar: 57, 95; Islak toprak üzeri
Campylophyllopsis W.R.Buck.
Campylophyllopsis calcarea (Crundw. & Nyholm) Ochyra [Sinonim: *Campylophyllum calcareum* (Crundw. & Nyholm)]
Hedenäs]
İstasyonlar: 35, 45, 57, 125, 126, 127; Toprak üzeri
Drepanium (Schimp.) C.E.O.Jensen.
Drepanium fastigiatum (Hampe) C.E.O.Jensen [Sinonim: *Hypnum recurvatum* (Lindb. & Arnell) Kindb.]
İstasyonlar: 34, 137, 141, 150; Kaya üzeri
Drepanocladus (Müll.Hal.) G.Roth
Drepanocladus aduncus (Hedw.) Warnst
İstasyonlar: 90, 103, 105; Islak toprak üzeri
(* *D. sendtneri* (Schimp. ex H.Müll.) Warnst
İstasyonlar: 17, 47; Toprak üzeri
Hygroamblystegium Loeske.
(* *Hygroamblystegium fluviatile* (Hedw.) Loeske
İstasyonlar: 35; Islak toprak üzeri
H. tenax (Hedw.) Jenn
İstasyonlar: 59; Islak toprak üzeri
H. varium (Hedw.) Mönk.
İstasyonlar: 90; Islak toprak üzeri
Hygrohypnum Lindb.
Hygrohypnum luridum (Hedw.) Jenn
İstasyonlar: 57, 67, 68, 69, 70, 84; Su içi, ıslak toprak üzeri
Platyhypnum Loeske.
P. duriusculum (De Not.) Ochyra
İstasyonlar: 35, 102, 125, 126, 128, 139; Islak toprak üzeri
(♦) *P. molle* (Dicks. ex Hedw.) Loeske
İstasyonlar: 102, 129; Islak torpak üzeri
(* *P. smithii* (Sw.) Ochyra
İstasyonlar: 19, 20, 55, 61, 107, 108, 110, 135; Islak toprak üzeri
Pseudoamblystegium Vanderp. & Hedenäs.
Pseudoamblystegium subtile (Hedw.) Vanderp. & Hedenäs
İstasyonlar: 1, 10, 16, 22, 31, 39, 42, 50, 58, 79, 83, 131, 139, 144, 145; Toprak üzeri
Pseudocampylium Vanderp. & Hedenäs
(* *Pseudocampylium radicale* (P.Beauv.) Vanderp. & Hedenäs
İstasyonlar: 93, 94; Kaya üzeri
Serpoleskea (Limpr.) Loeske.
Serpoleskea confervoides (Brid.) Schimp.
İstasyonlar: 26, 34; Kaya üzeri
Calliergonaceae Vanderp., Hedenäs, C.J.Cox & A.J.Shaw
Sarmentypnum Tuom. & T.J.Kop.
(* *Sarmentypnum exannulatum* (Schimp.) Hedenäs
İstasyonlar: 37, 54, 60, 61, 101, 110, 124; Su içi, ıslak toprak üzeri
(* *S. sarmentosum* (Wahlenb.) Tuom. & T.J.Kop.
İstasyonlar: 3, 4, 114; Su içi, ıslak toprak üzeri
Scorpidiaceae Ignatov & Ignatova
Hamatocaulis Hedenäs.
(* *Hamatocaulis vernicosus* (Mitt.) Hedenäs
İstasyonlar: 3, 114, 117; Islak toprak üzeri
Hygrohypnella Ignatov & Ignatova
(* *Hygrohypnella ochracea* (Turner ex Wilson) Ignatov & Ignatova
İstasyonlar: 17, 35, 47, 54, 101, 102, 112, 115, 116, 136; Islak torpak üzeri
Sanionia Loeske.
Sanionia uncinata (Hedw.) Loeske
İstasyonlar: 3, 8, 13, 14, 37, 41, 45, 64, 67, 68, 69, 70, 72, 73, 75, 76, 93, 94, 95, 96, 103, 105, 113, 114, 117, 118, 119, 120, 122, 123, 124, 132, 134, 148, 149, 154, 158, 159, 163, 167; Ağaç gövdesi üzeri, çürümüş ağaç kütüğü üzeri, toprak üzeri, ıslak toprak üzeri
Leskeaceae Schimp.
Leskea Hedw.
(* *Leskea polycarpa* Hedw.
İstasyonlar: 93, 94; Kaya üzeri
Pseudoleskeaceae Schimp

Lescuraea Bruch & Schimp.

Lescuraea incurvata (Hedw.) E.Lawton

İstasyonlar: 13, 17, 47, 60, 63, 96, 100, 104, 105, 106, 109, 112, 169, 170, 171, 172, 174; Kaya üzeri

L. mutabilis (Brid.) Lindb. ex I.Hagen

İstasyonlar: 62, 63, 119, 120, 122, 123, 138; ağaç gövdesi üzeri

(*) *L. patens* Lindb

İstasyonlar: 75, 77, 93; Kaya üzeri, toprak üzeri, ıslak toprak üzeri

L. plicata (Schleich. ex F.Weber & D.Mohr) Broth.

İstasyonlar: 72, 73, 79, 80, 81, 96; Kaya üzeri, toprak üzeri

L. radicata (Mitt.) Mönk

İstasyonlar: 13, 17, 47, 62, 93, 94; Kaya üzeri, ağaç gövdesi üzeri

(*) *L. saviana* (De Not.) E.Lawton

İstasyonlar: 17, 18, 19, 20, 35, 36, 37, 45, 46, 47, 52, 56, 61, 67, 68, 70, 71, 77, 78, 80, 81, 84, 97, 100, 112, 115, 124, 126, 127, 139, 169, 170, 171, 174; Kaya üzeri, toprak üzeri, ağaç gövdesi üzeri

L. saxicola (Schimp.) Molendo

İstasyonlar: 25, 35, 67, 68, 103, 126, 136; Kaya üzeri

Pseudoleskeaceae Ignatov & Ignatova

Pseudoleskeella Kindb.

Pseudoleskeella catenulata (Brid. ex Schrad.) Kindb.

İstasyonlar: 16, 22, 97, 139, 153, 165, 173; Kaya üzeri

P. nervosa (Brid.) Nyholm

İstasyonlar: 14, 15, 16, 21, 22, 25, 29, 30, 31, 34, 35, 38, 39, 40, 43, 48, 49, 50, 51, 59, 63, 67, 68, 69, 70, 84, 87, 88, 89, 90, 91, 96, 97, 119, 120, 121, 122, 123, 132, 134, 139, 140, 152, 153, 160, 164, 165; Kaya üzeri, ağaç gövdesi üzeri, çürümüş ağaç kütüğü üzeri

Thuidiaceae Schimp

Abietinella Müll.Hal.

Abietinella abietina (Hedw.) M.Fleisch var. *abietina*

İstasyonlar: 67, 68, 69, 70, 75, 76, 80, 81, 96, 130, 131, 153, 165; Kaya üzeri, toprak üzeri

A. abietina (Hedw.) M.Fleisch var. *hystricosa* (Mitt.) Sakurai

İstasyonlar: 2, 9, 35, 36, 48, 50, 85, 86, 96, 125, 126, 127, 128; Toprak üzeri, kaya üzeri

Thuidium Bruch & Schimp.

Thuidium assimile (Mitt.) A.Jaeger

İstasyonlar: 1, 66, 74, 141, 153, 165; Toprak üzeri, kaya üzeri

T. delicatulum (Hedw.) Schimp.

İstasyonlar: 131, 141, 147, 150; Toprak üzeri, kaya üzeri

T. tamariscinum (Hedw.) Schimp.

İstasyonlar: 142, 143, 175, 176, 177; Toprak üzeri

Brachytheciaceae Schimp

Eurhynchium Bruch & Schimp.

Eurhynchium angustirete (Broth.) T.J.Kop

İstasyonlar: 98, 99, 111, 142, 143, 145, 162, 175; Toprak üzeri

E. striatum (Hedw.) Schimp

İstasyonlar: 35, 111, 142, 143, 145, 176; Toprak üzeri

Palamocladium M.Fleisch.

Palamocladium euchloron (Müll.Hal.) Wijk & Margad.

İstasyonlar: 15, 130, 131, 145, 147, 150; Kaya üzeri

Plasteurhynchium M.Fleisch.

(*) *Plasteurhynchium meridionale* (Schimp.) M.Fleisch.

İstasyonlar: 1; Toprak üzeri

P. striatulum (Spruce) M.Fleisch.

İstasyonlar: 10, 14, 35; Toprak üzeri

Pseudoscleropodium (Limpr.) M.Fleisch.

Pseudoscleropodium purum (Hedw.) M.Fleisch.

İstasyonlar: 142, 143; Toprak üzeri

Rhynchostegium Bruch & Schimp.

Rhynchostegium murale (Hedw.) Schimp.

İstasyonlar: 12, 14, 129, 153, 165; Toprak üzeri

R. riparioides (Hedw.) Cardot

İstasyonlar: 128, 129, 130; Islak toprak üzeri, su içi

(*) *R. rotundifolium* (Scop. ex Brid.) Schimp.

İstasyonlar: 90, 91; Toprak üzeri

Cirriphyllum Grout.

Cirriphyllum piliferum (Hedw.) Grout

İstasyonlar: 145; Toprak üzeri

Microeurhynchium Ignatov & Vanderp.

(*) *Microeurhynchium pumilum* (Wilson) Ignatov & Vanderp

İstasyonlar: 110; Toprak üzeri

Oxyrrhynchium (Schimp.) Warnst.

Oxyrrhynchium hians (Hedw.) Loeske

İstasyonlar: 10, 110, 132, 178; Çürümüş ağaç kütüğü üzeri, Toprak üzeri

(*) *O. schleicheri* (R.Hedw.) Röhl

İstasyonlar: 6, 8, 23, 29, 99; Toprak üzeri, kaya üzeri

O. speciosum (Brid.) Warnst

İstasyonlar: 6, 8, 137, 146, 159; Toprak üzeri

Rhynchostegiella (Schimp.) Limpr.

Rhynchostegiella tenella (Dicks.) Limpr

İstasyonlar: 160; Toprak üzeri

Brachytheciastrum Ignatov & Huttunen.

(*) *Brachytheciastrum collinum* (Schleich. ex Müll.Hal.) Ignatov & Huttunen

İstasyonlar: 169, 174; Toprak üzeri

B. velutinum (Hedw.) Ignatov & Huttunen

İstasyonlar: 14, 15, 90, 134, 159, 164, 169, 170, 171, 172, 174; Çürümüş ağaç kütüğü üzeri, ıslak toprak üzeri, ağaç gövdesi üzeri

Brachythecium Schimp.

Brachythecium albicans (Hedw.) Schimp

İstasyonlar: 6, 8, 13, 31, 35, 45, 50, 57, 60, 65, 67, 68, 69, 70, 72, 73, 74, 75, 76, 84, 90, 95, 113, 125, 126, 127, 128, 136, 145, 153, 154, 160, 165, 169, 170, 171, 172, 174; Toprak üzeri, kaya üzeri
B. campestre (Müll.Hal.) Schimp
 İstasyonlar: 134; Toprak üzeri
B. capillaceum (F.Weber & D.Mohr) Giacom
 İstasyonlar: 95, 134, 153, 154, 165; Toprak üzeri
 (*) *B. cirrosum* (Schwägr.) Schimp
 İstasyonlar: 160; Islak toprak üzeri
 (*) *B. erythrorrhizon* Schimp
 İstasyonlar: 112; Toprak üzeri
 (*) *B. geheebii* Milde
 İstasyonlar: 134; Çürümüş ağaç kütüğü üzeri
B. glareosum (Bruch ex Spruce) Schimp
 İstasyonlar: 2, 23, 35, 46, 67, 68, 69, 70, 71, 73, 79, 80, 81, 83, 86, 87, 96, 101, 145, 159; Kaya üzeri, toprak üzeri, ıslak toprak üzeri
 (*) *B. laetum* (Brid.) Schimp
 İstasyonlar: 79, 97, 134, 138, 141, 153, 154, 165; Toprak üzeri
B. mildeanum (Schimp.) Schimp
 İstasyonlar: 8, 10, 136, 142, 143, 175, 176, 177, 178; Toprak üzeri
B. rivulare Schimp
 İstasyonlar: 3, 4, 6, 8, 13, 17, 19, 20, 35, 37, 46, 47, 56, 57, 61, 64, 67, 68, 69, 70, 75, 76, 77, 78, 93, 94, 95, 96, 101, 110, 111, 112, 113, 114, 115, 116, 117, 118, 124, 132, 136, 137, 139, 141, 148, 149, 154, 158, 161, 166; Islak toprak üzeri, çürümüş ağaç kütüğü üzeri, toprak üzeri, kaya üzeri, su içi
B. rutabulum (Hedw.) Schimp
 İstasyonlar: 2, 3, 4, 6, 7, 8, 9, 14, 63, 64, 66, 72, 73, 74, 87, 88, 89, 98, 99, 107, 108, 114, 117, 118, 130, 135, 136, 137, 142, 143, 145, 146, 147, 150, 154, 158, 160, 161, 173, 174, 175, 176, 177; Islak toprak üzeri, toprak üzeri, ağaç gövdesi üzeri
B. salebrosum (Hoffm. ex F.Weber & D.Mohr) Schimp
 İstasyonlar: 35, 93, 95, 125, 126, 127, 128; Toprak üzeri
 (*) *B. tommasinii* (Sendtn. ex Boulay) Ignatov & Huttunen
 İstasyonlar: 166; Toprak üzeri
Eurhynchiastrum Ignatov & Huttunen.
Eurhynchiastrum diversifolium (Schimp.) J.Guerra
 İstasyonlar: 35; Toprak üzeri
E. pulchellum (Hedw.) Ignatov & Huttunen
 İstasyonlar: 25, 67, 68, 69, 70, 75, 113; Kaya üzeri, toprak üzeri
Homalothecium Schimp.
Homalothecium aureum (Spruce) H.Rob
 İstasyonlar: 29, 38, 95, 134, 159, 161; Kaya üzeri, toprak üzeri
H. lutescens (Hedw.) H.Rob

İstasyonlar: 1, 14, 15, 16, 22, 32, 38, 62, 63, 72, 73, 95, 131, 145, 159, 160, 173, 174; Kaya üzeri, toprak üzeri
H. philippeanum (Spruce) Schimp
 İstasyonlar: 19, 20, 35, 36, 61, 71, 79, 83, 84, 85, 87, 88, 89, 90, 96, 97, 110, 125, 126, 127, 128, 130, 160, 173; Kaya üzeri, toprak üzeri, ağaç gövdesi üzeri
H. sericeum (Hedw.) Schimp
 İstasyonlar: 1, 7, 9, 11, 15, 16, 26, 36, 38, 63, 80, 81, 84, 87, 88, 90, 91, 96, 97, 130, 131, 140, 147, 150, 154, 160, 169, 170, 171, 172, 173, 174; Kaya üzeri
Kindbergia Ochyra.
Kindbergia praelonga (Hedw.) Ochyra
 İstasyonlar: 2, 5, 8, 13, 17, 18, 23, 35, 45, 47, 51, 52, 63, 66, 71, 74, 84, 85, 86, 90, 92, 96, 112, 115, 116, 134; Toprak üzeri, kaya üzeri, ıslak toprak üzeri, ağaç gövdesi üzeri, çürümüş ağaç kütüğü üzeri
Sciuro-hypnum (Hampe) Hampe.
Sciuro-hypnum flotowianum (Sendtn.) Ignatov & Huttunen
 İstasyonlar: 44, 49, 50, 131, 132, 134, 137, 146, 147, 150; Ağaç gövdesi üzeri, kaya üzeri
 (*) *S. glaciale* (Schimp.) Ignatov & Huttunen
 İstasyonlar: 136; Kaya üzeri
 (*) *S. latifolium* (Kindb.) Ignatov & Huttunen
 İstasyonlar: 6, 8, 153; Kaya üzeri
S. plumosum (Hedw.) Ignatov & Huttunen
 İstasyonlar: 2; Çürümüş ağaç kütüğü üzeri
S. populeum (Hedw.) Ignatov & Huttunen
 İstasyonlar: 5, 6, 8, 12, 13, 15, 23, 44, 49, 50, 63, 87, 88, 89, 93, 94, 121, 130, 131, 132, 134, 137, 138, 140, 145, 146, 147, 148, 149, 150, 155, 156, 157, 159, 178; Kaya üzeri, ağaç gövdesi üzeri, çürümüş ağaç kütüğü üzeri, toprak üzeri, çalı gövdesi üzeri
S. reflexum (Starke) Ignatov & Huttunen
 İstasyonlar: 13, 63, 93, 100, 109, 138, 159; Toprak üzeri, kaya üzeri
 (*) *S. starkei* (Brid.) Ignatov & Huttunen
 İstasyonlar: 71, 131, 145; Çürümüş ağaç kütüğü üzeri, toprak üzeri
 Hypnaceae Schimp
Hypnum Hedw.
Hypnum andoi A.J.E.Sm
 İstasyonlar: 1, 7, 11, 14, 15, 34, 130, 131, 145, 178; Kaya üzeri, toprak üzeri
H. cupressiforme Hedw. var. *cupressiforme*
 İstasyonlar: 2, 5, 6, 8, 16, 22, 24, 25, 26, 29, 31, 38, 39, 40, 45, 46, 48, 49, 50, 51, 63, 64, 66, 74, 85, 86, 87, 88, 89, 92, 98, 99, 121, 131, 138, 139, 140, 141, 142, 143, 145, 147, 150, 152, 153, 158, 164, 165, 173, 174, 175, 176, 177; Kaya üzeri, toprak üzeri, ağaç gövdesi üzeri, çalı üzeri
H. cupressiforme Hedw. var. *filiforme* Brid.

İstasyonlar: 2, 25, 39, 48, 50, 85, 86, 87, 88, 89, 90, 91, 97, 98, 99, 119, 120, 122, 123, 139, 142, 143, 147, 150, 175; Ağaç gövdesi üzeri, kaya üzeri, toprak üzeri
H. cupressiforme Hedw. var. *lacunosum* Brid.
 İstasyonlar: 9, 18, 21, 35, 36, 51, 52, 66, 74, 80, 81, 85, 86, 87, 88, 90, 91, 99, 141, 162, 168; Kaya üzeri, toprak üzeri, ağaç gövdesi üzeri
H. cupressiforme Hedw. var. *subjulaceum* Molendo
 İstasyonlar: 132, 139; Kaya üzeri
H. jutlandicum Holmen & E.Warncke
 İstasyonlar: 49, 66, 131, 142, 143, 145, 160, 176; Toprak üzeri
H. resupinatum Taylor
 İstasyonlar: 21, 24, 25, 26, 30, 37, 40, 51, 66, 87, 88, 99, 130, 131, 132, 139, 140, 145, 148; Kaya üzeri, ağaç gövdesi üzeri
 Callicladiaceae Jan Kučera & Ignatov
Callicladium H.A.Crum.
Callicladium imponens (Hedw.) Hedenäs, Schlesak & D.Quandt [*Hypnum imponens* Hedw.]
 İstasyonlar: 1, 153; Kaya üzeri, toprak üzeri
 Taxiphyllaceae Ignatov
Taxiphyllum M.Fleisch.
 (*) *Taxiphyllum wissgrillii* (Garov.) Wijk & Margad.
 İstasyonlar: 75; Toprak üzeri
Platygyrium Bruch & Schimp.
Platygyrium repens (Brid.) Schimp.
 İstasyonlar: 2, 6, 8, 49, 50, 87, 132, 139, 148, 149; Ağaç gövdesi üzeri, çürümüş ağaç kütüğü üzeri
 Jocheniaceae Jan Kučera & Ignatov
Jochenia Hedenäs, Schlesak & D.Quandt.
 (*) *Jochenia pallescens* (Hedw.) Hedenäs, Schlesak & D.Quandt [Sinonim: *Hypnum pallescens* (Hedw.) P.Beauv.
 İstasyonlar: 71, 90, 96; Çürümüş ağaç kütüğü üzeri, toprak üzeri, ağaç gövdesi üzeri
 Stereodontaceae Hedenäs, Schlesak & D.Quandt
Stereodon (Brid.) Mitt. [Breibleria Loeske].
Stereodon callichrous (Brid.) Lindb. [Sinonim: *Hypnum callichroum* Brid.]
 İstasyonlar: 17, 38, 47, 52, 131, 138, 145; Kaya üzeri, toprak üzeri
 (*) *S. hamulosus* (Schimp.) Lindb. [Sinonim: *Hypnum hamulosum* Schimp.]
 İstasyonlar: 17, 47, 99; Kaya üzeri
 Pylaisiaceae Schimp.
Buckia D.Rios, M.T.Gallego & J.Guerra.
Buckia vaucheri (Lesq.) D.Rios, M.T.Gallego & J.Guerra [Sinonim: *Hypnum vaucheri* Lesq.]
 İstasyonlar: 9, 30, 38, 93, 140, 141, 164; Kaya üzeri, ağaç gövdesi üzeri
Calliergonella Loeske.
Calliergonella cuspidata (Hedw.) Loeske
 İstasyonlar: 1, 2, 3, 4, 6, 8, 64, 90, 91, 93, 94, 114, 117, 118, 158; Islak toprak üzeri, su içi

(*) *C. lindbergii* (Mitt.) Hedenäs
 İstasyonlar: 1, 14, 153; Islak toprak üzeri
Homomallium (Schimp.) Loeske.
Homomallium incurvatum (Schrad. ex Brid.) Loeske
 İstasyonlar: 8, 24, 40, 41, 42, 43, 48, 59, 118, 119, 120, 122, 140; Ağaç gövdesi üzeri, kaya üzeri
 Pseudohygrohypnum Kanda
Pseudohygrohypnum eugyrium (Schimp.) Kanda [Sinonim: *Hygrohypnum eugyrium* (Schimp.) Broth.]
 İstasyonlar: 132, 137, 142, 143, 148, 149, 175; Islak kaya üzeri, ıslak toprak üzeri
Ptilium De Not.
 (*) *Ptilium crista-castrensis* (Hedw.) De Not
 İstasyonlar: 57; Islak kaya üzeri
 Pylaisia Schimp.
Pylaisia polyantha (Hedw.) Schimp.
 İstasyonlar: 2, 8, 139, 159, 174; Ağaç gövdesi üzeri, çürümüş ağaç kütüğü üzeri, toprak üzeri
Roaldia P.E.A.S.Câmara & Carv.-Silva.
Roaldia revoluta (Mitt.) P.E.A.S.Câmara & M.Carvalho-Silva [Sinonim: *Hypnum revolutum* (Mitt.) Lindb.]
 İstasyonlar: 29, 75, 76, 79, 96, 99, 139; Toprak üzeri, kaya üzeri
 Hylocomiaceae M.Fleisch
Hylocomiadelphus Ochyra & Stebel.
Hylocomiadelphus triquetrus (Hedw.) Ochyra & Stebel
 İstasyonlar: 17, 18, 21, 46, 47, 51, 52, 72, 73, 80, 81, 84, 85, 86, 96, 98, 99, 160, 161, 166; Toprak üzeri, kaya üzeri
Hylocomium Bruch & Schimp.
Hylocomium splendens (Hedw.) Schimp
 İstasyonlar: 18, 51, 52, 66, 72, 73, 74, 79, 80, 81, 83, 84, 85, 86, 96, 98, 99, 111, 153, 160, 162, 165, 168; Toprak üzeri, kaya üzeri
Pleurozium Mitt.
Pleurozium schreberi (Willd. ex Brid.) Mitt
 İstasyonlar: 66, 72, 73, 74, 85, 86, 98, 99, 111, 153, 160, 161, 162, 165, 166, 168; Toprak üzeri, kaya üzeri
Rhytidiadelphus (Limpr.) Warnst.
Rhytidiadelphus squarrosus (Hedw.) Warnst.
 İstasyonlar: 66, 72, 73, 74, 85, 111, 153, 160, 161; Toprak üzeri, kaya üzeri
 Rhytidiaceae Broth.
Rhytidium (Sull.) Kindb.
Rhytidium rugosum (Hedw.) Kindb.
 İstasyonlar: 18, 21, 51, 52; Kaya üzeri, toprak üzeri
 Entodontaceae Kindb.
Entodon Müll.Hal.
Entodon concinnus (De Not.) Paris
 İstasyonlar: 21, 46, 52, 72, 81, 84, 85, 86, 96, 98, 99; Kaya üzeri, toprak üzeri
E. schleicheri (Schimp.) Demet

İstasyonlar: 17, 18, 51, 52, 72; Kaya üzeri, toprak üzeri
 Leucodontaceae Schimp
Leucodon Schwägr.
Leucodon immersus Lindb
 İstasyonlar: 16, 22, 38, 140, 160; Kaya üzeri, Ağaç gövdesi üzeri
L. sciuroides (Hedw.) Schwägr.
 İstasyonlar: 1, 2, 7, 8, 9, 11, 14, 15, 16, 21, 22, 23, 24, 25, 36, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 38, 40, 41, 42, 43, 44, 48, 49, 50, 51, 58, 59, 63, 66, 74, 87, 88, 89, 90, 91, 97, 98, 99, 119, 120, 121, 122, 123, 130, 131, 132, 134, 139, 140, 141, 144, 145, 147, 148, 149, 150, 152, 153, 160, 163, 164, 165, 167, 173, 174, 178; Ağaç gövdesi üzeri, çürümüş ağaç kütüğü üzeri, kaya üzeri
 Neckeraaceae Schimp
Alleniella S.Olsson, Enroth & D.Quandt.
Alleniella besseri (Lobarz.) S.Olsson, Enroth & D.Quandt
 İstasyonlar: 7, 10, 11, 38, 39, 131, 140, 145, 173; Kaya üzeri, ağaç gövdesi üzeri
A. complanata (Hedw.) S.Olsson, Enroth & D.Quandt
 İstasyonlar: 1, 10, 15, 131, 145; Kaya üzeri, ağaç gövdesi üzeri
Exsertotheca S.Olsson, Enroth & D.Quandt.
Exsertotheca crispa (Hedw.) S.Olsson, Enroth & D.Quandt
 İstasyonlar: 11, 16, 22, 130, 131, 137, 140, 145, 146, 147, 150, 160; Kaya üzeri, ağaç gövdesi üzeri
Neckera Hedw.
Neckera pennata Hedw.
 İstasyonlar: 131, 145; Ağaç gövdesi üzeri
N. pumila Hedw.
 İstasyonlar: 27; Ağaç gövdesi üzeri
Pseudanomodon (Limpr.) Ignatov & Fedosov.
Pseudanomodon attenuatus (Hedw.) Ignatov & Fedosov
 İstasyonlar: 10, 15, 16, 22, 27, 29, 30, 31, 32, 34, 39, 87, 88, 89, 130, 131, 137, 139, 140, 141, 142, 143, 145, 146, 147, 150, 152, 173, 175, 176, 177, 178; Ağaç gövdesi üzeri, kaya üzeri, toprak üzeri
Thamnobryum Nieuwl.
Thamnobryum alopecurum (Hedw.) Gangulee.
 İstasyonlar: 137, 142, 143, 146, 154, 175, 176, 177; Toprak üzeri
 Heterocladiellaceae Ignatov & Fedosov
Heterocladiella Ignatov & Fedosov.
Heterocladiella dimorpha (Brid.) Ignatov & Fedosov [Sinonim: *Heterocladium dimorphum* (Brid.) Schimp.
 İstasyonlar: 17, 18, 35, 37, 47, 51, 52, 67, 68, 69, 103, 125, 126, 127, 132, 148, 149; Kaya üzeri
 Lembophyllaceae Broth.
Isothecium Brid.
Isothecium alopecuroides (Lam. ex Dubois) Isov

İstasyonlar: 1, 5, 6, 8, 13, 15, 17, 18, 25, 31, 47, 51, 52, 63, 66, 72, 73, 74, 85, 86, 96, 107, 108, 111, 119, 120, 122, 123, 130, 131, 132, 134, 135, 139, 140, 141, 142, 143, 145, 147, 148, 149, 150, 152, 159, 162, 163, 167, 175, 176, 177; Toprak üzeri, kaya üzeri, çürümüş ağaç kütüğü üzeri
I. holtii Kindb.
 İstasyonlar: 30; Toprak üzeri
I. myosuroides Brid.
 İstasyonlar: 140; Toprak üzeri
 Myuriaceae M.Fleisch
Ctenidium (Schimp.) Mitt.
Ctenidium molluscum (Hedw.) Mitt
 İstasyonlar: 3, 4, 14, 19, 20, 35, 36, 45, 46, 56, 60, 61, 62,63, 67, 68, 69, 70, 73, 101, 104, 106, 107, 108, 110, 113, 114, 117, 118, 125, 126, 127, 128, 130, 131, 132, 135, 141, 142, 143, 145, 148, 149, 153, 154, 161, 163, 164, 165, 166, 167, 175, 176, 177; Islak toprak üzeri, kaya üzeri, toprak üzeri
 Anomodontaceae Kindb
Anomodon Hook. & Taylor.
Anomodon rugelii (Müll.Hal.) Keissl
 İstasyonlar: 87, 88, 89, 131, 137, 139, 146, 169, 170, 171, 172, 173, 174; Çürümüş ağaç kütüğü üzeri, kaya üzeri, toprak üzeri
A. tristis (Ces.) Sull. & Lesq
 İstasyonlar: 139; Toprak üzeri
A. viticulosus (Hedw.) Hook. & Taylor
 İstasyonlar: 10, 16, 22, 27, 28, 31, 32, 33, 131, 134, 139, 140, 145, 147, 150, 178; Ağaç gövdesi üzeri, kaya üzeri, toprak üzeri

4. Tartışma ve Sonuç

Karçal Dağlarında (Artvin) 27.05.2022 ve 08.03.2024 tarihleri arasında yapılan arazi çalışmaları sonucunda 178 farklı lokaliteden toplanan yaklaşık ± 7500 briyofit örneğinin incelenmesi sonucunda, 56 familya ve 143 cins'e ait toplam 513 tür, alttür ve varyete düzeyinde briyofit taksonu teşhis edilmiştir. Teşhis edilen 513 taksondan 2'si boynuzotu taksonu (2 familya ve 2 cins), 90'ı ciğerotu taksonu (29 familya ve 47 cins), ve 421'i ise karayosunu taksonudur.

Teşhis edilen 513 takson sayısı Türkiye'de yapılan briyofloristik çalışmalar arasında verilen en yüksek takson sayısı (tür, alttür ve varyete)'dir. Teşhis edilenler taksonlar arasından ciğerotlarından *Scapania calcicola* (Arnell & J.Perss.) Ingham, *S. cuspiduligera* (Nees) Müll. Frib taksonları, yapraklı karayosunlarından ise *Amphidium lapponicum* (Hedw.) Schimp, *Dicranum transylvanicum* Lüth, *Schistidium lancifolium* (Kindb.) H.H.Blom, *Pohlia filum* (Schimp.) Mårtensson, *Orthotrichum crenulatum* Mitt, *Zygodon dentatus* (Limpr.) Kartt ve *Platyhypnum molle* (Dicks. ex Hedw.) Loeske taksonları Türkiye'den ikinci kez kaydı verilmiştir. Unan ve

ark. (2021) tarafından Samsun ili, Bafra ilçesi Akalan köyü'nden, 220 m rakımda kaya üzerinden toplanan ve Türkiye için ilk defa kaydı verilen *Scapania calcicola*, bu çalışmada, Fındık Yaylası Altı-Damsuvar Yaylası'ndan 1485 m rakımdan çürümüş ağaç kütüğü üzerinden toplanmış ve Balcı Köyü Yaylası'ndan 1950 m. rakımdan kaya üzerinden toplanmıştır. *S. cuspiduligera* taksonu Türkiye'den ilk kez Batan ve ark. (2022) tarafından Rize ili, İkizdere ilçesi, Anzer vadisi, Çiçekli köyü'nden 1895 m. rakımdan ıslak toprak üzerinden toplanmıştır. Bu çalışmada ise Türkiyeden ikinci kez kaydı verilen *S. cuspiduligera* taksonu Papart Yaylası'ndan 1747 m. rakımdan ıslak toprak üzerinden toplanmıştır. *Amphidium lapponicum* taksonu Türkiye sınırları içerisinde ilk kez Batan ve Özdemir (2013c) tarafından, Iğdır ili, Korhan yaylasından 2541 m rakımdan kaya üzerinden verilmiştir. Bu çalışmada ise Oba Yaylası 2440 m rakımdan kaya üzerinden toplanmıştır. Türkiye için ikinci kez kaydı verilen *Dicranum transsylvanicum* taksonu Erata (2022) tarafından ilk kez Giresun ili, Dereli ilçesi, Eskioba yaylasından 1817 m rakımdan *Picea orientalis* (L.) Link ormanı içerisinde toprak üzerinden verilmiştir. Bu takson, bu çalışmada Mısırlı Köyü- Jandarma arası (Papart Vadisi)'dan 1498 m. rakımdan *Picea orientalis* (L.) Link ve *Abies nordmanniana* Link. subsp. *nordmanniana* türlerini içeren karışık orman içinden ıslak toprak üzerinden, Papart Düzü-Mısırlı Köyü arasından 1658 m rakımdan *Picea orientalis* (L.) Link ve *Abies nordmanniana* Link. subsp. *nordmanniana* türlerini içeren karışık orman içinden ıslak toprak üzerinden, Gorgit Yaylası'ndan 1001 m rakımdan *Picea orientalis* (L.) Link, *Fagus orientalis* Lipsky, *Rhododendron ponticum* L. ve *Abies nordmanniana* Link. subsp. *nordmanniana* türlerini içeren karışık orman içinden ıslak toprak üzerinden ve Merata-Korda Yaylaları arasından 2147 m rakımdan *Fagus orientalis* Lipsky, *Rhododendron ponticum* L. *Sorbus aucuparia* L. karışık orman içinden ıslak toprak toplanmıştır. Türkiye için ilk kaydı Uyar ve Ören (2013) tarafından Bursa ili, Uludağ'ın kuzey sırtında alpin bölgede, 1600 m rakımda torpak üzerinden verilen *Pohlia filum* türü bu çalışmada Çikunet Yaylası üstünde 2660 m. rakımda alpin vejetasyondan kaya üzerinden verilmiştir. Türkiye'den ilk kaydı Lara ve ark. (2010) tarafından Trabzon ili Maçka ilçesi Sümela Manastırı, 1150 m rakımdan *Fagus orientalis* Lipsky ağaç gövdesi üzerinden verilen *Zygodon dentatus* bu çalışmada ise Gorgit Yaylası'ndan 1001 m rakımdan *Fagus orientalis* Lipsky ağaç gövdesi üzerinden, Fındık Yaylası'ndan 1723 m rakımdan *Fagus orientalis* Lipsky ağaç gövdesi üzerinden, Fındık Yaylası Altı, Damsuvar Yaylası'ndan 1485 m rakımdan

Fagus orientalis Lipsky ağaç gövdesi üzerinden ve Korda Yaylası'ndan 1802 m rakımdan *Fagus orientalis* Lipsky ağaç gövdesi üzerinden toplanmıştır. Türkiye'den ilk kez Engelmark ve Nyholm tarafından 1974 yılında Artvin-Borçka yöresinden toplanmış ve Blom (1996) yayınında Türkiye yayılışı verilen *Schistidium lancifolium* türü Mısırlı Köyü-Jandarma arası (Papart Vadisi)'dan 1498 m rakımdan kaya üzerinden ve Gorgit Yaylası'ndan 1001 m rakımdan kaya üzerinden toplanmıştır. Türkiye'den ikinci kez kaydı Mısırlı Köyü-Jandarma arası (Papart Vadisi) 1498 m rakımdan *Juglans regia* L. verilen *Orthotrichum crenulatum* türü 2010 yılında Lara ve ark. (2010) tarafından Artvin ve Erzurum illerinden 1050-1750 m rakımdan *Juglans regia* L. gövdesinden toplandığı bildirilmiştir. Briyofloristik listede Türkiye için ikinci kayıt olarak Çikunet Yaylası'ndan 2473 rakımdan alpin çayırdan su içerisinde ıslak kaya üzerinden ve Adagül Yaylası'ndan 2429 m rakımdan alpin çayırdan su içerisinde ıslak kaya üzerinden toplanan *Platyhypnum molle* türü ilk kez Abay ve ark. (2022) tarafından Rize ili, İkizdere ilçesi, Anzer vadisi, Ballıköy yaylası'ndan alpin çayırdan 2220 m rakımdan su içerisinde ıslak kaya üzerinden toplanmıştır.

Çalışma sonucunda tespit edilen yapraklı karayosunu familyaları içerisinde en fazla takson sayısına sahip familyalar; Grimmiaceae (46), Brachytheciaceae (44), Pottiaceae (44), Mniaceae (32), Bryaceae (26), Orthotrichaceae (26), Amblystegiaceae (24), Dicranaceae (16), Polytrichaceae (13), Sphagnaceae (11), Bartramiaceae (11), Plagiotheciaceae (10), Pylaisiaceae (8), Pseudoleskeaceae (7), Hypnaceae (7), Neckeraceae (7), Encalyptaceae (6), Leucobryaceae (5), Dicranellaceae (5), Fissidentaceae (5) ve Thuidiaceae (5)'dir. Diğer yapraklı karayosunu familyaları dört ve daha az sayıda takson içeren familyalardır. En fazla cins içeren yapraklı karayosunu familyaları; Brachytheciaceae (15), Pottiaceae (14), Amblystegiaceae (14), Pylaisiaceae (7), Mniaceae (6), Orthotrichaceae (6), Polytrichaceae (5), Hylocomiaceae (4), Bryaceae (4), Plagiotheciaceae (4), Dicranaceae (3), Ditrichaceae (3), Scorpidiaceae (3)'dir. İçerdikleri takson sayısı bakımından en zengin cinsler ise; *Schistidium* (21), *Ptychostomum* (17), *Grimmia* (15), *Orthotrichum* (14), *Brachythecium* (13), *Dicranum* (12), *Pohlia* (12), *Sphagnum* (11), *Syntrichia* (11), *Racomitrium* (10), *Philonotis* (8), *Plagiomnium* (8), *Mnium* (7), *Didymodon* (7), *Tortula* (7), *Lescurea* (7), *Sciuro-hypnum* (7), *Hypnum* (7), *Encalypta* (6), *Tortella* (6), *Lewinskya* (6),

Polytrichum (5), Dicranella (5), Fissidens (5) ve Plagiothecium (5)'dir.

Çiğertotu familyaları içerisinde en fazla taksona sahip familyalar ise; Scapaniaceae (15), Anastrophyllaceae (7), Cephaloziellaceae (6), Cephaloziaceae (5), Gymnomitriaceae (5), Lophocoleaceae (5), Jungermanniaceae (5) ve Lophoziaceae (4) 'dür. En fazla cins içeren çiğertotu familyaları; Anastrophyllaceae (4), Cephaloziaceae (3), Lophoziaceae (3), Scapaniaceae (3) ve Gymnomitriaceae (3)' dir. Diğer çiğertotu familyaları iki ve daha az sayıda cins içeren familyalardır. İçerdikleri takson sayısı bakımından en zengin çiğertotu cinsleri ise; Scapania (12), Barbilophozia (4), Metzgeria (3), Lophocolea (3), Frullania (3), Mesoptychia (3) ve Solenostoma (3)'dür. Boynuzotu familyaları ise Anthocerotaceae (1) takson ve Notothyladaceae (1) takson ile temsil edilmektedir.

Çalışma alanında yaygın olarak tespit edilen yapraklı karayosunu taksonları; *Sphagnum platyphyllum*, *S. subsecundum*, *Atrichum undulatum*, *Pogonatum aloides*, *P. urnigerum*, *Polytrichastrum alpinum*, *P. piliferum*, *Timmia austriaca*, *Encalypta ciliata*, *Distichium capillaceum*, *Hymmenoloma crispulum*, *Flexitrichum flexicaule*, *Amphidium mougeotii*, *Dichodontium pellucidum*, *Diobelonella palustris*, *Dicranella heteromalla*, *Fissidens dubius*, *F. taxifolius*, *Dicranum bonjeanii*, *D. majus*, *D. scoparium*, *D. spadiceum*, *Paraleucobryum enerve*, *P. longifolium*, *Ceratodon purpureus*, *Barbula unguiculata*, *Didymodon acutus*, *D. vinealis*, *Syntrichia laevipila*, *S. minor*, *S. norvegica*, *S. ruralis*, *Tortula hoppeana*, *T. marginata*, *T. schimperi*, *T. subulata*, *Chionoloma tenuirostre*, *Tortella tortouosa*, *Weissia brachycarpa*, *Saelania glaucescens*, *Blindia acuta*, *Racomitrium aciculare*, *R. affine*, *R. aquaticum*, *R. macounii* subsp. *alpinum*, *Grimmia alpestris*, *G. caespiticia*, *G. hartmanii*, *Schistidium apocarpum*, *S. brunnescens* subsp. *brunnescens*, *S. papillosum*, *S. rivulare*, *Bartramia ithyphylla*, *Philonotis caespitosa*, *P. calcarea*, *P. fontana*, *P. seriata*, *P. tomentella*, *Bryum argenteum*, *B. dichotomum*, *Imbriobryum alpinum*, *I. mildeanum*, *Ptychostomum capillare*, *P. creberrimum*, *P. elegans*, *P. imbricatulum*, *P. moravicum*, *P. pseudotriquetrum* var. *pseudotriquetrum*, *P. schleicheri*, *Pohlia cruda*, *P. nutans*, *P. wahlenbergii*, *Mnium hornum*, *M. spinosum*, *M. thomsonii*, *Plagiomnium affine*, *P. cuspidatum*, *P. ellipticum*, *P. medium*, *P. undulatum*, *Rhizomnium punctatum*, *Lewinskya affinis*, *L. speciosa*, *L. striata*, *Orthotrichum alpestre*, *O. anomalum*, *Ulotia crista*, *Zygodon rupestris*, *Herzogiella*

seligeri, *Plagiothecium denticulatum*, *P. succulentum*, *Pterigynandrum filiforme*, *Cratoneuron filicinum*, *Palustriella commutata*, *P. falcata*, *Campylium protensum*, *Pseudoamblystegium subtile*, *Hygrohypnella ocheacea*, *Sanionia uncinata*, *Lescurea incurvata*, *L. saviana*, *Pseudoleskeella nervosa*, *Abietinella abietina* var. *abietina*, *A. abietina* var. *hystricosa*, *Brachytheciastrum velutinum*, *Brachythecium albicans*, *B. glareosum*, *B. rivulare*, *B. rutabulum*, *Homalothecium lutescens*, *H. philippeanum*, *H. sericeum*, *Kindbergia praelonga*, *Sciuro-hypnum flotowianum*, *S. populeum*, *Hypnum andoi*, *H. cupressiforme* var. *cupressiforme*, *H. cupressiforme* var. *filiforme*, *H. cupressiforme* var. *lacunosum*, *H. resupinatum*, *Platygyrium repens*, *Calliergonella cuspidata*, *Hylocomiadelfus triquetrus*, *Hylocomium splendens*, *Pleurozium schreberi*, *Entodon concinnus*, *Leucodon sciuroides*, *Alleniella besseri*, *Exsertotheca crispa*, *Pseudanomodon attenuatus*, *Heterocladiella dimorpha*, *Isothecium alopecuroides*, *Ctenidium molluscum*, *Anomodon rugelii* ve *A. viticulosus*'dur.

Çalışma alanında yaygın olarak tespit edilen çiğertotu taksonları; *Barbilophozia barbata*, *B. hatcheri*, *B. sudetica*, *Sphenobolus minutus*, *Cephalozia bicuspidata*, *Cephaloziella divaricata*, *Lophozia ventricosa*, *Scapania irriqua*, *S. undulata*, *Schistochilopsis incisa*, *Gymnomitrium concinnatum*, *Marsupella funckii*, *Jungermannia atrovirens*, *J. eucordifolia*, *Mesoptychia bantriensis*, *Solenostoma gracillimum*, *S. sphaerocarpum*, *Chiloscyphus pallescens*, *C. polyanthos*, *Lophocolea bidentata*, *L. heterophylla*, *L. minor*, *Pedinophyllum interruptum*, *Plagiochila asplenioides*, *P. porelloides*, *Frullania dilatata*, *F. fragilifolia*, *F. tamarisci*, *Porella cordeana*, *P. platyphylla*, *Radula complanata*, *R. lindenbergiana*, *Metzgeria conjugata*, *M. furcata*, *Pellia epiphylla*, *P. neesiana*, *Conocephalum conicum* ve *Marchantia polymorpha*'dır.

Çalışma alanlarında boynuzotu taksonları *Anthoceros punctatus* iki lokaliteden ve *Phaeoceros laevis* taksonu ise üç farklı lokaliteden toplanmıştır.

Deklarasyon

Yazar katkıları

Fikir/Kavram: NB, HE, MA, TE, OÖ, NT; Tasarım ve dizayn: NB, HE, MA, TE, OÖ, NT; Denetleme danışmanlık: NB, HE, MA, TE, OÖ, NT; Kaynaklar: NB, HE, MA, TE, OÖ, NT; Malzemeler: NB, HE, MA, TE, OÖ, NT; Ver toplama ve/veya işleme: NB, HE, MA, TE, OÖ, NT; Analiz ve/veya yorum: NB, HE, MA, TE, OÖ, NT;

NT; Literatür taraması: NB, HE, MA, TE, OÖ, NT; Yazım aşaması: NB, HE, MA, TE, OÖ, NT; Eleştirel inceleme: NB, HE, MA, TE, OÖ, NT.

Çıkar çatışması

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

Finansman

Bu çalışma, Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu (TÜBİTAK) tarafından 122Z039 numaralı proje ile desteklenmiştir. Projeye verdiği destekten ötürü TÜBİTAK'a teşekkürlerimizi sunarız.

Etik onay

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

Kaynaklar

- Abay G. Erata H. Batan, N. Özdemir T. 2022. Two new records for the bryophyte flora of Turkey and Southwest Asia. *Plant Biosystems*. 156: 4, 875–881.
- Alataş M. Batan N. Ezer T. 2018. Kamilet Vadisi (Artvin, Türkiye) ve Çevresindeki Epifitik Briyofitlerin Hayat Formları, Yaşam stratejileri ve Ekolojik özellikleri. *Anatolian Bryology*. 4:1, 8-16.
- Batan N. 2008. Artvin Bölgesi Yapraklı Karayosunu (Musci) Florası'na Katkılar (Hatıla Vadisi Milli Parkı Karayosunları), Yüksek Lisans Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Batan N. 2012. Artvin İli Karayosunu Florası, Doktora Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Batan N. Özdemir T. 2008. Contributions to the Moss Flora of Artvin Region (Hatıla Valley National Park Turkey). *Pakistan Journal Biological Science*. 11: 13, 1676- 1682.
- Batan N. Özdemir T. 2013a. Contributions to the moss flora of the Caucasian part (Artvin Province) of Turkey *Turkish journal of Botany*. 37: 375-388.
- Batan N. Özdemir T. 2013b. Contribution to the Moss Flora of Eastern Black Sea Region (Artvin) in Turkey and new record to the Southwest Asia. *Arctoa*. 22: 101-106.
- Batan N. Özdemir T. 2013c. New records for the moss flora of Turkey and Southwest Asia. *Nova Hedwigia*. 97: 3-4, 437-440.
- Batan N. Özcan O. Özen-Öztürk Ö. Erata H. Alataş M. Ezer T. 2023. Two Moss Species

- New to Turkey and South-West Asia. *Biology Bulletin*. 50:4, 623-629.
- Batan N. Erata H. Ezer T. Alataş M. 2024a. Three bryophyte species new to Türkiye and Southwest Asia. *Bangladesh Journal of Plant Taxonomy*. 31:1, 25-32.
- Batan N. Taşcı N. Mamontov Y. Erata H. Alataş M. Ezer T. 2024b. Four Bryophytes species new to Türkiye and South-West Asia. *Nova Hedwigia*. 119:1-2, 39-50.
- Blockeel T.L. Bastos C.J.P. Bednarek-Ochyra H. Ochyra R. Dulin M.V. Fovet L. Garcia C. Hedenäs L. Hugonnot V. Kırmacı M. et al. 2009. New national and regional bryophyte records, 22. *Journal of Bryology*. 31:3, 201-210.
- Blom H.H. 1996. A revision of the *Schistidium apocarpum* complex in Norway and Sweden. *Bryophytorum Bibliotheca*, Band 49, 334 p, Berlin – Stuttgart.
- Brugués M. Cros R.M. Guerra J. 2007. Flora Briofítica Ibérica Volume I, Universidad de Murcia. Sociedad Espanola de Briyologia Murcia. Murcia.
- Brugués M. Guerra J. 2015. Flora Briofítica Ibérica Volume 2, Universidad de Murcia, ISBN: 84- 608-2198-4, Sociedad Espanola de Briyologia Murcia, Murcia.
- Crum A.H. Anderson E.L. 1981. Mosses of Eastern North America. Columbia University Press. Newyork.
- Dede V. Çiçek İ. Uncu L. 2015. Karçal Dağları'nda Kaya Buzulu Oluşumları. *Yerbilimleri*. 36: 2, 61-80.
- Ellis L.T. Afonina O.M. Alataş M.. Alia H.B.M. Alvarez J. Aponte Rojas A.M. Atwood J.J. Bacilliere G. Batan N. Biberdžić V. ve ark. 2024. New national and regional bryophyte records, 76. *Journal of Bryology*. 46:1, 51-74.
- Eminağaoğlu Ö. (Ed.) 2015. Artvin'in Doğal Bitkileri, İstanbul: Promat.
- Erata H. 2022. Three remarkable Bryophyte species new to Turkey and South-west Asia. *Biologia*. 77: 2819–2827.
- Erata H. Batan N. Alataş M. Ezer T. 2023. *Trematodon* and *Ptychostomum* Species New to Turkey and South-West Asia. *Biology Bulletin*. 50:5, 890-894.
- Erdağ A. Kürschner H. 2024. Türkiye Bitkileri Listesi, Karayosunları: Eklentiler 2021-2023. *Bağbahçe Bilim Dergisi*. 11:1, 20-24.
- Frey W. Frahm J.P. Fischer E. Lobin W. 2006. The liverworts, mosses and ferns of Europe. Essex. Harley Books.
- Gökler İ. Öztürk M. 1992. Artvin İli (A4, A5) Ciğerotları (Marchantiopsida). XI. Ulusal

- Biyoloji Kongresi.185-194 ss. Elazığ, Türkiye.
- Greven H.C. 2003. *Grimmias of The World*. Backhuys Publishers. Leiden.
- Guerra J. Cano M.J. Cros R.M. 2006. *Flora Briofítica Ibérica Volume 3*. Uniersidad de Murcia, Sociedad Espanola de Briyologia Murcia. Murcia.
- Guerra J. Brugués M. Cano M.J. Cros R.M. 2010. *Flora Briofítica Ibérica Volume 4*. Uniersidad de Murcia, Sociedad Espanola de Briyologia Murcia. Murcia.
- Guerra J. Cano M.J. Brugués M. 2014. *Flora Briofítica Ibérica Volume 5*, Uniersidad de Murcia, Sociedad Espanola de Briyologia Murcia, Murcia.
- Guerra J. Cano M.J. Brugués M. 2018. *Flora Briofítica Ibérica Volume 6*, Uniersidad de Murcia, Sociedad Espanola de Briyologia Murcia, Murcia.
- Hazer Y. 2010. Son Literatür ve Herbaryum Verilerine Göre Türkiye Karayosunlarının Floristik dağılımı ve Elektronik Veritabanı Oluşturulması, Yüksek Lisans Tezi, Zolguldak Karaelmas Üniversitesi, Fen bilimleri Enstitüsü, Zonguldak.
- Heyn C.C. Herrnstadt I. 2004. *The Bryophyte Flora of Israel and Adjacent Regions*. The Israel Academy of Sciences and Humanities. Oron.
- Hodgetts N.G. Söderström L. Blockeel T.L. Caspari S. Ignatov M.S. Konstantinova N.A. Lockhart N. Papp B. Schröck C. SimSim M. et al. 2020. An annotated checklist of bryophytes of Europe, Macaronesia and Cyprus. *Journal of Bryology*. 42:1, 1-116.
- Ireland R. 1982. *Moss flora of Maritime Provinces*. Publication in Botany No: 13. Ottova: National Museum of Natural Sciences.
- Kırmacı M. Çatak U. Filiz F. 2022. Preliminary Red List Assessment of Turkish *Sphagnum* (Sphagnopsida). *Anatolian Bryology*. 8:1, 1-10.
- Kürschner H. Frey W. 2011. Liverworts, mosses and hornworts of Southwest Asia (Marchantiophyta, Bryophyta, Anthocerotophyta). *Nova Hedwigia*. 139: 1-240.
- Lara F. Mazimpaka V. Medina R. Caparrós R. Garilleti R. 2010. Northeastern Turkey, an unnoticed but very important area for the Orthotrichaceae (Bryophyta). *Nova Hedwigia*, Beiheft 138: 165–180.
- Lewinsky J. 1993. A synopsis of the genus *Orthotrichum* Hedw. (Musci, Orthotrichaceae). *Bryobrothera*. 2: 1-59.
- Lüth M. 2019. *Mosses of Europe—A Photographic Flora Set of 3 Volumes*, ISBN 978-3-00-062952-5.
- Nyholm E. 1986. *Illustrated Flora of Nordic Mosses*, Fasc. 1. Fissidentaceae – Seligeriaceae, 1-72, The Nordic Bryological Society, Lund.
- Nyholm E. 1989. *Illustrated Flora of Nordic Mosses*, Fasc. 2. Pottiaceae – Splachnaceae Schistostegaceae, 75-141, The Nordic Bryological Society, Lund.
- Nyholm E. 1993. *Illustrated Flora of Nordic Mosses*, Fasc. 3. Bryaceae-Rhodobryaceae Mniaceae –Cinclidiaceae-Plagiomniaceae. 145-244, The Nordic Bryological Society, Lund.
- Nyholm E. 1998. *Illustrated Flora of Nordic Mosses*, Fasc. 4. Aulacomniaceae Meesiaceae-Catocopiaceae-Bartramiaceae Timmiaceae-Encalyptaceae- Grimmiaceae-Ptychomitriaceae- Hedwigiaceae Orthotrichaceae. 145-244, The Nordic Bryological Society, Lund.
- Özcan O. 2023. Karçal Dağları (Artvin) Epifitik Briyofit Vegetasyonu. Doktora Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Özdemir T. Koz B. Batan N. 2008. *Didymodon asperifolius* (Pottiaceae, Bryopsida), New to The Moss Flora of Turkey and Southwestern Asia. *Cryptogamie, Bryologie*. 29: 3, 311-312.
- Özenoğlu Kiremit H. Keçeli T. 2009. An annotated check-list of the Hepaticae and Anthocerotae of Turkey. *Cryptogamie Bryologie*. 30: 343–356
- 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.
- Paton J. 1999. *The Liverworts Flora of the British Isles*, ISBN: 0-946589-60-7, 626 pp, Harley Books, England.
- Pedrotti C.C. 2001. *Flora dei muschi d'Italia* (Sphagnopsida, Andreaeopsida, Bryopsida, I parte). Antonio delfino Editore medicina-scienze. Roma.
- Pedrotti C.C. 2006. *Flora dei muschi d'Italia*. Bryopsida (II parte). Antonia Delfi no Editore medicina-scienze. Roma.
- Smith A.J.E. 1996. *The Liverworts of Britain and Ireland*, ISBN: 0-521-42473-9, 384 pp. Cambridge University Press, Cambridge.
- Smith A.J.E. 2004. *The Moss Flora of Britain and Ireland*. Second Edition, ISBN: 0-52181640- 8, 1012 pp, Cambridge University Press, Cambridge.

- Taşcı N. 2024. Papart Yaylası ve Çevresi (Artvin) Briyofit Florası. Yüksek Lians Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Townsend C.C. 2005. Mosses from the Caucasian region and eastern Turkey. *Journal of Bryology*, 27: 2, 143-152.
- 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.
- URL-1. Google Earth. <https://earth.google.com/web/> [Erişim: 01 Kasım 2024].
- Uyar G. Ören M. 2013. Three remarkable new moss remarkable new moss records for South-West Asia from northern Turkey. 37: 363-368.



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

DOI: 10.26672/anatolianbryology.1568999

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



Mnium hornum ve *Mnium lycopodioides* Türlerinin Biyoaktif Bileşikleri ve Antioksidan Kapasiteleri

Yeliz ÇAKIR SAHİLLİ¹ , Mevlüt ALATAŞ¹ *

¹Munzur Üniversitesi, Tunceli Meslek Yüksekokulu, Tunceli, TÜRKİYE

Received: 17 October 2024

Revised: 23 October 2024

Accepted: 01 November 2024

Öz

En eski karasal bitkiler olan briyofitler, biyoaktif bileşikleri ve terapötik potansiyelleri açısından tohumlu bitkilere göre nispeten daha az incelenmişlerdir. Bu çalışmada, akrokarp karayosunlarından *Mnium hornum* Hedw. ve *Mnium lycopodioides* Schwägr türlerinin biyoaktif bileşikleri (toplam fenolik ve flavonoid içeriği, askorbik asit içeriği, karotenoid içeriği, nitrik oksit süpürme ve deoksiriboz bozunma aktivitesi) ve antioksidan kapasiteleri (ferrik indirgeyici/antioksidan güç) araştırılmıştır. Araştırma sonucunda, önemli miktarda toplam flavonoid ve fenolik içerdiği belirlenen türler, potansiyel antioksidan ajanlar olarak öngörülmüştür.

Anahtar kelimeler: Antioksidan, Briyofit, Kimyasal analiz, *Mnium*

Bioactive Compounds and Antioxidant Capacities of *Mnium hornum* and *Mnium lycopodioides*

Abstract

Bryophytes, the oldest terrestrial plants, have been studied less than seed plants in terms of their bioactive compounds and therapeutic potential. In this study, the bioactive compounds (total phenolic and flavonoid content, ascorbic acid content, carotenoid content, nitric oxide scavenging and deoxyribose degradation activity) and antioxidant capacities (ferric reducing/antioxidant power) of acrocarp mosses *Mnium hornum* Hedw. and *Mnium lycopodioides* Schwägr. were investigated. As a result of the study, the species determined to contain significant amounts of total flavonoids and phenolics were predicted to be potential antioxidant agents.

Keywords: Antioxidant, Bryophyte, Chemical analysis, *Mnium*

* Corresponding author: mevlutalatas@hotmail.com

To cite this article: Çakır Sahilli Y., Alataş M. 2024. *Mnium hornum* ve *Mnium lycopodioides* Türlerinin Biyoaktif Bileşikleri ve Antioksidan Kapasiteleri. *Anatolian Bryology*. 10:2, 152-157.



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

1. Giriş

Briyofitler karasal bitkilerin en eski grubudur ve çeşitlilik açısından kapalı tohumlulardan sonra ikinci sırada yer alırlar (Asakawa ve ark., 2013). Morfolojik olarak daha az karmaşık olan bu organizmalar, neredeyse her yerde bulunur ve nemli yerlerde hasır oluşturarak koloniler halinde büyürler. Yaşamları boyunca biyotik stres de dahil olmak üzere olumsuz iklim koşullarına maruz kalmalarına rağmen hayatta kalabilmektedirler. (Whitehead ve ark., 2018). Bu etkileşimler, hayatta kalma stratejisi olarak çeşitli ikincil metabolitlerin üretiminde/evriminde ayrılmaz bir rol oynamış olmalıdır (Chen ve ark., 2018; Alataş ve Ursavaş, 2019).

Briyofit biyokimyası ile ilgili yapılan çalışmalarda, bu bitkilerin yapılarında; çeşitli terpenoidler, flavonoidler, fenolik türevler, asetojeninler, vitaminler, lipidler, bazı azot içeren aromatik bileşikler ve alkaloidlerin varlığına dair raporlar bulunmaktadır (Elibol ve ark., 1998; Marko ve ark., 2001; Asakawa ve ark., 2013; Çöteli ve ark., 2017; Martínez-Abaigar ve Núñez-Olivera, 2021; Marques ve ark., 2021; Demirbağ ve ark., 2022; Çakır Sahilli ve Alataş, 2024). Briyofitlerde, yüksek oranda bulunan doymamış yağ asitleri insan vücudunda antioksidan olarak önemli rol oynayabilir (Ichikawa ve ark., 1983; Tedone ve ark., 2011). Dahası, karayosunlarının antioksidan kapasitesinin bazı yüksek bitkilerden daha fazla olduğu bilinmektedir (Türker ve Ünal, 2020).

Dünya genelinde, özellikle gelişmiş ülkelerde ve Türkiye'de antioksidan değeri yüksek bitkilere giderek artan ilgiden (Okan ve ark., 2019) yola çıkarak yaptığımız bu çalışmada, akrokarp karayosunlarından *Mnium hornum* Hedw. ve *Mnium lycopodioides* Schwägr. türlerinin biyoaktif bileşikleri ve antioksidan potansiyelleri araştırılmıştır.

2. Materyaller ve Metodlar

2.1. Bitki materyali ve ekstraksiyon işlemi

Araştırma materyalleri, Henderson (1961) kareleme sistemine göre Türkiye'de A4-A5 kareleri içerisinde bulunan Karçal Dağları (Artvin)'ndan toplanmıştır. Genellikle nemli ve gölgeli ormanlık alanlarda yayılış gösteren (Smith,

2004) bu türlerden; *M. hornum* nemli kaya ve toprak (2 ve 3. lokalite), *M. lycopodioides* ise toprak (1. lokalite) üzerinden alınmıştır (Tablo 1).

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

2.2. Toplam fenolik içerik

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

2.3. Toplam flavonoid içeriği

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

2.4. Askorbik asit içeriği

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

Tablo 1. Lokalite Bilgileri

Lokalite No	Yükseklik (m)	Tarih	GPS Kaydı	Lokalite
1	846	27.05.2022	(37T) 0735981D, 4569823K	Bakırköy
2	1750	29.05.2022	(37T) 0745812D, 4579477K	Balcı Köyü Girişi
3	1550	29.05.2022	(37T) 0744667D, 4579143K	Çermik Balcı Yaylası Arası

2.5. Karotenoid içeriği

Metanolik bitki ekstraktı bir ayırma hunisinde petrol ile karıştırılmıştır. Eter tabakası toplandı ve vakumda buharlaştırıldı. Kalıntı etanolde çözüldü ve % 60 sulu KOH ile karıştırıldı ve bir gece bekletildi. Ayrıca, eşit miktarda su ilave edildi ve petrol eteri ile iki kez bölündü. Faz toplandı ve buharlaştırıldı. Kalıntı 450 nm'de spektrofotometrik tahmin için etanol içinde çözüldü. Karotenoid içeriği de De Carvalho ve ark. (2012) tarafından önerildiği şekilde hesaplanmıştır.

2.6. Ferrik indirgeyici/antioksidan güç deneyi

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

2.7. Nitrik oksit süpürme deneyi

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

2.8. Deoksiriboz bozunma aktivitesi

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

içeren bir köre karşı 532 nm'de ölçülmüştür. Sonuçlar IC50 (µg/ml) olarak ifade edilmiştir.

3. Sonuçlar ve Tartışma

3.1. TPC ve TFC

Fenolik bileşiklerin antioksidan potansiyeli nörodejeneratif, peptik ülser, diyabet, inflamasyon, kanser, kardiyak bozukluklar ve yaşlanma gibi çok çeşitli hastalıklara karşı iyi bir şekilde araştırılmıştır. Fenoliklerin insan sağlığı üzerindeki çeşitli etkileri temel olarak serbest radikalleri temizleme, redoks aktif metal iyonlarını şelatlama, gen ekspresyonunu düzenleme ve sinyal iletim yollarını modüle etme yeteneklerine bağlanmaktadır (Soobrattee ve ark., 2005). Çalışmamızda, TPC değerleri birbirine yakın bulunmuştur ~12 mg GAE/g KA (Tablo 2). TFC örneklerde 0,56ve 0,88 mg QE/g KA olarak bulunmuştur (Tablo 2). Chobot ve ark. (2006) *D. scoparium* Hedw. 'da oldukça düşük bir TPC seviyesi (%3,8) bildirmiştir. *Bryum capillare* Hedw.'de TPC 23,26 mg/g olarak bulunmuştur (Onbasli ve Yuvali 2021). Bazı raporlar karayosunlarında mevcut çalışmaya kıyasla daha yüksek (Wang ve ark., 2017) ve diğerleri daha düşük TFC (Karim ve ark., 2014) bildirilmiştir.

3.2. Askorbik asit ve karotenoid içerikleri

Askorbik asit içeriği *M. hornum* 'da (21 µg/g), *M. lycopodioides* 'da (19 µg/g) gözlenmiştir (Tablo 2). *B. capillare*'de 1.87 µg/ml askorbik asit bildirmiştir. *B. moravicum* Podp. 'da ise askorbik asit içeriği mg ekstrakt başına 84,56 µg olarak değerlendirilmiştir (Pejin ve ark., 2013). Askorbik asit temel bir vitamindir ve bu nedenle dışarıdan takviyesi kaçınılmaz hale gelir. Aynı zamanda birçok enzim için kofaktör görevi görür ve kolajen sentezinde, karaciğerdeki detoksifikasyon sürecinde önemli bir rol oynar ve bağışıklık sistemini tetikler. Serbest radikalleri nötralize etmede etkilidir ve E vitaminini yeniden üretir, böylece singlet (tekli) oksijen ve peroksil radikalini temizler (Percival, 1998). Dahası, askorbik asit diferansiyel gen ifadesini etkileyerek DNA ve proteinlerin oksidasyon aracılı hasarını önlemeye yardımcı olur (Granger ve Eck., 2018). COVID-19'un yönetiminde C vitamininin olası kullanımı da bildirilmiştir (Quiles ve ark., 2020). Karotenoid içeriği *M. hornum* 'da 5.12 *M. lycopodioides* 'de 4.96 µg/g KA olarak bulunmuştur (Tablo 2).

Tablo 2. *M. hornum*, *M. lycopodioides* türlerindeki çeşitli fitometabolitlerin miktarları (a TPC ve TFC değerleri mg/g ± SD cinsinden ortalama değer, b Askorbik asit ve karotenoid içeriği değerleri ise ortalama değer µg/g ± SD olarak verilmiştir).

Briyofitler	TCP ^a	TFC ^a	Askorbik asit ^b	Karotenoid ^b
<i>M. hornum</i>	11,82± 0,26	0,88±0,05	21±0,54	5,12±0,07
<i>M. lycopodioides</i>	11,46± 0,21	0,56±0,05	19±0,32	4,96±0,05

Fontinalis antipyretica Hedw. bitkisinde karotenoid içeriği 2,2 mg/g olarak bulunmuştur (Cruz De Carvalho ve ark., 2019). Karotenoidlerin A vitamininden daha iyi antioksidanlar olduğu bildirilmiştir. Kardiyovasküler ve nörolojik bozukluklar, kanser ve gözle ilgili bozukluklar gibi hastalıkların önlenmesinde oldukça etkilidirler (Rao ve Rao, 2007). Tekli oksijenin en etkili temizleyicilerinden biri olan karotenoidler, DNA, protein ve lipitleri reaktif oksijen türlerinin olumsuz etkilerinden korur (Edge ve ark., 1997; Vats ve Gupta, 2017).

3.3. Antioksidan testleri

NOSA *M. hornum* 'da (IC50: 768 µg/ml) ve *M. lycopodioides* 'de (IC50: 735 µg/ml; Tablo 3) gözlenmiştir. NOSA'da nitrit iyonları nitrik oksit oksijen ile reaksiyonu sonucu oluşur (Badami ve ark. 2003). NO önemli bir sinyal molekülüdür, ancak aşırı üretimi inflamasyon ve kanser gibi hastalıkların oluşumunda rol oynar (Ricciardolo ve ark., 2004). Ayrıca, NO'nun süperoksit anyonu ile reaksiyonu peroksinitrit üretir ve bu da doku sistemleri üzerinde kötü etkiye sahiptir (Halliwell, 1997).

FRAP değeri *M. hornum* 'da 946 µM, *M. lycopodioides* 'de 954 µM olarak gözlenmiş olması türlerin güçlü bir antioksidan aktivite sergilediklerini göstermektedir (Tablo 3). Manoj ve Murugan (2012) *Psychotria beddomei* Deb & M.G.Gangop. ekstraktının FRAP değerini 496,8 ± 0,26 µmol FeSO₄/g kuru ağırlık olarak bildirmiştir. FRAP değerleri, ekstrakttaki biyoaktiflerin ferrik iyonları etkili bir şekilde azalttığını ortaya koymaktadır. Dolayısıyla, bu bileşikler serbest radikallerin kararlı ürünlere dönüştürülmesine yardımcı olacak ve aynı zamanda serbest radikaller tarafından başlatılan zincirleme reaksiyonları engelleyecek potansiyel antioksidanlar olarak hizmet edebilir (Mitra, 2020).

DDA antioksidan potansiyel *M. hornum* 'da ve *M. lycopodioides* 'de sırasıyla (IC50: 805 ve 758

µg/ml) tespit edilmiştir (Tablo 3). Hidroksil radikalleri belirli proteinlerdeki disülfid bağlarını azaltarak genel yapılarını olumsuz yönde etkiler. Bu durum kanser, nörolojik hastalıklar gibi çeşitli hastalıkların patojenitesini etkiler (Lipinski, 2011). Askorbik asidin hidroksil radikallerini inhibe ettiği bildirilmiştir (Noda ve ark., 1997).

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

Sonuç olarak, bu çalışmadaki *Mnium hornum* ve *Mnium lycopodioides* ekstraktları antioksidan ajan olarak önemli bir potansiyel göstermiştir. Elde edilen sonuçlar, özellikle ilaç, kozmetik ve gıda endüstrilerinde kullanılabilir biyoaktif bileşiklerin daha fazla araştırılması gerektiğini vurgulamaktadır.

Tablo 3. *M. hornum*, *M. lycopodioides* türlerinin antioksidan potansiyelleri (Değerler ortalama ± SD olarak verilmiştir).

Briyofitler	NOSA (µg/ml)	DDA (µg/ml)	FRAP (µM)
<i>M. hornum</i>	768±6,01	805±4,00	946±10,26
<i>M. lycopodioides</i>	735±5,12	758±2,00	954±12,41

Deklarasyon

Yazar katkıları

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

Çıkar çatışması

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

Finansman

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

Etik onay

Bu araştırma, insan veya hayvan deneklerini içermektedir ve bu nedenle etik onay gerektirmemektedir

Kaynaklar

AOAC. 1990. Official methods of analysis of the Association of Official Analytical Chemists. Vol. 15., Association of Official Analytical Chemists. Washington DC.

Alataş M. Ursavaş S. 2019. Palu İlçesi (Elazığ/Türkiye) briyofit florası. *Biological Diversity and Conservation*. 12:1, 81-88.

Asakawa Y. Ludwiczuk A. Nagashima F. 2013. Chemical constituents of bryophytes: bio- and chemical diversity, biological activity, and chemosystematics. Springer-Verlag. Vienna.

Badami S. Moorkoth S. Rai S.R. Kannan E. Bhojraj S. 2003. Antioxidant activity of *Caesalpinia sappan* heartwood. *Biol Pharm Bull*. 26:11, 1534-1537.

Chen F. Ludwiczuk A. Wei G. Chen X. Crandall-Stotler B. Bowman JL. 2018. Terpenoid secondary metabolites in bryophytes: chemical diversity, biosynthesis and biological functions. *Crit Rev Plant Sci*. 37:2-3, 210-231.

Chobot V. Kubicová L. Nabbout S. Jahodár L. Vytlačilová J. 2006. Antioxidant and free radical scavenging activities of five moss species. *Fitoterapia*. 77:7-8, 598-600.

Cruz De Carvalho R. Branquinho C. Marques Da Silva J. 2019. Desiccation rate affects chlorophyll and carotenoid content and the recovery of the aquatic moss *Fontinalis antipyretica* (Fontinalaceae). *Hattoria*. 10: 53-60.

Çakır Sahilli Y. Alataş M. 2024. Antioxidant Activity and Some Chemical Composition of *Polytrichum piliferum* Hedw. Extracts. *Anatolian Bryology*. 10:1, 58-66.

Çöteli E. Alataş M. Batan N. Hazer Y. 2017. Comparing of Glutathione Ingredients of Some Species in Bryaceae Family. *Anatolian Bryology*. 5: 15-21.

De Carvalho L.M.J. Gomes P.B. de Oliveira Godoy R.L. Pacheco S. do Monte P.H.F. de Carvalho J.L.V. Nutti M.R. Neves A.C.L. Vieira A.C.R.A. Ramos S.R.R. 2012. Total carotenoid content, α -carotene and β -carotene, of landrace pumpkins (*Cucurbita moschata* Duch): a preliminary study. *Food Res Int*. 47:2, 337-340.

Demirbağ M. Yıldırım M. Batan N. Yılmaz Ö. Emre İ. Alataş M. 2022. The Biochemical Properties of Some Species of *Dicranum* Hedw. *Anatolian Bryology*. 8:2, 140-148

Edge R. McGarvey D.J. Truscott TG. 1997. The carotenoids as anti-oxidants-a review. *J Photochem Photobiol B*. 41:3, 189-200.

Elibol B. Ezer T. Kara R. Yuvalı Çelik G. Çolak E. 1998. Antifungal and antibacterial effects of some acrocarpic mosses. *Afr J Biotechnol*. 10: 986-989.

Granger M. Eck P. 2018. Dietary vitamin C in human health. *Adv Food Nutr Res*. 83, 281-310.

Halliwell B. 1997. Antioxidants and human disease: a general introduction. *Nutr Rev*. 55, 44-49.

Halliwell B. Gutteridge J.M.C. Aruoma OI. 1987. The deoxyribose methods: a simple "test-tube" assay for determination of rate constants for reactions of hydroxyl radicals. *Anal Biochem*. 165:1, 215-215.

Henderson D.M. 1961. Contribution to the Bryophyte Flora of Turkey: IV. Notes from Royal Botanic Garden Edinburgh. 23: 263-278.

Ichikawa T. Namikawa M. Yamada K. Sakai K. Kondo K. 1983. Novel cyclopentenonyl fatty acids from mosses, *Dicranum scoparium* and *Dicranum japonicum*. *Tetrahedron Letter*. 24, 3337-3340.

Karim F.A. Suleiman M. Rahmat A.S. Bakar M.A. 2014. Phytochemicals, antioxidant and antiproliferative properties of five moss species from Sabah, Malaysia. *Int J Pharm Pharm Sci*. 6:2 92-297.

Lipinski B. 2011. Hydroxyl radical and its scavengers in health and disease. *Oxid Med Cell Longev*. 2011, 809696.

Manoj G.S. Murugan K. 2012. Phenolic profiles, antimicrobial and antioxidant potentiality of methanolic extract of a liverwort,

- Plagiochila beddomei Steph. Ind J Nat Prod Resour. 3:2, 173-183.
- Marko S. Aneta B. Dragoljub G. 2001. Bryophytes as a potential source of medicinal compounds. Pregledni Clanak. 21: 17-29.
- Marques R.V. Guillaumin A. Abdelwahab A.B. Salwinski A. Gotfredsen C.H. Bourgaud F. Enemark-Rasmussen K. Miguel S. Simonsen H.T. 2021. Collagenase and tyrosinase inhibitory effect of isolated constituents from the moss *Polytrichum formosum*. Plants. 10:7, 1271.
- Martínez-Abaiagar J. Núñez-Olivera E. 2021. Novel biotechnological substances from bryophytes. In: Sinha R.P. Häder D.P. eds. Natural bioactive compounds. Academic Press. Cambridge. pp. 233-248.
- Mitra A.K. 2020. Antioxidants: a masterpiece of mother nature to prevent illness. J Chem Rev. 2:4, 243-256.
- Noda Y. Anzai K. Mori A. Kohno M. Shinmei M. Packer L. 1997. Hydroxyl and superoxide anion radical scavenging activities of natural source antioxidants using the computerized JES-FR30 ESR spectrometer system. TBMB. 42:1, 35-44.
- 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.
- Onbasli D. Yuvali G. 2021. In vitro medicinal potentials of *Bryum capillare*, a moss sample, from Turkey. Saudi J Biol Sci. 28:1, 478-483.
- Pejin B. Bogdanovic-Pristov J. Pejin I. Sabovljevic M. 2013. Potential antioxidant activity of the moss *Bryum moravicum*. Nat Prod Res. 27:10, 900-902.
- Percival M. 1998. Antioxidants. Clin Nutr Insights. 1098, 54-58.
- Quiles J.L. Rivas-García L. Varela-López A. Llopis J. Battino M. Sánchez-González C. 2020. Do nutrients and other bioactive molecules from foods have anything to say in the treatment against COVID-19? Environ Res. 191: 110053.
- Rao A.V. Rao L.G. 2007. Carotenoids and human health. Pharmacol Res. 55:3, 207-216.
- Ricciardolo F.L. Sterk P.J. Gaston B. Folkerts G. 2004. Nitric oxide in health and disease of the respiratory system. Physiol Rev. 84:3, 731-765.
- Ross J.A. Kasum C.M. 2002. Dietary flavonoids: bioavailability, metabolic effects, and safety. Annu Rev Nutr. 22, 19-34.
- Smith A.J.E. 2004. The Moss Flora of Britain and Ireland. Cambridge Univ. Press. Cambridge.
- Soobrattee M.A. Neergheen V.S. Luximon-Ramma A. Aruoma O.I. Bahorun T. 2005. Phenolics as potential antioxidant therapeutic agents: mechanism and actions. Mutat Res. 579:1-2, 200-213.
- 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.
- Türker H. Ünal B.T. 2020. Bryophytes as the potential source of antioxidant. Anatolian Bryology. 6:2, 129-137.
- Vats S. 2016. Effect of initial temperature treatment on phytochemicals and antioxidant activity of *Azadirachta indica* A. Juss. Appl Biochem Biotechnol. 178:3, 504-512.
- Vats S. Gupta T. 2017. Evaluation of bioactive compounds and antioxidant potential of hydroethanolic extract of *Moringa oleifera* Lam. from Rajasthan, India. Physiol Mol Biol Plants. 23:1, 239-248.
- Wang X. Cao J. Dai X. Xiao J. Wu Y. Wang Q. 2017. Total flavonoid concentrations of bryophytes from Tianmu Mountain, Zhejiang Province (China): phylogeny and ecological factors. PloS One. 12:3, e0173003.
- Whitehead J. Wittemann M. Cronberg N. 2018. Allelopathy in bryophytes-a review. Lindbergia. 41:1, 01097.
- Yen G.C. Duh P.D. Tsai H.L. 2002. Antioxidant and pro-oxidant properties of ascorbic acid and gallic acid. Food Chem. 79:3, 307-313.
- Young A. Lowe G.L. 2018. Carotenoids-antioxidant properties. Antioxidants (Basel). 7:2, 28-31.



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

DOI: 10.26672/anatolianbryology.1575338

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



Rediscovering Harmankaya: A Critical Habitat for Bryophyte Biodiversity in Zonguldak, Türkiye

Ayşe Dilek UNAN^{1,2} *, Selin BAY¹ , Nisanur TÜRE¹ , Muhammet ÖREN^{1,2} 

¹Zonguldak Bülent Ecevit University, Faculty of Science, Biology Department, 67100, Zonguldak, TÜRKİYE

²Zonguldak Bülent Ecevit University Bryophyte Herbarium (ZNG), 67100, Zonguldak, TÜRKİYE

Received: 29 October 2024

Revised: 24 November 2024

Accepted: 25 November 2024

Abstract

This study investigates the bryophyte biodiversity of Harmankaya Waterfalls Nature Park in Zonguldak, Türkiye, an area with critical biological significance for hornworts and other bryophyte species. Fieldwork conducted in 2023-2024 documented bryophyte diversity across three environmental zones based on substrate-water interaction levels. A total of 164 bryophyte taxa were identified, including 3 hornwort, 39 liverwort, and 122 moss taxa, with 32 new records for the Zonguldak bryoflora. Bryodiversity was assessed using the Shannon diversity index, revealing that Zone II, characterized by a mix of aquatic, semi-aquatic, and terrestrial taxa, exhibited the highest diversity. This study highlights the need for enhanced conservation strategies for Harmankaya due to increasing anthropogenic pressures from recreational activities, underscoring the importance of reevaluating its protected status.

Keywords: Bryodiversity, Conservation areas, Harmankaya Waterfalls, Türkiye, Zonguldak

Harmankaya'yı Yeniden Keşfetmek: Zonguldak, Türkiye'de Briyofit Biyoçeşitliliği İçin Kritik Bir Habitat

Öz

Bu çalışma briyofitler, özellikle boynuzotları için kritik bir öneme sahip olan Zonguldak Harmankaya Şelaleleri Tabiat Parkı'nın briyofit biyoçeşitliliğini incelemektedir. 2023-2024 yılları arasında yürütülen arazi çalışmalarında su ile ilişkileri açısından üç çevresel zonda değerlendirilen substratlardaki briyofit örnekleri toplanmıştır. Alandan 3 boynuzotu, 39 ciğerotu ve 122 karayosunu olmak üzere toplam 164 briyofit taksonu tanımlanmış olup, Zonguldak briyoflorası için 32 yeni taksonun kaydı verilmiştir. Shannon çeşitlilik indeksi kullanılarak alanın biyoçeşitliliği değerlendirilmiş ve sucul, yarı sucul ve karasal taksonların bir karışımı ile karakterize edilen Bölge II'nin en yüksek çeşitliliğe sahip olduğu ortaya çıkarılmıştır. Çalışma, rekreasyonel faaliyetlerden kaynaklanan artan antropojenik baskılar nedeniyle Harmankaya Şelaleleri için koruma stratejilerinin geliştirilmesine duyulan ihtiyacı vurgulayarak, alanın koruma statüsünün yeniden değerlendirilmesinin önemini vurgulamaktadır.

Anahtar kelimeler: Briyolojik çeşitlilik, Harmankaya Şelaleleri, Korunan alanlar, Türkiye, Zonguldak

* Corresponding author: a.dilek.ozcelik@gmail.com

To cite this article: Unan A.D. Bay S. Türe N. Ören M. 2024. Rediscovering Harmankaya: A Critical Habitat for Bryophyte Biodiversity in Zonguldak, Türkiye. *Anatolian Bryology*. 10:2, 158-168.



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

1. Introduction

Conservation biology is a scientific field that focuses on species, communities, and ecosystems impacted by various factors, especially anthropogenic activities. Its primary objective is to develop guidelines and strategies for preserving biological diversity (Soulé, 1985). It is widely recognized that identifying and maintaining protected areas is crucial for safeguarding wildlife and global biodiversity, as these areas serve as refuges for endangered species (Chape et al., 2005; Gaston et al., 2008; Ament and Cumming, 2016; Sarıoğlu et al. 2017). As of July 2024, around 16.11% of the Earth's surface is currently within protected area boundaries (URL 1). However, the concept of the "Global Safety Net", which has gained significant traction in recent years, suggests expanding the existing protected areas to encompass an additional approximately 35.3% of the Earth's surface to limit global warming to 1.5-2°C and mitigate further biodiversity loss (Dinerstein et al., 2019, 2020; Finkelstein et al., 2023).

Türkiye is considered a "Biodiversity Hotspot" due to its hosting of over 11,000 vascular plant species, emphasizing the ongoing conservation efforts in the country (Unan et al., 2021; Borelli et al., 2022). Türkiye's terrestrial surface area designated as protected currently stands at 7.77% (URL 2.), which falls significantly short of the Aichi Targets' goal of 17% (URL 3). In the country, four types of protected areas exist, ranked in decreasing order of importance: national parks, nature reserves, nature parks, and natural monuments (URL 4). Until 2010, Türkiye had 40 nature parks (Sarıoğlu et al. 2017). However, in 2011, the status of nature parks was extended to 138 recreation areas, bringing a total of 178. By 2021, this number had grown to 259. This rapid expansion of nature parks has led to a shift in focus towards recreational use rather than prioritizing biodiversity and ecosystem protection (Atmiş and Artar, 2013; Atmiş, 2018; Atmiş et al., 2020). However, there is still substantial potential for biodiversity conservation in all kinds of protected areas. The Harmankaya Waterfalls, within the borders of Zonguldak province, the subject of this study, exemplifies this situation. Originally designated as a natural monument in 2019, its status was later downgraded to that of a nature park (URL 5). This study aims to uncover the bryophyte biodiversity of this waterfall system, which remains a crucial area for biological diversity, especially in terms of bryophytes, despite being classified as having the lowest conservation status.

2. Materials and Methods

2.1. Study area

Harmankaya Stream is situated within the borders of Zonguldak province in northwestern Türkiye, lying between latitudes 41.3833°N and 41.4167°N, and longitudes 31.8167°E and 31.8500°E. This stream, which is a second-order tributary of the Üzülmöz Stream, extends for 5,200 meters and flows through a karst landscape composed of carboniferous rocks (Küçükali et al., 2006). Harmankaya Waterfalls Nature Park, situated along the Harmankaya Stream, features seven waterfalls and spreads across a forested mountain basin of approximately 158 hectares (The Ministry of Agriculture and Forestry, n.d). This basin, characterized by significant precipitation, is classified under the Cfa (subtropical climate) zone according to the Köppen classification (URL 6). The park is populated by beech (*Fagus orientalis* Lipsky), hornbeam (*Carpinus betulus* L.), chestnut (*Castanea sativa* Mill.), and fir (*Abies nordmanniana* subsp. *equi-trojani* (Asch. & Sint. ex Boiss.) Coode & Cullen) forests throughout its expanse.

2.2. Field excursions, specimen collection, and identification

Field excursions were conducted in the study area between 2023 and 2024, with coordinate information about the sample collection locations provided in Table 1. The substrates from which the samples were collected were categorized into three zones based on structure of the area (Figure 1). Zone I comprises substrates situated on both sides of the hiking trail that are not in direct contact with water. Zone II includes substrates periodically exposed to water, particularly influenced by the rising Harmankaya stream during heavy rains and snowmelt. Zone III encompasses substrates situated within the stream bed, in continuous contact with water throughout most of the year. Bryophyte samples were collected from these zones in quantities that would not disturb the population dynamics of the colonies, and they were identified at the Bryophyte Research Laboratory of Zonguldak Bülent Ecevit University. Identification was conducted using the flora of countries with climates similar to Türkiye (e.g Smith, 1996, 2004; Paton, 1999; Frey et al., 2006), along with relevant revisions and monographs (e.g Lara et al., 2009; Orgaz et al., 2012, 2013). The identified samples were then processed into herbarium specimens and archived at the Zonguldak Bülent Ecevit University Bryophyte Herbarium (ZNG).

Table 1. Sampling localities.

No	Coordinates	Altitude (m)	No	Coordinates	Altitude (m)
1	41.424167°N 31.818333°E	90	5	41.417833°N 31.829556°E	143
2	41.422722°N 31.818722°E	95	6	41.415972°N 31.829972°E	335
3	41.421139°N 31.820444°E	137	7	41.415139°N 31.832444°E	336
4	41.418667°N 31.829472°E	222	8	41.406361°N 31.840139°E	340

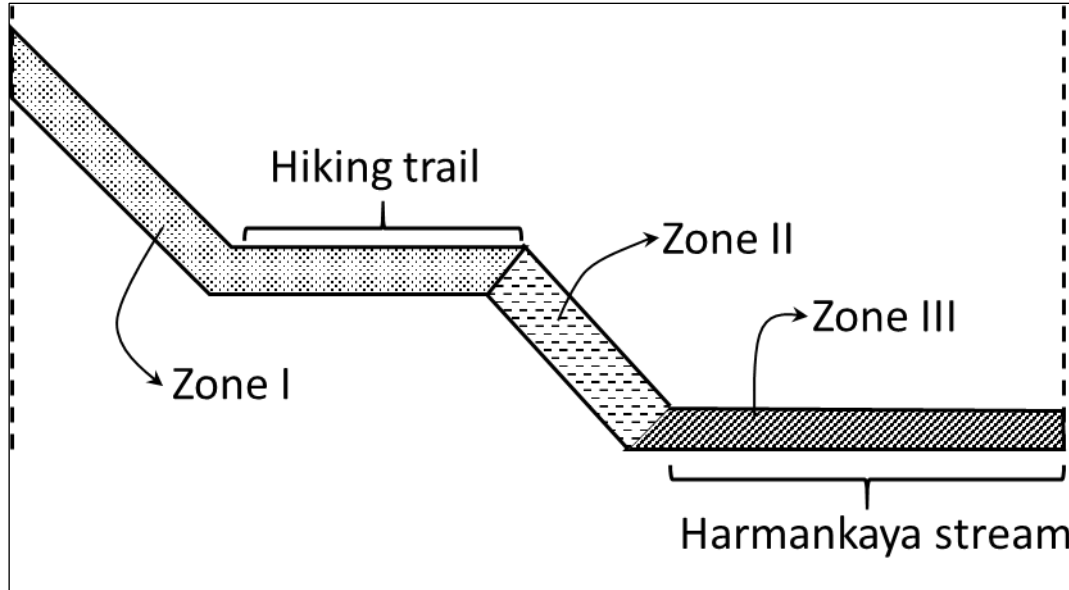


Figure 1. Substrate categories.

3. Results

3.1. Floristic list

Field excursions and subsequent identification revealed a diverse array of bryophytes in the study area: 3 hornwort taxa from 2 families, 39 liverwort taxa from 22 families, and 122 moss taxa from 31 families, totaling 164 distinct taxa. The floristic list, taxonomically validated by Hodgetts et al. (2020),

is shown in Table 2, in which author names have been excluded to conserve space. Notably, the list includes 8 liverwort, 1 hornwort, and 23 moss taxa recorded for the first time for the Zonguldak bryoflora (Ören et al., 2016; Kürschner and Erdağ, 2021); these new records are marked with an asterisk (*).

Table 2. Floristic list. Sub.: Substrate type, M: Moss, R: Rock, S: Soil, T: Tree, W: Woody material.

MARCHANTIOPHYTA				
Family	Taxon	Locality Nr.	Zone	Sub.
Aneuraceae	<i>Riccardia chamedryfolia</i>	5	III	W
	* <i>Riccardia multifida</i>	2	I	S
	<i>Riccardia palmata</i>	3, 5	II, III	W
Aytoniaceae	<i>Reboulia hemisphaerica</i>	1, 2, 5	II, III	R, S
Calypogeiaceae	<i>Calypogeia fissa</i>	1, 2, 8	I, II	R, S
Cephaloziaceae	<i>Cephalozia bicuspidata</i>	5, 6, 7	I, II	S
	* <i>Fuscocephaloziopsis lunulifolia</i>	3, 4	II	R, W
Cephaloziellaceae	<i>Cephaloziella dentata</i>	1	II	S
	<i>Cephaloziella divaricata</i>	5, 7	II	R, S
	* <i>Cephaloziella rubella</i>	2	I	R
	<i>Cephaloziella turneri</i>	1, 5, 6, 7	I, II	R, S
Conocephalaceae	<i>Conocephalum conicum</i>	1, 2, 3, 4, 5, 7	I, II, III	R, S

Family	Taxon	Locality Nr.	Zone	Sub.
Corsiniaceae	<i>Corsinia coriandrina</i>	7, 8	I, II	R, S
Fossombroniaceae	<i>Fossombronia angulosa</i>	4, 6, 8	I, II, III	R, S
Frullaniaceae	<i>Frullania dilatata</i>	2, 3, 4, 5, 6	I, II, III	S, T, W
	<i>Frullania tamarisci</i>	2	I	T
Jubulaceae	<i>Jubula hutchinsiae</i> subsp. <i>caucasica</i>	3, 5, 6	I, II, III	R, W
Jungermanniaceae	* <i>Mesoptychia bantriensis</i>	3	III	R
Lejeuneaceae	<i>Cololejeunea rossettiana</i>	3	II	R
	<i>Lejeunea cavifolia</i>	1, 2, 3, 7	I, II	M, R, S, T, W
Lophocoleaceae	<i>Chiloscyphus polyanthos</i>	1, 2, 4, 5	II, III	R
	<i>Lophocolea heterophylla</i>	1, 2, 3, 4, 5	I, II, III	R, S, T, W
Lophoziaaceae	* <i>Lophozia ventricosa</i>	2	I	R
Lunulariaceae	<i>Lunularia cruciata</i>	2, 5	II, III	R
Metzgeriaceae	<i>Metzgeria conjugata</i>	2, 3, 4, 6, 7	I, II	M, R, S, T
	<i>Metzgeria furcata</i>	1, 2, 4, 5	I, II	S, T, W
Pelliaceae	<i>Apopellia endiviifolia</i>	2, 3, 5, 7, 8	II, III	S, R
Plagiochilaceae	<i>Pedinophyllum interruptum</i>	4	II, III	R
	<i>Plagiochila porelloides</i>	1, 3, 4, 7	II	R
Porellaceae	<i>Porella arboris-vitae</i>	7	I	T
	* <i>Porella obtusata</i>	5	II	W
	<i>Porella platyphylla</i>	4	II	W
Radulaceae	<i>Radula complanata</i>	1, 2, 5, 6	I, II	R, T, W
Ricciaceae	* <i>Riccia glauca</i>	1	I	S
Scapaniaceae	<i>Diplophyllum albicans</i>	1, 2, 3, 5, 6	I, II	S, R
	<i>Scapania irrigua</i>	3, 5	II, III	R
	<i>Scapania nemorea</i>	2	I	R
	* <i>Scapania scandica</i>	3, 5	II, III	R
Southbyaceae	<i>Southbya tophacea</i>	4	II	R
ANTHOCERATOPHYTA				
Family	Taxon	Locality Nr.	Zone	Sub.
Anthocerotaceae	* <i>Anthoceros caucasicus</i>	2	I	S
	<i>Anthoceros punctatus</i>	2	I	S
Notothyladaceae	<i>Phaoceros laevis</i>	2	I, II	R, S
BRYOPHYTA				
Family	Taxon	Locality Nr.	Zone	Sub.
Amblystegiaceae	<i>Amblystegium serpens</i>	2, 3	I, II, III	R, S
	<i>Cratoneuron filicinum</i>	7	III	R
	<i>Palustriella commutata</i>	4	III	R
	<i>Serpoleskea confervoides</i>	2, 5, 6	I, II	R
Anomodontaceae	<i>Anomodon viticulosus</i>	3	II	R
Aongstroemiaceae	* <i>Dichodontium pellucidum</i>	2, 3, 5	I, II, III	R, S
Bartramiaceae	* <i>Bartramia halleriana</i>	8	III	R
	<i>Bartramia pomiformis</i>	1	II	S
	<i>Philonotis capillaris</i>	1, 2, 6, 8	I, II, III	S, R
	* <i>Philonotis marchica</i>	7	III	S
	* <i>Philonotis rigida</i>	2, 6	I	S
	* <i>Plagiopus oederianus</i>	4	II	R
Brachytheciaceae	* <i>Brachytheciastrum olympicum</i>	7	III	R
	<i>Brachythecium rivulare</i>	2	II	R
	<i>Brachythecium rutabulum</i>	2, 3, 5, 8	I, II	R, S, T, W

Family	Taxon	Locality Nr.	Zone	Sub.
Brachytheciaceae	<i>Brachythecium velutinum</i>	1, 2, 3, 4, 8	I, II	R, T, W
	<i>Cirriphyllum crassinervium</i>	2, 4	II, III	R
	<i>Eurhynchium striatum</i>	2, 5	I	S
	<i>Homalothecium lutescens</i>	5	III	W
	<i>Homalothecium sericeum</i>	3, 5, 8	I, II	R, T, W
	<i>Kindbergia praelonga</i>	1, 2, 3	I, II	R, S, T, W
	<i>Microeurynchium pumilum</i>	2, 3, 4	I, II, III	R, S
	<i>Oxyrrhynchium hians</i>	1, 2, 4	I, II, III	R, S
	<i>Palamocladium euchloron</i>	3, 4, 5, 6	I, II	R, S
	<i>Plasteurhynchium meridionale</i>	7	I	R
	<i>Plasteurhynchium striatulum</i>	4	II	R
	<i>Pseudoscleropodium purum</i>	7	I	S
	* <i>Rhynchostegiella curviseta</i>	5	I	R
	<i>Rhynchostegiella teneriffae</i>	4	II, III	R
	<i>Rhynchostegium confertum</i>	1, 2, 5, 7	I, III	R, W
	<i>Rhynchostegium riparioides</i>	2, 3, 5	I, II	R
	<i>Sciuro-hypnum populeum</i>	8	I	R
	<i>Scorpiurium circinatum</i>	2, 7	I, II	S
Bryaceae	<i>Bryum dichotomum</i>	7	I	S
	* <i>Bryum klinggraeffii</i>	1	II	S
	<i>Imbribryum alpinum</i>	4	II	R
	<i>Ptychostomum capillare</i>	8	II	R
	<i>Ptychostomum donianum</i>	1	I	S
	<i>Ptychostomum moravicum</i>	4, 5	II	W
	<i>Ptychostomum pseudotriquetrum</i>	4, 7, 8	II, III	R, S
Dicranaceae	<i>Dicranum scoparium</i>	2	I, II	W
Dicranellaceae	<i>Dicranella heteromalla</i>	1, 2, 5, 6, 7	I, II, III	R, S
	* <i>Dicranella staphylina</i>	7	I	S
Diphysciaceae	<i>Diphyscium foliosum</i>	6	I	S
Ditrichaceae	* <i>Ditrichum heteromallum</i>	2	I, III	R, S
	* <i>Ditrichum pallidum</i>	2	I	S
	<i>Pleuridium acuminatum</i>	1, 7	I	R, S
Encalyptaceae	<i>Encalypta streptocarpa</i>	4	II	R
Fissidentaceae	* <i>Fissidens crassipes</i> subsp. <i>warnstorffii</i>	2, 3	I, III	R, S
	<i>Fissidens dubius</i>	3, 4, 5, 6, 7	I, II, III	R, S, W
	* <i>Fissidens rivularis</i>	2	III	R
	<i>Fissidens taxifolius</i>	2, 3, 4, 5, 7	I, II, III	R, S, W
	<i>Fissidens viridulus</i>	1, 2, 5	I, II, III	R, S
Fontinalaceae	* <i>Fontinalis antipyretica</i>	3	I	R
Funariaceae	<i>Funaria hygrometrica</i>	1, 2	I	S
Grimmiaceae	<i>Schistidium apocarpum</i>	5, 8	I, III	R
	<i>Schistidium crassipilum</i>	8	II	R
	* <i>Schistidium rivulare</i>	2, 3, 4, 5, 7, 8	I, II, III	R
Hookeriaceae	<i>Hookeria lucens</i>	3, 5	I, III	S
Hypnaceae	<i>Hypnum andoi</i>	8	I	R
	<i>Hypnum cupressiforme</i> var. <i>cupressiforme</i>	1, 2, 3, 4, 5, 8	I, II, III	R, S, T, W
	<i>Hypnum cupressiforme</i> var. <i>filiforme</i>	4, 5	II	W

Family	Taxon	Locality Nr.	Zone	Sub.
Lembophyllaceae	<i>Heterocladium heteropterum</i>	2	II, III	R
	<i>Isothecium alopecuroides</i>	2, 5, 6, 7	I, II	R, S, W
	<i>Isothecium myosuroides</i>	1, 2, 3, 6	I, II	T, W
Leucobryaceae	<i>Leucobryum juniperoideum</i>	1, 2, 3, 5, 6	I, II	R, S, W
Leucodontaceae	<i>Leucodon sciuroides</i>	5	II	W
Mniaceae	<i>Epipterygium tozeri</i>	2, 5	I, II, III	R, S
	<i>Mnium hornum</i>	2, 3, 6	I, II, III	R, S
	<i>Mnium spinosum</i>	3	III	S
	<i>Mnium stellare</i>	2, 4	II	R
	<i>Plagiomnium affine</i>	2, 6, 7	I, II, III	R, S
	<i>Plagiomnium elatum</i>	2	I, II	R, W
	<i>Plagiomnium rostratum</i>	4, 5	II, III	R
	<i>Plagiomnium undulatum</i>	2, 3, 5, 7	II, III	R
	* <i>Pohlia cruda</i>	1	II	S
	<i>Pohlia wahlenbergii</i>	2, 4	II, III	R
	<i>Rhizomnium punctatum</i>	2, 5, 6	I, II, III	R, S, T, W
Myuriaceae	<i>Ctenidium molluscum</i>	2, 3, 4, 5, 6, 7, 8	I, II, III	R, W
Neckeraceae	<i>Alleniella besseri</i>	4	II	R
	<i>Alleniella complanata</i>	2, 4, 5, 7	I, II	T, W
	<i>Exsertotheca crispa</i>	3, 4, 5, 6	I, II	R, S, T, W
Neckeraceae	<i>Leptodon smithii</i>	8	2	R
	<i>Pseudanomodon attenuatus</i>	5	II	W
	<i>Thamnobryum alopecurum</i>	1, 2, 3, 4, 5, 7	II, III	R, S
Orthotrichaceae	<i>Lewinskya striata</i>	4	II	W
	<i>Pulviger a lyellii</i>	5	II	W
	<i>Ulota crispa</i>	4, 5	II	W
Plagiotheciaceae	<i>Herzogiella seligeri</i>	5, 6	I, II	R, S
	<i>Plagiothecium cavifolium</i>	2	I	S
	<i>Plagiothecium curvifolium</i>	5, 7	II, III	S, W
	<i>Plagiothecium nemorale</i>	2, 3, 4, 5, 6	I, II, III	R, S, T, W
	<i>Plagiothecium succulentum</i>	2, 4, 6, 7	II, III	R, S
	<i>Pseudotaxiphyllum elegans</i>	1, 2, 3	I, II	R, S, W
Polytrichaceae	<i>Atrichum angustatum</i>	7	II	R, S
	<i>Atrichum undulatum</i>	1, 2, 5	I	R, S
	<i>Pogonatum aloides</i>	1, 2, 7	I, II	R, S
	<i>Polytrichum formosum</i>	1, 2, 6, 7, 8	I, II	R, S
Pottiaceae	<i>Barbula unguiculata</i>	1, 8	I	R, S
	<i>Chionoloma tenuirostre</i>	6	I	R
	<i>Cinclidotus riparius</i>	3	I, II	R
	<i>Dialytrichia mucronata</i>	2	III	R
	* <i>Ephemerum crassinervium</i> subsp. <i>sessile</i>	7	I, II	S
	<i>Eucladium verticillatum</i>	4	II	R
	* <i>Gymnostomum aeruginosum</i>	6	I	S
	<i>Gymnostomum calcareum</i>	4, 8	II	R
	* <i>Gyroweisia tenuis</i>	5, 8	I, III	R
	<i>Tortella squarrosa</i>	8	III	R
<i>Tortella tortuosa</i>	4, 8	II, III	R	

Family	Taxon	Locality Nr.	Zone	Sub.
Pottiaceae	* <i>Tortula inermis</i>	8	I	R
	<i>Tortula muralis</i>	8	I	R
	<i>Tortula truncata</i>	1	I	S
	<i>Trichostomum brachydontium</i>	1, 2, 5, 6, 8	I, II	R, S
	<i>Trichostomum crispulum</i>	3, 4, 8	II, III	R
	* <i>Weissia condensata</i>	4	II	R
	<i>Weissia controversa</i>	1, 6, 8	I	R, S
Pterigynandraceae	<i>Pterigynandrum filiforme</i>	4, 5	II	R, W
Pylaisiaceae	<i>Calliergonella cuspidata</i>	1, 7, 8	II, III	S
	<i>Pylaisia polyantha</i>	5	II	W
Seligeriaceae	* <i>Blindiadelphus recurvatus</i>	8	I, II, III	R
	* <i>Seligeria acutifolia</i>	5	III	R
Tetraphidaceae	<i>Tetraphis pellucida</i>	3	II	W

Based on the floristic list, Zone I contains several aquatic and semi-aquatic taxa, including *Cinclidotus riparius* (Host ex Brid.) Arn., *Conocephalum conicum* (L.) Dumort., *Fissidens crassipes* subsp. *warnstorffii* (M.Fleisch.) Brugg.-Nann., *Fissidens rivularis* (Spruce) Schimp., *Fontinalis antipyretica* Hedw., *Schistidium rivulare* (Brid.) Podp., *Rhynchostegium riparioides* (Hedw.) Cardot, and *Thamnobryum alopecurum* (Hedw.) Gangulee, likely due to the proximity of Harmankaya Stream. Additionally, Zone I includes species associated with moist environments but not strictly aquatic, such as *Dicranum scoparium* Hedw. and *Scapania nemorea* (L.) Grolle. Zone II supports a mix of hydrophilic species and others not closely associated with water, including *Alleniella besserii* (Lobarz.) S.Olsson, Enroth & D.Quandt, *Imbricbryum alpinum* (Huds. ex With.) N.Pedersen, and *Lewinskya striata* (Hedw.) F.Lara, Garilleti & Goffinet. One of the most notable taxon for this zone is *Jubula hutchinsiae* subsp. *caucasica* Konstant. & Vilnet, which is abundant on shaded, horizontal, and moist rocks bordering Harmankaya stream. Zone III also hosts some aquatic taxa, though it predominantly includes terrestrial species, such as *Gyroweisia tenuis* (Hedw.) Schimp., *Homalothecium lutescens* (Hedw.) H.Rob., *Blindiadelphus recurvatus* (Hedw.) Fedosov & Ignatov, *Seligeria acutifolia* Lindb., and *Schistidium apocarpum* (Hedw.) Bruch & Schimp. One notable species identified in this zone is *Diphyscium foliosum* (Hedw.) D. Mohr, which was observed on damp path edges near the exit of the Nature Park, situated away from the main Harmankaya Waterfall system. Another notable taxon recorded in this zone, *Hookeria lucens* (Hedw.) Sm., primarily inhabits shaded, damp soil, consistent with findings from other studies conducted in Zonguldak. Given the area's consistently moist climatic conditions, no true xerophytic species are present (Dierßen, 2001).

3.2. Noteworthy records

3.2.1 Hornworts

As of 2024, four hornwort species (*Anthoceros caucasicus* Steph., *A. punctatus* L., *Phaeoceros laevis* (L.) Prosk., and *Phymatoceros bulbiculosus* (Brot.) Stotler, W.T.Doyle & Crand.-Stotl.) have been documented within the bryoflora of Türkiye (Kürschner and Erdağ, 2021). Studies on Turkish bryophytes typically record one, occasionally two, hornwort species in surveyed areas. However, Harmankaya Waterfalls Nature Park is the first site in Türkiye where three hornwort species (*A. caucasicus*, *A. punctatus*, and *P. laevis*) have been observed co-existing. This nature park provides favorable environmental conditions, particularly the overly wet or waterlogged habitats in which hornworts tend to thrive. The presence of three species within a relatively small area underscores the importance of this area for hornwort conservation in Türkiye. Furthermore, *A. caucasicus*, recorded here, is known from only four other sites in Yalova, Kocaeli, and Rize provinces (Kürschner and Erdağ, 2021). This new record from Zonguldak province partially fills the distribution gap between its known eastern and western ranges. Future bryofloristic surveys in humid regions along this distributional line could further clarify the species' range and enhance resolution of its distribution.

3.2.2 Mosses

Among the 122 moss taxa recorded in the field, several species are particularly noteworthy. Historically, *Brachytheciastrum olympicum* (Jur.) Vanderp. et al. was documented in Türkiye only between 1913 and 1970, with occurrences in the provinces of Bolu, Bursa, İzmir, Denizli, and on Ilgaz and Nemrut Mountains (Kürschner and Erdağ, 2021). This study presents the first contemporary distribution record of *B. olympicum*, expanding its known range. Similarly, *Dicranella staphylina* H. Whitehouse was first documented in Türkiye in

2021 from Bursa and Sakarya provinces, followed by a record from Rize later that year and a subsequent record from Çankırı in 2022 (Ursavaş et al. 2021, Erata et al. 2021; Uyar et al. 2022). This study provides the fourth recorded occurrence of *D. staphylina*, a relatively recent addition to the bryophyte flora of Türkiye.

This study also contributes valuable insights into the distributional range of certain taxa. *Bryum klinggraeffii* Schimp. was previously documented in the provinces of Ardahan, Trabzon, Ankara, Gümüşhane, Iğdır, and Adana (Kürschner and Erdağ, 2021). This research provides the first record of this species in Western and Northwestern Anatolia, advancing understanding of its distribution limits in Türkiye. The initial locality-based record for *Ephemerum crassinervium* subsp. *sessile* (Bruch) Holyoak was from Yalova, although unpublished herbarium records (Naturhistoriska Riksmuseet Herbarium, Herbarium S, URL 7) also note occurrences in Isparta and Muğla provinces. This study provides a second confirmed locality for this taxon with detailed geographic data, extending its known eastern distribution boundary.

In this study, the aquatic taxa *Fissidens crassipes* subsp. *warnstorffii*, *F. rivularis*, *Fontinalis antipyretica* Hedw., and *Schistidium rivulare* (Brid.) Podp. were also recorded for the first time in Zonguldak. While these taxa have been documented across various regions in Türkiye, their absence in

Zonguldak—a province recognized for its extensive river systems—highlights the need for comprehensive bryofloristic surveys within these habitats. Additionally, *Seligeria acutifolia* Lindb. and *Blindia delphus recurvatus* (Hedw.) Fedosov & Ignatov, newly recorded from Zonguldak, are notable for their minute size, which has contributed to their being overlooked in surveys. Their occurrence in shady rock crevices within the study area emphasizes the importance of thoroughly examining such microhabitats in bryophyte studies.

3.3 Biodiversity assessment

The Shannon diversity index (also known as the Shannon–Wiener index, H') (Shannon, 1948) was used to assess biodiversity across zones, collection localities, and substrates in the study area. This index was calculated using the *dplyr* (Wickham et al., 2023) and *vegan* (Oksanen et al., 2022) packages in R version 4.4.1 (R Core Team, 2024). A summary of the H' values is shown in Figure 2.

The analysis of biodiversity indices across the zones revealed that Zone II had the highest index value. This can be attributed to the presence of a wide range of species, including aquatic, semi-aquatic, moisture-loving, and terrestrial ones. In contrast, Zone I primarily supports aquatic and semi-aquatic species, while Zone III is dominated by terrestrial species, resulting in lower Shannon index (H') values for these zones compared to Zone II.

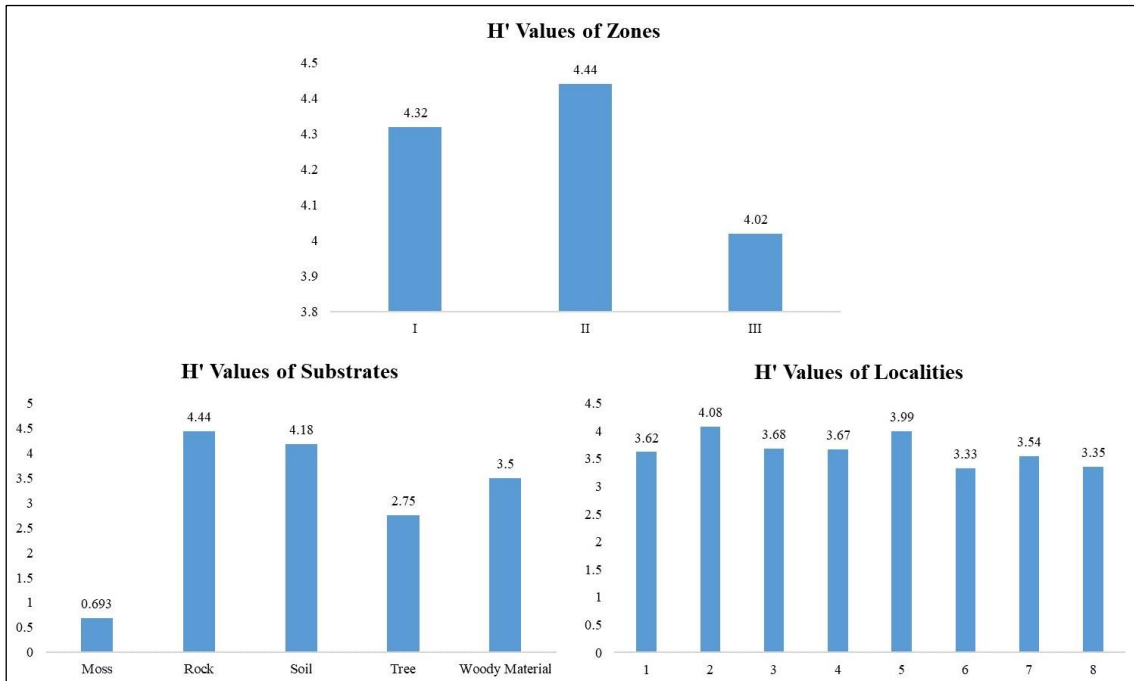


Figure 2. H' values.

Among the substrates, rock supports the richest biodiversity, likely due to its foundational presence in the structure of the area, and its role as a habitat for nearly all species in the region. Since many rock-associated species also interact with soil, the H' value for soil closely approximates that of rock. The high biodiversity index for woody materials is also notable. This is driven by the exclusive presence of taxa such as *Dicranum scoparium* Hedw., *Homalothecium lutescens* (Hedw.) H. Rob., *Hypnum cupressiforme* var. *filiforme* Brid., *Leucodon sciuroides* (Hedw.) Schwägr., *Lewinskya striata* (Hedw.) F. Lara, Garilleti & Goffinet, *Pseudanomodon attenuates* (Hedw.) Ignatov & Fedosov, *Ptychostomum moravicum* (Podp.) Ros & Mazimpaka, and *Pulvigerella lyellii* (Hook. & Taylor) Plášek, Sawicki & Ochyra on logs, which increases the biodiversity value of this substrate.

Regarding locality-specific findings, the H' value at the 2nd station is slightly higher than at other stations. This station is situated where the Üzülmöz Stream intersects the entrance of the nature park, away from the waterfall system. The combination of terrestrial, aquatic, and semi-aquatic species in this location, along with a low water flow rate that enables semi-aquatic species to establish themselves on substrates, likely contributes to its enhanced biodiversity. Nevertheless, the Shannon indices for the stations are generally similar, which may reflect the homogeneous and consistently humid climate of the area.

4. Discussion

Zonguldak has been the focus of numerous bryofloristic studies (Uyar and Çetin, 2006; Alataş et al., 2011, 2015, 2019; Alataş and Batan, 2014; Ören et al., 2015). However, the discovery of 32 new bryophyte taxa in Harmanakaya Waterfalls Nature Park underscores the significance of the park for bryophyte diversity, particularly as the only site in which three hornwort species coexist. These findings suggest that the conservation status of the area warrants re-evaluation. Unfortunately, recreational use of natural parks in Türkiye often does not safeguard the biodiversity they host. In Harmanakaya, where active trekking routes span all zones, increased domestic tourism has heightened anthropogenic pressure on local bryophyte flora. This pressure likely affects all plant, animal, and fungal species, thereby posing an escalating threat to biodiversity. Detailed biological assessments of protected areas across Türkiye are crucial for fully understanding the distribution and conservation needs of numerous species whose status remains unclear.

Declaration

Author contributions

Idea/Concept: ADU, DB, NT, MÖ; Conceptualization and design: ADU, DB, NT, MÖ; Auditing consulting: ADU, DB, NT, MÖ; References: ADU, MÖ; Materials: ADU, MÖ, DB; Data collection and/or processing: ADU, MÖ, DB, NT; Analysis and/or interpretation: ADU, MÖ, DB; Literature search: ADU, MÖ, NT; Writing phase: ADU, MÖ; Critical review: ADU, MÖ, DB, NT.

Conflict of interest

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

Funding

This research was funded by the Scientific and Technological Research Council of Türkiye (TÜBİTAK) under project number 1919B012112480, as part of the 2209-A: Research Project Support Program for Undergraduate Students.

Ethical approval

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

References

- Alataş M. Batan N. 2014. Epiphytic bryophytes and vegetation of the *Platanus orientalis* trees in Zonguldak. *Ekoloji*. 23:91, 52-63.
- Alataş M. Ezer T. Batan N. 2019. Epiphytic bryophyte vegetation of Beldibi and Babadağ forests (Zonguldak, Turkey). *Eurasian Journal of Forest Science*. 7:4, 205-219.
- Alataş M. Kara R. Ezer, T. Uyar G. Batan N. 2015. The epiphytic bryophyte flora and vegetation of Zonguldak Province, Turkey. *Pakistan Journal of Botany*. 47:4, 1439-1449.
- Alataş M. Ören M. Uyar G. 2011. The bryophyte flora in campus center of Zonguldak Karaelmas University. *Journal of Bartın Faculty of Forestry*. 13:20, 38-51.
- Ament J. Cumming G. S. 2016. Scale dependency in effectiveness, isolation, and social-ecological spillover of protected areas. *Conservation Biology*. 30:4, 846-855.
- Atmiş E. 2018. A critical review of the (potentially) negative impacts of current protected area policies on the nature conservation of forests in Turkey. *Land Use Policy*. 70, 675-684.
- Atmiş E. Günşen H.B. Yıldız D. 2020. Tabiat parklarının korunan alan statülerinin

- değerlendirilmesi: Batı Karadeniz örneği. Turkish Journal of Forestry. 21:2, 148-158.
- Atmış E. Artar M. 2013. Türkiye’de Korumadan Kullanmaya Yönelen Doğa Koruma Politikalarının Değerlendirilmesi. 2023’e Doğru 2. Doğa ve Ormancılık Sempozyumu Bildiriler Kitabı. Artar M. Editör. Orman Mühendisleri Odası. Ankara.
- Borelli T. Güzelsoy N.A. Hunter D. Tan A. Karabak S. Uçurum H.Ö. Yetim H. Gebhardt W. Taşcı R. 2022. Assessment of the nutritional value of selected wild food plants in Türkiye and their promotion for improved nutrition. Sustainability. 14:17, 11015.
- Chape S. Harrison J. Spalding M. Lysenko I. 2005. Measuring the extent and effectiveness of protected areas as an indicator for meeting global biodiversity targets. Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences. 360: 1454, 443-455.
- Dierßen K. 2001. Distribution, Ecological Amplitude and Phytosociological Characterisation of European Bryophytes. J. Cramer Publishing Company. Stuttgart.
- Dinerstein E. Joshi A. Vynne C. Lee A.T.L. Pharand-Deschênes F. França M.G.C. Fernando S.A. Birch T. Burkart K. Holland R.A. et al. 2020. A “global safety net” to reverse biodiversity loss and stabilize earth’s climate. Science Advances. 6:36.
- Dinerstein E. Vynne C. Sala E. Joshi A. Fernando S.A. Lovejoy T.E. Mayorga J. Olson D. Asner G.P. Baillie J.E.M. et al. 2019. A global deal for nature: Guiding principles, milestones, and targets. Science Advances. 5:4.
- Erata H. Batan N. Abay G. Özdemir T. 2021. Anzer Vadisi ve Çevresinin Briyofit Florası (İkizdere, Rize). Anatolian Bryology. 7:2, 131-145.
- Finkelstein S.A. Doherty C. Loder A.L. 2023. Safety net Ontario: Ontario’s outsized role in the “global safety net” for climate and biodiversity. Facets. 8, 1-17.
- Frey W. Frahm J. P. Fischer E. Lobin W. 2006. The liverworts, mosses and ferns of Europe. Harley Books. Devon.
- Gaston K. Jackson S. Cantú-Salazar L. Cruz-Piñón G. 2008. The ecological performance of protected areas. Annual Review of Ecology, Evolution and Systematics. 39:1, 93-113.
- Hodgetts N.G. Söderström L. Blockeel T.L. Caspari S. Ignatov M.S. Konstantinova N.A. Lockhart N. Papp B. Schröck C. Sim-Sim M. et al. 2020. An annotated checklist of bryophytes of Europe, Macaronesia and Cyprus. Journal of Bryology. 42:1, 1-116.
- Küçükali S. Çokgör S. Kartal B. 2006. Temporal variation of dissolved oxygen in a mountain stream plunge pool: An example from northern Turkey. In Proceedings of the World Environmental and Water Resources Congress 2006. American Society of Civil Engineers.
- Kürschner H. Erdağ A. 2021. Bryophyte locality data from the Near and Middle East 1775-2019. Hiperyayın. İstanbul.
- Lara F. Garilleti R. Medina R. Mazimpaka V. 2009. A new key to the *Orthotrichum* Hedw. in Europe and the Mediterranean Region. Cryptogamie Bryologie. 30:1, 129-142.
- Oksanen J. Blanchet F.G. Friendly M. Kindt R. Legendre P. McGlinn D. Minchin P.R. O’Hara R.B. Simpson G.L. Solymos P. et al. 2022. vegan: Community Ecology Package. R package version 2.6-4. <https://CRAN.R-project.org/package=vegan>.
- Orgaz J.D. Cano M.J. Guerra J. 2013. Taxonomic revision of *Brachythecium* (Brachytheciaceae, Bryophyta) from the Mediterranean region. Systematic Botany. 38:2, 283-294.
- Orgaz J.D. Cano M.J. Guerra J. 2012. A taxonomic study of genus *Brachythecium* Schimp. (Brachytheciaceae, Bryophyta) in the Mediterranean region. Nova Hedwigia. 95:3, 295-318.
- Ören M. Bozkaya S. Özçelik A.D. Hazer Y. Uyar G. 2015. Zonguldak ili briyofit florasına katkılar. Anatolian Bryology. 1:1, 34-41.
- Ören M. Uyar G. Bozkaya S. Özçelik A.D. Hazer Y. 2016. II. Bölüm: Briyofitler. Zonguldak Ekosistemi. Büyükgüzel K. Kaplan A. Alan Ş. Editors. Zonguldak Bülent Ecevit Üniversitesi Yayınları. Zonguldak. pp. 17-46.
- Paton J. 1999. The liverworts flora of the British Isles. Harley Books. Devon.
- R Core Team 2024. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. Version 4.4.1, "Race for Your Life". Available at: <https://www.R-project.org/>.
- Sarıoğlu S. Işın Z. Ursavaş S. Keçeli T. 2017. Türkiye’deki Milli Parkların Briyofit Zenginliği Açısından İrdelenmesi. Anatolian Bryology, 3:2, 103-115.
- Shannon C.E. 1948. A mathematical theory of communication. Bell System Technical Journal. 27:3, 379-423.
- Smith A.J.E. 1996. The liverworts of Britain and Ireland. Cambridge University Press. London.

- Smith A.J.E. 2004. The moss flora of Britain and Ireland. Cambridge University Press. London.
- Soulé M.E. 1985. What is Conservation Biology? A new synthetic discipline addresses the dynamics and problems of perturbed species, communities, and ecosystems. *BioScience*. 35:11, 727–734.
- 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.
- URL 1. Protected Planet. Website: <https://www.protectedplanet.net/en> [Retrieved: 5 July 2024].
- URL 2. Tabiat Koruma Durum Raporu. Website: https://www.tarimorman.gov.tr/DKMP/Belgeler/Tabiat%20Koruma%20Durum%20Raporu/TKDR_TR_2023.pdf [Retrieved: 5 July 2024].
- URL 3. Convention on Biological Diversity. Target 11 - Technical rationale extended (provided in document COP/10/INF/12/Rev.1). Website: <https://www.cbd.int/sp/targets/rationale/target-11> [Retrieved: 5 July 2024].
- URL 4. Milli Parklar Kanunu No. 2873. Website: <https://www.mevzuat.gov.tr/MevzuatMetin/1.5.2873.pdf> [Retrieved: 5 July 2024].
- URL 5. Zonguldak Harmankaya Şelaleleri Tabiat Anıtı. Website: <https://bolge10.tarimorman.gov.tr/Menu/84/Zonguldak-Harmankaya-Selaleleri-Tabiat-Aniti> [Retrieved: 5 July 2024].
- URL 6. Climate: Kardeşler. Website: <https://tr.climate-data.org/asya/tuerkiye/zonguldak/kardesler-681877/> [Retrieved 5 July 2024].
- URL 7. Herbarium S catalogue. Website: <https://herbarium.nrm.se/>.
- Ursavaş S. Keçeli T. Uyar G. Ören M. 2021. *Dicranella staphylina* (Dicranaceae), a new moss record from Turkey and Southwest Asia. *Plant Biosystems*. 155:3, 48-486.
- Uyar G. Çetin B. 2006. Contribution to the Moss Flora of Turkey: Western Black Sea Region (Bolu, Kastamonu, Karabük, Bartın and Zonguldak). *International Journal of Botany*. 2: 229-241.
- Uyar G. Ören M. Alataş M. 2022. Işık Dağı (Ankara-Çankırı) Briyofit Florası. *Anatolian Bryology*. 8:1, 11-29.
- Wickham H François R Henry L Müller K 2023. dplyr: A Grammar of Data Manipulation. R package version 1.1.3. <https://CRAN.R-project.org/package=dplyr>.



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

DOI: 10.26672/anatolianbryology.1576833

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



Determination of Antioxidant Activity and Biochemical Content of *Homalothecium philippeanum* (Spruce) Schimp.

Selime Deniz BOZKURT¹ , Dilay TURU¹ , Gizem GÜL¹ , Cenker YAMAN¹ , Atakan BENEK² , Kerem CANLI^{2,3} 

¹Dokuz Eylül University, Graduate School of Natural and Applied Science, Department of Biology, İzmir, TÜRKİYE

²Dokuz Eylül University, Fauna and Flora Research and Application Center, İzmir, TÜRKİYE

³Dokuz Eylül University, Faculty of Science, Department of Biology, İzmir, TÜRKİYE

Received: 31 October 2024

Revised: 15 November 2024

Accepted: 19 November 2024

Abstract

Living organisms produce reactive oxygen species (ROS) during the oxygen processing. ROS damage biomolecules and causes oxidative stress. Antioxidants prevent cellular damage against these harmful effects of ROS by neutralizing free radicals. Medicinal plants provide a rich source of antioxidants to reduce oxidative stress and play an important role in the treatment of diseases. Bioactive compounds, especially polyphenols and flavonoids, protect cells against oxidative damage by neutralizing free radicals. Bryophytes, especially mosses, are one of the plant groups that attract attention in this area. Mosses show biologically active properties with secondary metabolites such as terpenes and flavonoids they contain. In this study, extraction of *Homalothecium philippeanum* moss with ethanol, methanol, and n-hexane solvents was carried out and the biochemical content analysis of the extracts was investigated. 1,2-Benzenedicarboxylic acid, bis(2-methylpropyl) ester was detected as the major component in the ethanol and methanol extracts of the *H. philippeanum*. Biologically active alkanes such as Tetradecane and Hexadecane were found in the n-hexane extract. The antioxidant activity of moss ethanol extract was investigated using the DPPH method and the EC₅₀ value was determined as 7.084 mg/ml.

Keywords: Bryophytes, *Homalothecium philippeanum*, Antioxidant Activity, Biochemical Content, GC-MS

Homalothecium philippeanum (Spruce) Schimp.'in Antioksidan Aktivitesinin ve Biyokimyasal İçeriğinin Belirlenmesi

Öz

Canlı organizmalar, oksijen işleme sürecinde, reaktif oksijen türleri (ROS) üretmektedirler. ROS'lar, biyomoleküllere zarar vererek oksidatif strese neden olmaktadır. Antioksidanlar, serbest radikalleri nötralize ederek ROS'un bu zararlarına karşın hücre hasarı önlemektedir. Tıbbi bitkiler, oksidatif stresi azaltmak için zengin bir antioksidan kaynağı sunmakta ve hastalıkların tedavisinde önemli bir rol oynamaktadır. Özellikle polifenoller ve flavonoidler gibi biyoaktif bileşikler, serbest radikalleri etkisiz hale getirerek oksidatif hasara karşı hücreleri korur. Briyofitler, özellikle karayosunları, bu alanda dikkat çeken bitki gruplarından olmuşlardır. İçerdikleri terpenler, flavonoidler gibi sekonder metabolitlerle biyolojik olarak aktif özellikler göstermektedirler. Bu çalışma kapsamında, *Homalothecium philippeanum* karayosununun etanol, metanol ve n-hekzan çözücülerıyla ekstraksiyonu gerçekleştirilmiş ve ekstraktların biyokimyasal içerik analizi araştırılmıştır. Bitkinin, etanol ve metanol ekstraktlarında majör bileşen olarak 1,2-Benzenedicarboxylic acid, bis(2-methylpropyl) ester tespit edilmiştir. N-hekzan ekstraktında Tetradekan ve Hekzadekan gibi biyolojik olarak aktif alkanlar bulunmuştur. Karayosunu etanol ekstraktının antioksidan aktivitesi DPPH yöntemi kullanılarak araştırılmış ve EC₅₀ değeri 7.084 mg/ml olarak belirlenmiştir.

Anahtar kelimeler: Briyofitler, *Homalothecium philippeanum*, Antioksidan Aktivite, Biyokimyasal İçerik, GC-MS

* Corresponding author: ssdenizbozkurt@gmail.com

To cite this article: Bozkurt S.D. Turu D. Gül G. Yaman C. Benek A. Canlı K. 2024. Determination of Antioxidant Activity and Biochemical Content of *Homalothecium philippeanum* (Spruce) Schimp. *Anatolian Bryology*. 10:2, 169-178.



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

1. Introduction

As living organisms process oxygen through enzymatic reactions, reactive oxygen species (ROS) emerge as by-products; these are reactive molecules capable of oxidizing proteins and lipids (Tretter et al., 2021). These reactive molecules play a critical role in biological processes such as oxidative stress and cellular damage (Hernansanz-Agustín & Enríquez, 2021). Due to the high reactivity of ROS and their independent production in cellular compartments, ROS levels are tightly regulated to prevent unwanted oxidation (Mittler et al., 2022). Molecules that inhibit free radicals and thus delay the damage occurring in cells are known as antioxidants (Nimse & Pal, 2015). Antioxidants scavenge reactive oxygen species (ROS), reducing damage to enzymes, proteins, DNA, and lipids caused by oxidative stress. Due to these protective properties, antioxidants play an important role in preventing chronic diseases (Miguel, 2011).

Extracts obtained from natural sources contain numerous secondary metabolites that play roles in organisms' defense mechanisms. These metabolites can be derived from plant tissues, microbial fermentation, and marine organisms (Mushtaq et al., 2018). Plants with natural antibacterial properties hold great potential as alternative treatment methods (AlSheikh et al., 2020). Numerous studies have shown that antioxidants play a significant role in maintaining human health, preventing diseases, and contributing to their treatment due to their ability to reduce oxidative stress. Therefore, measuring the antioxidant capacity of foods and biological samples is important to investigate their efficacy in the prevention and treatment of diseases associated with oxidative stress (Munteanu & Apetrei, 2021).

Medicinal plants have been used for therapeutic purposes throughout history. Today, most drugs are derived from natural products or their derivatives, and nearly 40% of drugs approved by the Food and Drug Administration (FDA) are of natural origin (Boy et al., 2018; Ursavaş and Tuttu, 2017; Çizgen et al. 2018a). Additionally, medicinal plants provide a rich source of natural antioxidants. Various studies have been conducted for years to find effective and safe antioxidants. Although *in vitro* studies yield promising results, a few natural and synthetic antioxidants have been developed for clinical applications due to their low efficacy and side effects. The belief that natural antioxidants are better and safer than synthetic ones has drawn attention to natural products for the development of new antioxidants (Tuttu and Ursavaş, 2017). It is hypothesized that plants, which produce ROS as by-products during the photosynthetic process, have a

defense system composed of secondary metabolic products to protect themselves from oxidative damage (Na et al., 2011; Tuttu et al., 2017).

In mosses, the major groups of biologically active secondary metabolites are terpenes, steroids, cyanoglycosides, and various aromatic (phenolic) compounds. The second most comprehensive group is represented by flavonoids and their glycosides, bibenzyl and bis(bibenzyl) derivatives, alkyl and aryl benzoates, coumarins, and monomeric aromatic acids (Faleva et al., 2022). Polyphenols are the primary plant components with antioxidant effects. They are known for their redox abilities, such as the adsorption and neutralization of free radicals and the decomposition of peroxides. Flavonoids, which are common in plants, directly scavenge free radicals and inhibit enzymes involved in the formation of these radicals, thereby preventing oxidative damage (Stanković et al., 2016).

In this study, ethanol, methanol, and n-hexane extracts of the moss *H. philippeanum* were prepared, and the biochemical content analysis of each extract was performed. The aim of the biochemical content analysis was to examine and compare the diversity of biochemical components present in the extracts. Gas Chromatography-Mass Spectrometry (GC-MS) was used for these analyses. Ethanol extract of *H. philippeanum* was used in antioxidant activity test by DPPH method. This study is the first comprehensive research that determines the antioxidant activity and biochemical content analysis of *H. philippeanum* extracts. The fact that these analyses have not been previously applied to *H. philippeanum* highlights the novelty and significance of this study.

2. Materials and methods

2.1. Chemicals

1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl (DPPH) was obtained from Sigma-Aldrich, ethanol, methanol, and n-hexane from Merck and ascorbic acid were purchased from Carlo Erba.

2.2. Collection localities

The moss *H. philippeanum* was collected and identified by Prof. Dr. Kerem CANLI from Akdağ in Amasya province, Turkey (N 40° 48' 4.8" E 36° 7' 52.6") on April 9, 2023. After collection, the sample, while still alive, was placed in a sample bag and transported to the laboratory, where it was air-dried at room temperature. It was then stored at the Fauna and Flora Research and Application Center (FAMER) herbarium at Dokuz Eylül University in Buca, Izmir, Turkey, until the experiments were conducted (Herbarium no: CANLI 0204). Due to

their poikilohydric nature, mosses can survive by losing water and minimizing their metabolic activity during dry periods (Shibata et al. 2018). The *H. philippeanum* sample was thus preserved in a way that allows it to revive quickly when re-exposed to water.

2.3. Preparation of extracts from *Homalothecium philippeanum*

For the extraction of active compounds from *H. philippeanum*, the moss sample was ground until it reached a powdered form. From the ground moss sample, 5 grams of each were transferred into Erlenmeyer flasks containing 200 milliliters of ethanol, methanol, and n-hexane solvents, respectively. The extraction of active compounds was carried out by shaking at 160 rpm at room temperature for 3 days. The extracts were then filtered and evaporated at 35-40°C under vacuum using Rotavapor R100 (Buchi Labortechnik AG, Switzerland). After the extraction, 0.017 g, 0.005 g, and 0.052 g of dry mass were obtained, respectively (Altuner et al., 2014).

The concentration of the moss extract prepared with ethanol was set to 1 mg/ml for use in the antioxidant activity test. The concentration of ascorbic acid, which was used as a positive control in the antioxidant test, was also prepared at 1 mg/ml.

2.4. Biochemical screening

Before GC-MS analysis, moss extracts were filtered through 0.45 µm injection filters to remove any residual particles. Biochemical tests were conducted following the methods described in Canlı et al. (2023). The GC-MS analyses were carried out using Agilent GC 8890 and Agilent GC/MSD 5977B instruments (Agilent Technologies Inc., USA). Helium served as the carrier gas, and retention times were determined by comparing them with the Wiley-Nist MS database. Chemical compounds present at concentrations above 0.5%

were classified as major constituents. To ensure reliability, the analyses were repeated, and certain parameters were adjusted based on the solvents used.

2.5. Determination of antioxidant activity

The free radical scavenging capacity of *H. philippeanum* extract prepared with ethanol was assessed based on the ability of stable DPPH to absorb. This method is based on the fact that the dark purple color of the DPPH solution, detected at 515 nm, turns yellow as a result of the antioxidant molecules neutralizing stationary free DPPH radicals (Kedare and Singh, 2011). 0.0039 g of DPPH chemical was dissolved in ethanol. It was loaded into a microplate with 96 wells so that the concentrations of DPPH solution and moss extract were from 7.8125 to 1000 µg/ml. The microplate was kept in a dark environment at room temperature for 30 minutes. Following the incubation period, absorbance at 515 nm was measured using a microplate reader. Ascorbic acid was used as positive control in this assay, and all experiments were performed in triplicate.

2.6. Statistical analysis

The results obtained from three independent repetitions for each antioxidant activity are expressed as mean ± standard deviation (SD). Following statistical analysis of the data, EC₅₀ values were determined using Four-Parameter Logistic Regression with a 95% confidence interval (Chen et al., 2013). Data were analyzed using One-Way ANOVA (Analysis of Variance) and Pearson correlation tests in R Studio (version 2024.09.0). The level of statistical significance was set at $p \leq 0.05$.

3. Results

3.1. Biochemicals in extracts

The area % covered by the substances identified through GC-MS analysis are listed in Table 1.

Table 1. Biochemical screening of *H. philippeanum*

Classification	Compound name	RT	RI	Formula	MW (g/mol)	HP Ethanol extract	HP Methanol extract	HP n-Hexane extract	Known activity
Alcohols	1,3-Pentenediol, 2,2,4-trimethyl-	9.815	1157	C ₈ H ₁₈ O ₂	146.23	2,42	-	-	-
	Ethanol, 2-(2-butoxyethoxy)-	10.325	1169	C ₈ H ₁₈ O ₃	162.23	-	1,17	-	-
	Lauryl alcohol	14.156	1457	C ₁₂ H ₂₆ O	186.33	1,56	-	-	-
	Phytol Isomer	20.982	2104	C ₂₀ H ₄₀ O	296.5	-	1,34	-	Antimicrobial, antioxidant and anti-inflammatory activity (Edewor et al., 2016)
	2,6,10-Dodecatrien-1-ol, 3,7,11-trimethyl-	30.059	1653	C ₁₅ H ₂₆ O	222.37	-	4,64	10,71	Antimicrobial, antioxidant and anti-inflammatory activity (Illozue et al., 2024)
Alkanes	Dodecane, 2,6,11-trimethyl-	11.533	1257	C ₁₅ H ₃₂	212.41	-	-	1,82	-
	Tetradecane	13.157	236	C ₁₄ H ₃₀	198.39	-	-	10,44	Antibacterial and antifungal activity (Nasr et al., 2022)
	Cyclododecane	14.157	1316	C ₁₂ H ₂₄	168.32	-	2,32	-	-
	Tetracosane	14.386	366	C ₂₄ H ₅₀	338.7	-	-	2,90	Antibacterial and antioxidant activity (Asha et al., 2017)
	Hexadecane	15.628	268	C ₁₆ H ₃₄	226.44	-	-	4,64	Antibacterial, antifungal and antioxidant activity (Nepal et al., 2021)
	Dodecane	14.933	200	C ₁₂ H ₂₆	170.33	-	-	2,73	Antibacterial activity and enhances antifungal activity (Stopiglia et al., 2012; Octarya et al., 2021)
	Hexadecane, 2,6,10,14-tetramethyl-	16.873	1811	C ₂₀ H ₄₂	282.5	-	-	8,56	-
	Octadecane	17.844	296	C ₁₈ H ₃₈	254.5	0,66	1,09	4,55	-
	Nonadecane	18.876	312	C ₁₉ H ₄₀	268.5	1,27	0,96	2,71	-
	Tetratriacontane	19.143	3400	C ₃₄ H ₇₀	478.9	-	-	2,31	Antimicrobial activity (Sumerta et al., 2022)
	Heptacosane	19.556	426	C ₂₇ H ₅₆	380.7	-	-	1,66	Antioxidant activity (Akpuaka et al., 2013)
	Eicosane	19.860	345	C ₂₀ H ₄₂	282.5	2,07	1,57	5,58	Antibacterial and antifungal activity (Octarya et al., 2021)
	Heneicosane	20.800	342	C ₂₁ H ₄₄	296.6	1,53	-	3,26	Antimicrobial activity (Kumosani et al., 2024)
	Docosane	21.698	356	C ₂₂ H ₄₆	310.6	1,14	0,98	3,47	Antibacterial activity (Akpuaka et al., 2013)
	Tricosane	21.705	370	C ₂₃ H ₄₈	324.6	-	-	4,26	Antimicrobial activity (Baltacı et al., 2022)
Alkenes	1-Tetradecene	13.055	1385	C ₁₄ H ₂₈	196.37	0,98	-	-	Antimicrobial activity (Naragani et al., 2016)
	1-Hexadecene	15.547	1592	C ₁₆ H ₃₂	224.42	1,32	-	-	Antibacterial activity (Egbung et al., 2017)
	Neophytadiene	18.275	1827	C ₂₀ H ₃₈	278.5	1,01	1,01	-	Anti-inflammatory and antimicrobial activity (Nepal et al., 2021)
Carboxylic Acids	Hexanoic acid	7.473	973	C ₆ H ₁₂ O ₂	116.16	-	3,23	-	-
	Hexanoic acid, 2-ethyl-	9.541	1116	C ₈ H ₁₆ O ₂	144.21	-	2,01	-	-
	Nonanoic acid	11.653	1268	C ₉ H ₁₈ O ₂	158.24	-	2,15	-	Antifungal activity (Jang et al., 2012)

Esters	Propanoic acid, 2-methyl-, 2,2-dimethyl-1-(2-hydroxy-1-methylethyl)propyl ester	12.690	1351	C ₁₂ H ₂₄ O ₃	216.32	13,35	-	-	-
	Propanoic acid, 2-methyl-, 3-hydroxy-2,2,4-trimethylpentyl ester	12.961	1365	C ₁₂ H ₂₄ O ₃	216.32	11,39	9,47	-	-
	2,2,4-Trimethyl-1,3-pentanediol diisobutyrate	15.689	1591	C ₁₆ H ₃₀ O ₄	286.41	19,27	16,01	7,47	-
	Carbonic acid, di(decyl) ester	16.547	2328	C ₂₁ H ₄₂ O ₃	342.6	-	-	1,70	-
	1-(4-Isopropylphenyl)-2-Methylpropyl acetate	16.591	1800-2000	C ₁₅ H ₂₂ O ₂	234.33	1,49	0,83	2,25	-
	1,2-Benzenedicarboxylic acid, bis(2-methylpropyl) ester	18.692	1819	C ₁₆ H ₂₂ O ₄	278.34	21,76	17,82	2,24	Antifungal, antioxidant and antibacterail activity (Asha et al., 2017; Lanchana & Garampalli, 2024)
	Hexadecanoic acid, methyl ester	19.162	1908	C ₁₇ H ₃₄ O ₂	270.5	-	2,60	-	Antioxidant and antibacterial activity (Edewor et al., 2016; Shaaban, et al., 2021)
	Dibutyl phthalate	19.621	1909	C ₁₆ H ₂₂ O ₄	278.34	3,06	2,42	-	-
Ketones	2-Pentadecanone, 6,10,14-trimethyl	18.359	1842	C ₁₈ H ₃₆ O	268.5	1,25	1,04	-	Antimicrobial activity (Amos-Tautua et al., 2020)
Linoleic Acids	9,12,15-Octadecatrienoic acid, methyl ester, (Z,Z,Z)-	20.874	-	C ₁₉ H ₃₂ O ₂	292.5	-	2,19	-	Anti-inflammatory, antioxidant and antimicrobial activity (Edewor et al., 2016; Akpuaka et al., 2013)
Others	Unknown	9.469	-	-	-	1,96	-	-	-
	2,2-dimethyl-3-methylene-bicyclo [2.2.1] heptane	10.407	-	C ₁₄ H ₂₀ O ₄	252.31	0,91	-	-	-
	Unknown	12.700	-	-	-	-	10,86	-	-
	Unknown	13.241	-	-	-	1,48	-	-	-
	Unknown	13.243	-	-	-	-	-	1,92	-
	Unknown	13.245	-	-	-	-	0,77	-	-
	Unknown	16.868	-	-	-	3,39	-	-	-
	Unknown	16.872	-	-	-	-	2,60	-	-
	Unknown	17.959	-	-	-	2,34	-	-	-
	Unknown	17.960	-	-	-	-	1,92	-	-
Phenols	2,4-Di-tert-butylphenol	14.700	1519	C ₁₄ H ₂₂ O	206.32	-	-	5,02	Antioxidant, antimicrobial and antifungal activity (Nepal et al., 2021; Zou et al., 2023)
	Phenol, 2,2'-methylenebis[6-(1,1-dimethylethyl)-4-methyl-	23.703	2365	C ₂₃ H ₃₂ O ₂	340.5	-	0,95	4,18	Antifungal activity (Hameed & AL-Muhsin., 2024)

RT: Retention time, RI: Retention Index, MW: Molecular Weight, HP: *Homalothecium philippeanum*, “- “Activity not researched; <http://www.chemspider.com/>; <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/>; <https://comptox.epa.gov/>

3.2. DPPH scavenging activity

H. philippeanum moss was extracted with different solvents and only the antioxidant capacity of the ethanol extract was examined. Antioxidant capacity was assessed based on the ability to neutralize DPPH radicals. The antioxidant capacities of *H. philippeanum* and ascorbic acid at concentrations ranging from 7.813 to 1000 µg/ml are presented in Table 2. Results indicate that the ethanol extract of *H. philippeanum* scavenged DPPH radicals by 25% to 49% within this concentration range. Increased

extract concentration led to enhanced DPPH radical scavenging. Ascorbic acid, used as a positive control at 1000 µg/ml, demonstrated approximately 95% DPPH scavenging capacity. The EC₅₀ values were determined as 7.084 mg/ml for *H. philippeanum* extract and 0.04 mg/ml for ascorbic acid. The correlation between the DPPH scavenging activities of the extract and ascorbic acid was analyzed, with a correlation coefficient of 0.904849. Given the p-value (p < 0.05), the results were considered statistically significant.

Table 2. Results of the DPPH radical scavenging activity of *H. philippeanum* ethanol extract and ascorbic acid (%) with mean ± standard deviation.

Concentration (µg/ml)	<i>H. philippeanum</i>	Ascorbic acid
1000	48.72 ± 0.88	94.71 ± 0.00
500	41.28 ± 0.95	94.33 ± 0.06
250	37.00 ± 0.89	92.43 ± 0.01
125	34.93 ± 1.21	91.01 ± 0.02
62.5	34.44 ± 2.82	73.04 ± 0.04
31.25	33.68 ± 1.48	40.23 ± 0.07
15.625	30.14 ± 2.48	23.21 ± 0.27
7.81	25.83 ± 0.25	11.77 ± 0.04

4. Discussion and Conclusion

Plants produce a variety of secondary metabolites (phytochemicals), in addition to primary metabolites, which play roles in interspecies interactions (Çizgen et al., 2018b; Süntar, 2020). Secondary metabolites like alkaloids, terpenoids, and phenolics protect plants from microbial infections, with phenolic compounds standing out due to their high biological activity. These compounds exhibit antimicrobial and antioxidant properties, making it difficult for pathogens to develop resistance. Thus, plant-based antimicrobials show great potential in the search for new biopharmaceutical products (Martelli & Giacomini, 2018). Some studies in the literature showing that bryophytes produce numerous secondary metabolites responsible for antitumor, antifungal, antioxidant, and antimicrobial activities (Bandyopadhyay & Dey, 2022; Benek et al., 2022; Cianciullo et al., 2021). A limited number of findings have been obtained in literature on the *H. philippeanum*. Therefore, three different extractions of *H. philippeanum* moss were conducted using ethanol, methanol, and n-hexane solvents. The maceration method was chosen for extraction under conditions detailed in the materials and methods section. This study aims to determine the antioxidant activities and biochemical content of these extracts.

The antioxidant activity test results indicate that the antioxidant capacity of the ethanol extract of *H.*

philippeanum is lower compared to ascorbic acid. While ascorbic acid reaches a half-maximal effect at much lower concentrations, *H. philippeanum* extract requires a higher concentration to achieve a similar effect. Within the concentration range tested, ascorbic acid exhibited lower antioxidant activity than *H. philippeanum* at the two lowest concentrations, 0.0078 and 0.0156 mg/ml. Despite the strong positive correlation indicated by the correlation coefficient (r = 0.904849), this observation suggests the possibility of some deviations at low concentrations. Although there is a high correlation between the extract and the positive control, indicating a general parallelism, the higher activity of *H. philippeanum* extract at lower concentrations suggests that the compounds it contains may have different mechanisms of action at specific concentrations.

Another study presented in the literature also focused on the antioxidant properties of *Homalothecium sericeum*, belonging to the same genus as *H. philippeanum*. Sahilli et al. (2018) carried out a study on *H. sericeum*, wherein this species was recorded to possess high antioxidant activity too. These findings denote the congruence between the results of the two studies, which hint that members of the same genus may potentially possess antioxidant activity.

In research in literature, the antimicrobial activities of the methanol extract of *H. philippeanum* have

been studied. This study, conducted by Veljić et al. (2008), reveals that the methanol extract of the *H. philippeanum* exhibited antibacterial activity against *Escherichia coli* and *Staphylococcus aureus*. *S. aureus* is a pathogen associated with hospital infections due to the enterotoxins it produces, while *E. coli* causes urinary tract and organ infections (Cui et al., 2019; Wang et al., 2020). The activity detected against these two public health-threatening bacteria has envisaged further investigation of the biological activity of *H. philippeanum*.

The GC-MS analysis of *H. philippeanum* confirmed the presence of various compounds with biological activities, including antimicrobial, antioxidant, and antifungal properties. 1,2-Benzenedicarboxylic acid, bis(2-methylpropyl) ester (21.76%), which is determined as the major component in ethanol extract, is a compound known for its biological properties such as antioxidant, antifungal, and antibacterial (Asha et al., 2017; Lanchana & Garampalli, 2024). The Alkane type compounds Eicosane (2.07%) and Docosane (1.14%) are known for their antibacterial effects and Heneicosane (1.53%) has been reported in the literature to have antimicrobial activity (Akpuaka et al., 2013; Octarya et al., 2021; Kumosani et al., 2024). Another compound with known antimicrobial activity, 2-Pentadecanone, 6,10,14-trimethyl (1.25%), was identified in the extract (Amos-Tautua et al., 2020).

1,2-Benzenedicarboxylic acid, bis(2-methylpropyl) ester (17.82%), which is considered a major substance and has more than one biological activity, were detected in the methanol extract of the plant, just like in the ethanol extract. Nonanoic acid (2.15%), one of some compounds proven to show antifungal activity, was determined in the extract (Jang et al., 2012). Hexadecanoic acid, methyl ester (2.60%), one of the esters observed in methanol extract, is another compound with proven antioxidant and antibacterial effects (Edewor et al., 2016; Shaaban, et al., 2021). 2,6,10-Dodecatrien-1-ol, 3,7,11-trimethyl- (4.64%), 9,12,15-Octadecatrienoic acid, methyl ester, (Z, Z, Z)- (2.19%) and Phytol Isomer (1.3%) compounds are known for their anti-inflammatory activities in addition to their antimicrobial and antioxidant effects (Akpuaka et al., 2013; Edewor et al., 2016; Illozue et al., 2024).

In the n-hexane extract of the plant, most identified compounds consist of alkanes known for their biological activities. The major compound, Tetradecane (10.44%), is an alkane with known antibacterial and antifungal activity (Nasr et al.,

2022). Hexadecane (4.64%), in addition to the known activities of Tetradecane, also has an antioxidant effect (Nepal et al., 2021). Tetratriacontane (2.31%), Heneicosane (3.26%), and Tricosane (4.26%) are alkane compounds known solely for their antimicrobial activities (Baltacı et al., 2022; Sumerta et al., 2022; Kumosani et al., 2024). While Phenol, 2,2'-methylenebis[6-(1,1-dimethylethyl)-4-methyl]- (4.18%) has proven antifungal activity, 2,4-Di-tert-butylphenol (5.02%) is recognized not only for its antifungal effects but also for its antimicrobial and antioxidant properties (Nepal et al., 2021; Zou et al., 2023; Hameed & AL-Muhsin, 2024).

Some of the compounds identified through biochemical content analysis were detected in all three extracts, while the majority were observed only in one extract. Extraction yield is influenced by the solvent used and the chosen extraction method (Sultana et al., 2009). In a study conducted by Değirmenci and Ezer (2024), supercritical CO₂ extraction of *H. philippeanum* moss was performed to assess its effect on enzyme activity, and various bioactive compounds were identified via GC-MS analysis. In the mentioned study, ethanol was used as cosolvent, and solvent usage was minimized by supercritical extraction. Bioactive compounds such as 9,12,15-Octadecatrienoic acid, methyl ester, (Z, Z, Z)- and Tetracosane were detected in both maceration and supercritical extracts and these two compounds were found in higher amounts in GC-MS analysis of maceration extracts. When comparing extraction methods, supercritical CO₂ extraction can be insufficient for detecting compounds with specific polarities, whereas solvent-based extractions yield a broader range of compounds.

In the GC-MS analysis of *H. philippeanum*, compounds with various biological activities were obtained using ethanol, methanol, and n-hexane solvents. While ethanol and methanol extract present compounds from various classes, the n-hexane extract contains more compounds with biological activity. Notably, n-hexane effectively extracted compounds with antimicrobial, antifungal, and antioxidant effects, such as alkanes and phenols. Ethanol and methanol, on the other hand, were more effective in extracting polar compounds. Solvent polarity has a direct impact on the diversity and biological activity of the compounds obtained, making a careful solvent selection is essential in phytochemical extraction strategies. Therefore, solvent selection is of great importance to maximize detection of biological activity.

This research represents one of the first antioxidant studies conducted on *Homalothecium philippeanum*. This study is an important step towards discovering the potential biological activities of the plant and was supported by a GC-MS analysis, especially evaluating its antioxidant properties in this context, it was aimed to develop an in-depth understanding of the nature and quantity of phytochemical components contained in *H. philippeanum*. The analysis in question determined the chemical profile of the plant and revealed the presence of components that promote antioxidant activity. The data obtained highlights the potential health benefits of this plant while also providing a basis for future studies.

Declaration

Author contributions

Idea/Concept: SDB, DT, KC; Conceptualization and design: SDB, DT, AB; Auditing consulting: AB, KC; References: KC; Materials: GG, CY; Data collection and/or processing: SDB, DT, GG, AB; Analysis and/or interpretation: SDB, DT, CY; Literature search: SDB, KC, CY, GG; Writing phase: SDB, DT; Critical review: AB, KC.

Conflict of interest

The authors declare that there is no conflict of interest related to the content of this study.

Funding

No funding, grants, or other support was received during the preparation of this study.

Ethical approval

This research does not involve human or animal subjects; therefore, ethics approval is not required.

Additional information

This study was partly presented as a poster at the 6th International Eurasian Conference on Biological and Chemical Sciences (EurasianBioChem 2023) by Bozkurt et al. (2023). The abstract of that poster is available in the full-text proceedings on page 1521 of the 6th International Eurasian Conference on Biological and Chemical Sciences (EurasianBioChem 2023). These results are discussed in this article in the context of a broader perspective.

References

- Akpuaka A. Ekwenchi M.M. Dashak D.A. Dildar A. 2013. Biological activities of characterized isolates of n-hexane extract of *Azadirachta indica* A. Juss (Neem) leaves. *Nature and Science*. 11:5, 141-147.
- AlSheikh H.M.A. Sultan I. Kumar V. Rather I.A. Al-Sheikh H. Tasleem Jan A. Haq Q.M.R. 2020. Plant-based phytochemicals as a possible alternative to antibiotics in combating bacterial drug resistance. *Antibiotics*. 9:8, 480.
- 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.
- Amos-Tautua B.M. Alayande K.A. Ajileye O. Fadare O.A. Songca A.O.S.P. 2020. Effect of the leaf extracts of *Funtumia africana* (Benth.) Stapf. against selected pathogens. *Journal of Medicinal Plants Studies*. 8:4, 125-129.
- Asha K.R. Priyanga S. Hemmalakshmi S. Devaki K. 2017. GC-MS Analysis of the Ethanolic Extract of the whole Plant *Drosera indica* L. *International Journal of Pharmacognosy and Phytochemical Research*. 9:5, 685-688.
- Baltacı C. Öz M. Fidan M.S. Üçüncü O. Karataş Ş. M. 2022. Chemical composition, antioxidant and antimicrobial activity of *Colchicum speciosum* Steven growing in Türkiye. *Pakistan Journal of Agricultural Sciences*. 59:5.
- Bandyopadhyay A. Dey A. 2022. The ethno-medicinal and pharmaceutical attributes of bryophytes: A review. *Phytomedicine Plus*. 2:2, 100255.
- Benek A. Canlı K. Altuner E.M. 2022. Traditional medicinal uses of mosses. *Anatolian Bryology*. 8:1, 57-65.
- Boy H.I.A. Rutilla A.J.H. Santos K.A.Ty A.M.T. Alicia I. Y. Mahboob T. ... Nissapatorn V. 2018. Recommended medicinal plants as source of natural products: a review. *Digital Chinese Medicine*. 1:2, 131-142.
- Bozkurt S. D. Turu D. Gül G. Yaman C. Benek A. Canlı K. 2023. *Homalothecium philippeanum* (Spruce) Schimp.'in farklı çözücülerle elde edilen ekstraktlarının biyokimyasal içeriğinin belirlenmesi. 6th International Eurasian Conference on Biological and Chemical Sciences (EurasianBioChem 2023), 11-13 Ekim 2023, Özet Metin Kitabı, s. 1521.
- Canlı K. Bozyel M.E. Turu D. Benek A. Şimşek O. Altuner E.M. 2023. Biochemical, Antioxidant Properties and Antimicrobial Activity of Steno-Endemic *Origanum onites*. *Microorganisms*. 11:8, 1987.
- Chen Z. Bertin R. Frolid G. 2013. EC50 estimation of antioxidant activity in DPPH assay using several statistical programs. *Food Chemistry*. 138:1, 414-420.
- Cianciullo P. Maresca V. Sorbo S. Basile A. 2021. Antioxidant and antibacterial properties of

- extracts and bioactive compounds in bryophytes. *Applied Sciences*. 12:1, 160.
- Çizgen S. Tuttu, G. Ursavaş S. 2018a. Harvest Amounts and Ethnobotanical Uses of the *Juniperus drupacea* Cones in Turkey. Ecology 2018 International Symposium, Abstract Book, 901. 19-23 June 2018, Kastamonu (Poster Bildiri).
- Çizgen S. Tuttu G. Ursavaş S. 2018b. Harvest Amounts and Ethnobotanical Uses of the Oleander (*Nerium oleander*) in Turkey. Ecology 2018 International Symposium, Abstract Book, 871. 19-23 June 2018, Kastamonu (Poster Bildiri).
- Cui H. Zhang C. Li C. Lin L. 2019. Antibacterial mechanism of oregano essential oil. *Industrial Crops and Products*. 139: 111498.
- Değirmenci U. Ezer T. 2024. *Homalothecium philippeanum* (Spruce) Schimp. (Bryophyta) ekstreininin Asetilkolinesteraz enzim aktivitesine etkisi. *Mersin Üniversitesi Tıp Fakültesi Lokman Hekim Tıp Tarihi ve Folklorik Tıp Dergisi*. 14:3, 587-593.
- Edewor T.I. Kazeem N.O. Owa S.O. 2016. GC-MS analysis of leaf extracts of *Terminalia macroptera* and *Dioclea reflexa*, two medicinal plants used for the treatment of respiratory tract disorders.
- Egbung G.E. Anosike C. Utu-Baku A.B. Ogar I. Nna V.U. 2017. Phytochemical evaluation and GC-MS analysis of *Hyptis verticillata* cultivated in Calabar Cross River State, Nigeria. *International Journal of Biological and Chemical Sciences*. 11:5, 2548-2559.
- Faleva A.V. Ul'yanovskii N.V. Falev D.I. Onuchina A. A. Budaev N. A. & Kosyakov D. S. 2022. New Oligomeric Dihydrochalcones in the Moss *Polytrichum commune*: Identification, Isolation, and Antioxidant Activity. *Metabolites*. 12:10, 974.
- Hameed M.F. AL-Muhsin A. A. 2024. Estimation of the minimum inhibitory concentration (MIC) of the ethanolic extract of *S. monoica* as an antifungal agent for *Candida albicans*. *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry*. 13:3, 450-455.
- Hernansanz-Agustín P. & Enríquez J. A. 2021. Generation of reactive oxygen species by mitochondria. *Antioxidants*. 10:3, 415.
- Ilozue N.M. Okoye P.A. Ekpunobi U. E. 2024. Phytochemical Evaluation, GC-MS Profiling and Antimicrobial Activity of Two Herbal Mixtures Marketed in Anambra State. *South Asian Research Journal of Natural Products*. 7:3, 184-196.
- Jang Y.W. Jung J.Y. Lee I.K. Kang S.Y. Yun B.S. 2012. Nonanoic acid, an antifungal compound from *Hibiscus syriacus* Ggoma. *Mycobiology*. 40:2, 145-146.
- Kedare S.B. Singh R.P. 2011. Genesis and development of DPPH method of antioxidant assay. *Journal of Food Science and Technology*. 48: 412-422.
- Kumar M. Sarma D.K. Shubham S. Kumawat M. Verma V. Nina P. B. ... & Tiwari R. R. 2021. Futuristic non-antibiotic therapies to combat antibiotic resistance: A review. *Frontiers in Microbiology*. 12, 609459.
- Kumosani T.A. Alnefayee A. Barbour E. Qari M. Ahmed T. Moselhi S.S. 2024. Identification of Bioactive Ingredients of Traditional Medicinal Plants *Psiadia arabica* Jaub. *Tamarix articulata*, *Terminalia arjuna* and *Rhazya stricta* by GC-MS in Saudi Arabia. *Pharmacognosy Research*. 16:3.
- Lanchana H.A. Garampalli R.H. 2024. Analysis of phytochemical constituents, antibacterial, antioxidant and GC-MS profiling of *Crotalaria ramosissima* leaf extracts. *International Journal of Pharmaceutical Sciences and Drug Research*. 426-434.
- Martelli G. Giacomini D. 2018. Antibacterial and antioxidant activities for natural and synthetic dual-active compounds. *European Journal of Medicinal Chemistry*. 158: 91-105.
- Miguel M.G. 2011. Anthocyanins: Antioxidant and/or anti-inflammatory activities. *Journal of Applied Pharmaceutical Science*. 7-15.
- Mittler R. Zandalinas S.I. Fichman Y. Van Breusegem F. 2022. Reactive oxygen species signalling in plant stress responses. *Nature Reviews Molecular Cell Biology*. 23:10, 663-679.
- Munteanu I.G. Apetrei C. 2021. Analytical methods used in determining antioxidant activity: A review. *International Journal of Molecular Sciences*. 22:7, 3380.
- Mushtaq S. Abbasi B.H. Uzair B. Abbasi R. 2018. Natural products as reservoirs of novel therapeutic agents. *EXCLI Journal*. 17, 420.
- Na M.K. Thuong P.T. Bae K.H. 2011. Natural compounds with antioxidant activity: recent findings from studies on medicinal plants. *Natural Product Sciences*. 17:2, 65-79.
- Naragani K. Mangamuri U. Muvva V. Poda S. Munaganti R. K. 2016. Antimicrobial potential of *Streptomyces cheonanensis* VUK-a from mangrove origin. *Int. J. Pharm. Pharm. Sci.* 8, 53-57.
- Nasr Z.S. El-shershaby H. Sallam K.M. Abed N. Ghany A.E. Sidkey N. 2022. Evaluation of antimicrobial potential of tetradecane extracted from *Pediococcus acidilactici* DSM: 20284-CM isolated from curd milk.

- Egyptian Journal of Chemistry*. 65:3, 705-713.
- Nepal A. Chakraborty M. Sarma D. Kanti P. 2021. Phyto-chemical characterization of *Aeschynanthus sikkimensis* (Clarke) Stapf. (Gesneriaceae) using GC-MS. *International Journal of Pharmaceutical Research*. 13:3, 597-602.
- Nimse S.B. Pal D. 2015. Free radicals, natural antioxidants, and their reaction mechanisms. *RSC Advances*. 5(35), 27986-28006.
- Octarya Z. Novianty R. Suraya N. 2021. Antimicrobial activity and GC-MS analysis of bioactive constituents of *Aspergillus fumigatus* 269 isolated from Sungai Pinang Hot Spring, Riau, Indonesia. *Biodiversitas: Journal of Biological Diversity*. 22:4.
- Sahilli Y. Ç. Korkmaz V. & Alataş M. *Homalothecium sericeum* (Hedw.) Schimp. taksonunun antioksidan özellikleri. *Iğdır International Conference on Multidisciplinary Studies 2018 Proceedings*.
- Shaaban M.T. Ghaly M.F. Fahmi S.M. 2021. Antibacterial activities of hexadecanoic acid methyl ester and green-synthesized silver nanoparticles against multidrug-resistant bacteria. *Journal of Basic Microbiology*. 61:6, 557-568.
- Shibata Y. Mohamed A. Taniyama K. Kanatani K. Kosugi M. & Fukumura H. (2018). Red shift in the spectrum of a chlorophyll species is essential for the drought-induced dissipation of excess light energy in a poikilohydric moss, *Bryum argenteum*. *Photosynthesis research*, 136: 229-243.
- Stanković N. Mihajilov-Krstev T. Zlatković B. Stankov-Jovanović V. Mitić V. Jović J. ... & Bernstein N. 2016. Antibacterial and antioxidant activity of traditional medicinal plants from the Balkan Peninsula. *NJAS-Wageningen Journal of Life Sciences*. 78: 21-28.
- Stopiglia C.D.O. Collares F.M. Ogliari F.A. Piva E. Fortes C.B.B. Samuel S.M.W. Scroferneker M.L. 2012. Antimicrobial activity of [2-(methacryloyloxy) ethyl] trimethylammonium chloride against *Candida* spp. *Revista Iberoamericana de Micología*. 29:1, 20-23.
- Sultana B. Anwar F. Ashraf M. 2009. Effect of extraction solvent/technique on the antioxidant activity of selected medicinal plant extracts. *Molecules*. 14:6, 2167-2180.
- Sumerta I.N. Yuliani Y. Komalasari M. Purnaningsih I. Kanti A. 2022. Yeast species and bioactive compounds of traditional rice wine originated from Lombok Island, Indonesia. *agriTECH*. 42:1, 48-54.
- Süntar I. 2020. Importance of ethnopharmacological studies in drug discovery: Role of medicinal plants. *Phytochemistry Reviews*. 19:5, 1199-1209.
- Tretter V. Hochreiter B. Zach M.L. Krenn K. Klein K.U. 2021. Understanding cellular redox homeostasis: A challenge for precision medicine. *International Journal of Molecular Sciences*. 23:1, 106.
- Tuttu G. Ursavaş S. 2017. Harvest Amounts and Ethnobotanical Uses of the Stinging nettle (*Urtica* sp.) in Turkey. 1. Uluslararası Tıbbi ve Aromatik Bitkiler Kongresi, Abstract Book, 487. 9-12 Mayıs 2017, Konya (Poster Bildiri).
- Tuttu G. Ursavaş S. Söyler R. 2017. Ihlamur Çiçeğinin Türkiye'deki Hasat Miktarları ve Etnobotanik Kullanımı. *Anadolu Orman Araştırmaları Dergisi*, 3:1, 60-66.
- Ursavaş S. Tuttu G. 2017. Harvest Amounts and Ethnobotanical Uses of the Mushroom (*Boletus* sp.) in Turkey. 1. Uluslararası Tıbbi ve Aromatik Bitkiler Kongresi, Abstract Book, 482. 9-12 Mayıs 2017, Konya (Poster Bildiri).
- Veljić M. Tarbuk M. Marin P. D. Ćirić A. Soković M. Marin M. 2008. Antimicrobial activity of methanol extracts of mosses from Serbia. *Pharmaceutical Biology*. 46:12, 871-875.
- Wang X. Shen Y. Thakur K. Han J. Zhang J.G. Hu F. Wei Z. J. 2020. Antibacterial activity and mechanism of ginger essential oil against *Escherichia coli* and *Staphylococcus aureus*. *Molecules*. 25:17, 3955.
- Zou W. Hassan I. Akram B. Sattar H. Altaf A. Aqib A. I. ... & Li K. 2023. Validating interactions of pathogenic proteins of *Staphylococcus aureus* and *E. coli* with phytochemicals of *Ziziphus jujube* and *Acacia nilotica*. *Microorganisms*. 11:10, 2450.



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

DOI: 10.26672/anatolianbryology.1594697

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



Environmental and Topographical Factors Influencing Moss Distribution in Semi-Arid Regions: A Study of Çankırı-Eldivan Mountain

Serhat URSAVAŞ¹ , Semih EDİŞ¹ *

¹University of Çankırı Karatekin, Faculty of Forestry, Department of Forest Engineering, Çankırı, TÜRKİYE

Received: 02 December 2024

Revised: 04 December 2024

Accepted: 04 December 2024

Abstract

This research investigated the environmental and topographical variables influencing the distribution of moss, utilizing data from 455 sampling locations in the Çankırı-Eldivan Mountain region. Logistic regression analysis results indicated that the primary determinants of moss presence were elevation, mean temperature, and slope. Elevation positively influences moss presence, whereas mean temperature negatively affects it. Slope, conversely, positively influenced moss habitats by enhancing water retention and soil stability. Despite the limited impact of the aspect, surfaces oriented towards the north and east were more advantageous. The total precipitation positively influenced moss presence; however, this effect was eclipsed by elevation. These findings significantly enhance the comprehension of mosses' ecological tolerance and reliance on environmental variables. The research underscores critical environmental variables influencing moss distribution and establishes a foundation for natural resource management, biodiversity conservation strategies, and evaluation of climate change impacts. Future research should investigate anthropogenic influences on moss distribution more comprehensively and employ molecular ecological techniques.

Keywords: Microclimate, Ecosystem, Topography, Adaptation, Bryophyte, Türkiye

Yarı Kurak Bölgelerde Karayosunu Varlığını Etkileyen Çevresel ve Topoğrafik Değişkenler: Çankırı-Eldivan Dağı Örneği

Öz

Bu çalışma, Çankırı-Eldivan Dağı'ndaki 455 örnekleme noktasından elde edilen veriler kullanılarak karayosunu varlığını etkileyen çevresel ve topoğrafik faktörleri incelemektedir. Lojistik regresyon analizi sonuçları, karayosunu varlığını belirleyen en güçlü faktörlerin yükselti, ortalama sıcaklık ve eğim olduğunu göstermiştir. Yükselti, karayosunu varlığı üzerinde pozitif bir etkiye sahipken, ortalama sıcaklık negatif bir etki göstermektedir. Eğim ise su birikimi ve toprak stabilitesini destekleyerek karayosunu habitatlarını olumlu yönde etkilemiştir. Bakı değişkeni sınırlı bir etki gösterse de kuzey ve doğu yönelimli yüzeylerin daha avantajlı olduğu belirlenmiştir. Toplam yağışın karayosunu varlığı üzerinde pozitif bir etkisi olduğu tespit edilmiştir, ancak bu etkinin yükseltinin gölgesinde kaldığı görülmüştür. Bu bulgular, karayosunlarının ekolojik toleranslarını ve çevresel değişkenlere olan bağımlılıklarını anlamada önemli katkılar sağlamaktadır. Çalışma, karayosunlarının dağılımını etkileyen temel çevresel faktörleri vurgularken, doğal kaynak yönetimi, biyoçeşitlilik koruma stratejileri ve iklim değişikliğinin etkilerini değerlendirmek için bir temel sunmaktadır. Gelecekteki çalışmalar, karayosunu dağılımını etkileyen insan kaynaklı faktörlerin daha detaylı bir şekilde incelenmesini ve moleküler ekoloji yaklaşımlarının kullanılmasını önermektedir.

Anahtar kelimeler: Mikroklima, Ekosistem, Topografya, Adaptasyon, Briyofit, Türkiye

* Corresponding author: semihedis@karatekin.edu.tr

To cite this article: Ursavaş S. Ediş S. 2024. Environmental and Topographical Factors Influencing Moss Distribution in Semi-Arid Regions: A Study of Çankırı-Eldivan Mountain. *Anatolian Bryology*. 10:2, 179-190.



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

1. Introduction

Mosses are prevalent in terrestrial ecosystems, and their presence and distribution result from the interaction of environmental and geographical processes and phenomena. These encompass climate, soil types and processes, topography, and biotas that collectively influence the habitats in which mosses are located. Mosses exhibit remarkable adaptability, thrive in habitats ranging from arid deserts to verdant forests and urban settings. Understanding moss ecology necessitates an examination of the influences of temperature, precipitation, soil chemistry, and topography (Alataş et al. 2023).

Temperature and precipitation are the primary determinants of moss distribution among the climatic factors. In Qinhuangdao, China, the annual temperature range significantly influences the composition of moss communities (Zheng et al., 2024). In the Gurbantunggut Desert, average annual temperature and precipitation are critical factors influencing moss growth (Ji et al., 2018). Additionally, variables such as light intensity and solar radiation affect moss diversity. Despite the harsh conditions in Antarctica, mosses exhibit adaptation to microclimatic regions, utilizing optimal light conditions for photosynthesis (Yin et al., 2023). The soil characteristics significantly affect the occurrence of mosses. Soil chemistry, especially pH, mineral content and cation exchange capacity, are essential parameters that favor moss development (Perdrizet and McKnight, 2012; Abay et al., 2014; Abay et al., 2015). In Changbai Mountain, the primary edaphic factors influencing moss distribution are soil sand content and soil acidity (Shui-Liang and Tong, 2001). Moreover, soil moisture significantly influences moss presence and ecosystem processes in desert and Arctic regions (Gornall et al., 2007).

Topographic and geographic factors significantly influence the spatial distribution of mosses. As demonstrated by numerous studies (Shui-Liang and Tong, 2001), altitude significantly influences the distribution patterns of moss taxa. Latitude is a significant factor influencing the development of moss colonies, particularly in Central Asia (Ji et al., 2018). Moreover, habitat heterogeneity enhances moss diversity in regions such as South Africa, where specific areas are recognized as biodiversity hotspots (Rooy and Phephu, 2016).

Biotic interactions and anthropogenic activities significantly influence moss ecology. The existence of specific vegetation and tree species influences epiphytic moss communities (Perdrizet and McKnight, 2012). Mosses inhabit diverse

surfaces in urban environments, adjusting to light, humidity, and temperature conditions modified by human activity (Cruz et al., 2023). Moreover, disturbance can influence both the presence of moss and ecosystem processes, thereby modifying ecological functioning, mainly through changes in soil temperature and moisture equilibrium (Gornall et al., 2007).

Mosses have significant ecological functions in ecosystems from tropical to polar regions. Their roles in carbon and nitrogen cycling, the ability to enhance soil properties, and regulation of water dynamics are essential for ecosystem stability and resilience. Mosses in boreal ecosystems establish symbiotic associations with nitrogen-fixing cyanobacteria, influencing the nitrogen cycle and aiding in carbon fixation (Alvarenga and Rousk, 2022). Moreover, their ability to retain soil moisture and diminish evaporation is crucial for sustaining soil carbon reserves (Shidong et al., 2019).

Mosses facilitate the accumulation of soil carbon and nitrogen in ecosystem restoration by affecting soil microbial communities and properties. This aids in the restoration of ecosystems, particularly in compromised regions (Xiao et al., 2023). The resilience of mosses to environmental disturbances and ability to adapt to varying conditions are essential for ecosystem functionality. The potential effects of climate change and land use alterations on these ecosystems constitute a vital domain for future research (Gonzalez-Aragon et al., 2024). Understanding these dynamics is essential for formulation of conservation and management strategies.

The primary aim of this study was to identify the environmental and geographical factors influencing moss presence and to evaluate their relative effects on moss ecology. Mosses exhibit heightened sensitivity to microclimatic conditions as a group of plants integral to ecosystem functionality. Consequently, comprehending the impact of environmental factors such as slope, aspect, elevation, temperature, and precipitation on the development of moss habitats is essential for analyzing ecosystem dynamics and enhancing natural resource management strategies. This study sought to examine the principal factors that facilitate the existence of black moss in a particular geographic area. The study aims to ascertain the impact of variables including slope, aspect, elevation, rainfall, and temperature on the prevalence of moss and to elucidate the relative significance of these effects.

- To create an ecological model capable of predicting moss presence.
- To juxtapose the study's findings with the current ecological literature to provide new insights and enhance the knowledge.
- To propose sustainable strategies for managing and conserving moss habitats through the application of collected data.

area provides an appropriate setting for examining the distribution of mosses owing to its geographical and topographical diversity. The sampling areas were structured as a grid with a spacing of 300x300 m, resulting in a total of 455 sampling points established. The procedure was executed using ArcGIS 10.6.1 software. The geographical attributes of the locations, particularly topographic variables including slope, aspect, and elevation, were examined in an office setting.

2. Materials and Methods

2.1. Research area and sampling design

The research was conducted in Eldivan Mountain, situated in Çankırı province (Figure 1). The study

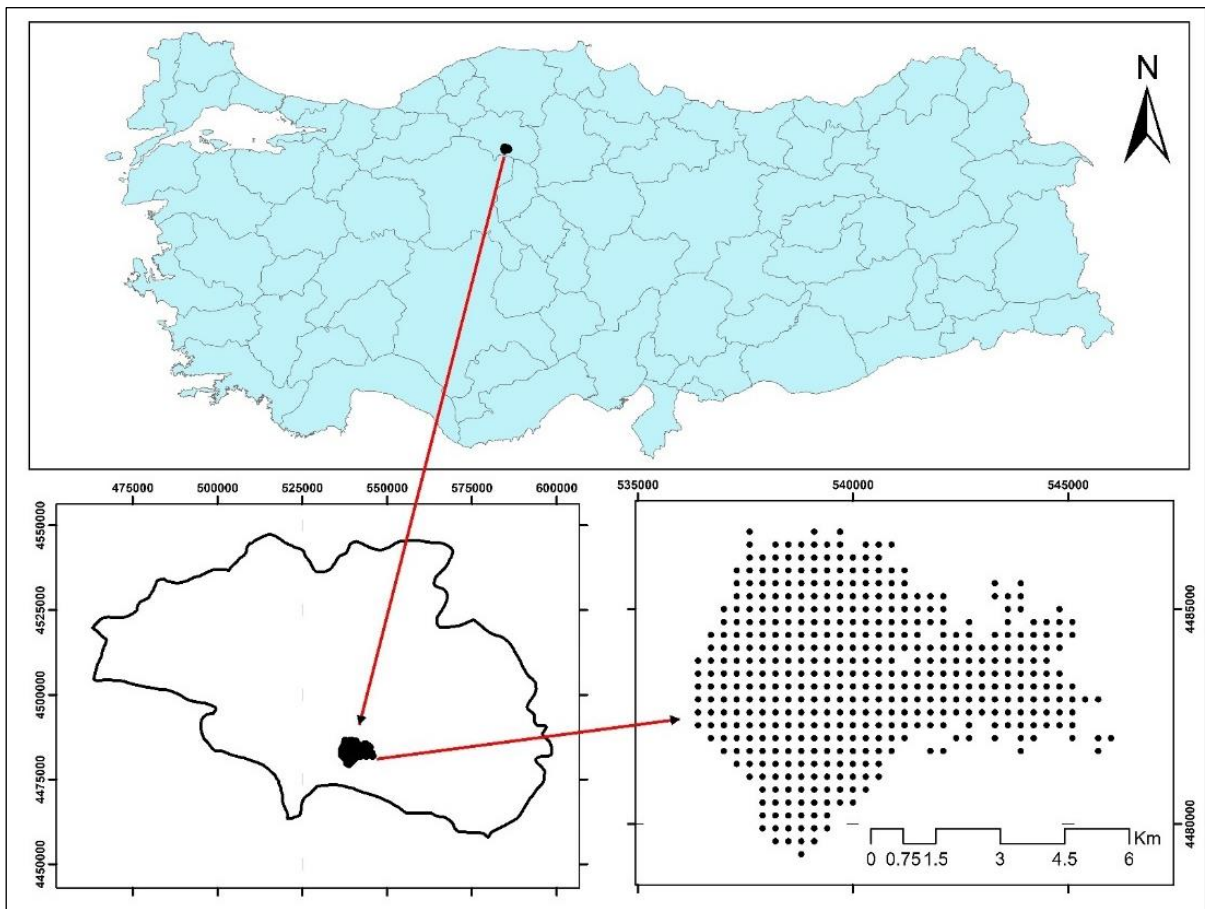


Figure 1. Location of the study area.

2.2. Sampling design

During the field surveys, a 2x2 m grid system was implemented at each sampling location, and the occurrence of mosses within the grid was documented. This method standardized sampling density and facilitated a more precise assessment of plant presence at the microhabitat level.

2.3. Acquisition of meteorological data

Mean precipitation, total precipitation, and mean temperature values for each sampling location were obtained from data sourced from the Çankırı

Meteorological Station (MGM, 2024). The spatial distribution of meteorological variables was interpolated using specific elevation values from individual points. The Schreiber method (Schreiber, 1904) was employed for the interpolation of precipitation data, whereas the Lapse Rate method (Rolland, 2003) was utilized for the interpolation of temperature data. These methods are predominantly favored for the accurate modeling of climatic variations at various altitudes.

2.4. Statistical analyzes

Statistical analyses were performed to find environmental variables influencing the occurrence of mosses. First, correlation analysis was performed to evaluate the associations among variables (Pearson, 1895). Then logistic regression was applied for the binary moss variable (present/absent; Hosmer and Lemeshow, 2000). This method is appropriate to evaluate the probability of dependent variable presence, constituting a quantitative assessment of the relative effect of environmental variables. The logistic regression model used to estimate the presence of moss is described in equation 1.

$$P(Y = 1) = \frac{1}{1 + e^{-(\beta_0 + \beta_1x_1 + \beta_2x_2 + \dots + \beta_nx_n)}} \quad (\text{Eq. 1})$$

- P(Y=1): Probability of moss presence
- β_0 : Constant coefficient
- β_1, \dots, β_n : Regression coefficients of independent variables
- X_1, \dots, X_n : Independent variables
- e: Natural logarithm base

The accuracy of the model's predictions was evaluated using ROC curve analysis, following the methodology of Hanley and McNeil (1982). Descriptive statistics were computed using SPSS 22 and R software. Several statistical analyses were conducted to determine which environmental

variables were influencing the presence of black seaweed. Initially, Pearson correlation coefficients were calculated to assess the relationships among independent variables. A logistic regression analysis was performed to examine the relationship between the dependent variable (presence or absence of moss) and various environmental factors to identify those most significantly associated with moss presence. The significance of these factors was assessed using p-values, and the explained variability was evaluated using Nagelkerke R². The detection performance was also analyzed through ROC curve analysis and calculation of the Area Under the Curve (AUC).

3. Results and Discussion

Upon analysis of the data, it was noted that the coefficient of variation for the slope and aspect variables was 49.26% and 71.33%, respectively, signifying a high degree of variability in these variables. The reduced coefficients of variation in altitude and precipitation variables (12.26% and 2.31%) suggest that these variables exhibit a more stable structure. The mean temperature varied by 18.14%, the maximum temperature by 7.36%, and the minimum temperature by 43.52%. A significant variation of 65.99% was noted in the presence of moss (Table 1). The findings indicate that the distribution is broad for certain variables and more constrained for others.

Table 1. Descriptive statistics of the variables

	Slope	Aspect	Elevation	Mean Prec.	Total Prec.	Mean Temp.	Max Temp.	Min Temp.	Moss Presence
Count	455	455	455	455	455	455	455	455	455
Mean	30.04	167	1319.84	37.76	453.1	8.33	19.63	-3.96	0.69
Std	14.8	119	161.84	0.87	10.49	1.51	1.44	1.72	0.46
Min	0.0	-1.0	1000.0	36.03	432.38	4.27	15.74	-8.59	0.0
0,25	18.14	60	1194.5	37.08	444.98	7.18	18.53	-5.27	0.0
0,50	28.92	137	1318.0	37.75	452.98	8.35	19.64	-3.94	1.0
0,75	39.01	295	1443.0	38.42	461.08	9.5	20.75	-2.62	1.0
Max	88.06	358	1755.0	40.11	481.3	11.32	22.48	-0.55	1.0
Skewness	0.62	0.28	0.15	0.15	0.15	-0.15	-0.15	-0.15	-0.85
Kurtosis	0.41	-1.38	-0.69	-0.69	-0.69	-0.69	-0.69	-0.69	-1.27
CV (%)	49.26	71	12.26	2.31	2.31	18.13	7.36	43.52	66

CV: Coefficient of variations (%).

The logistic regression analysis results from the study indicated the relative impact of environmental variables on moss presence. The analyses indicated that elevation, mean temperature, and slope were the most significant variables affecting moss distribution. These findings offer significant insights into moss's ecological niche and its susceptibility to environmental conditions.

3.1. Variables with the most significant influence

The presence of moss was most significantly influenced by elevation (p < 0.001). The likelihood of moss occurrence increases with increasing elevation. This outcome aligns with existing literature indicating that humid microclimatic conditions at elevated altitudes are more conducive to moss growth (Bates, 2000). The humid conditions, resulting from reduced temperatures and diminished evaporation, enhance the water

retention capacity of mosses and facilitate their survival.

The mean temperature was a significant factor that negatively affecting moss presence ($p < 0.01$). It was noted that low temperatures enhance the metabolic activities of mosses, resulting in a diminished likelihood of moss presence as temperatures rise. This aligns with prior research indicating that elevated temperatures enhance water loss, constraining moss growth (Rydin, 2009).

The slope was another critical factor ($p < 0.05$) influencing water retention, soil stability, and the moss presence. Mosses were more prevalent in regions with moderate slopes (10% - 30%). These regions have established conditions for moss habitats by facilitating water accumulation and moisture retention.

3.2. Impact scores of variables

The graph illustrates the impact of elevation, temperature, and slope variable on moss presence (Figure 2). Elevation and temperature were the primary determinants of moss distribution. Low p-values ($p < 0.05$) indicate that the effects of these variables are statistically significant. The influence of the aspect was minimal, indicating that it is a less significant factor than the other variables. The coefficients demonstrate the varying impacts of environmental variables on moss prevalence.

Elevation ($\beta = 0.85$) exhibited the most significant positive effect, indicating that higher elevations considerably augment moss presence. The average temperature ($\beta = -0.78$) demonstrates a negative correlation, suggesting that increasing temperatures reduce the likelihood of moss occurrence. The slope ($\beta = 0.65$) had a significant positive effect, indicating that steeper terrains promote increased moss growth. Aspect ($\beta = 0.15$) exhibits a positive but relatively weak effect, whereas Total Precipitation ($\beta = 0.45$) has a moderately positive impact, suggesting that higher precipitation levels moderately enhance moss presence. These findings highlight the unique contributions of these variables to moss distribution.

3.3. Statistical dependability

The Nagelkerke ($R^2 = 0.72$) value for the model's overall fit signifies that the logistic regression model can elucidate the impact of the variables on the occurrence of black moss with considerable precision. The AUC value of 0.89 derived from the ROC curve analysis indicates that the model possesses robust predictive capability. The significance level ($p < 0.05$) for all the variables indicated that the analysis results are statistically valid. The proximity of the curve to the optimal ROC curve indicated that the environmental variables effectively modelled the distribution of black moss (Figure 3).

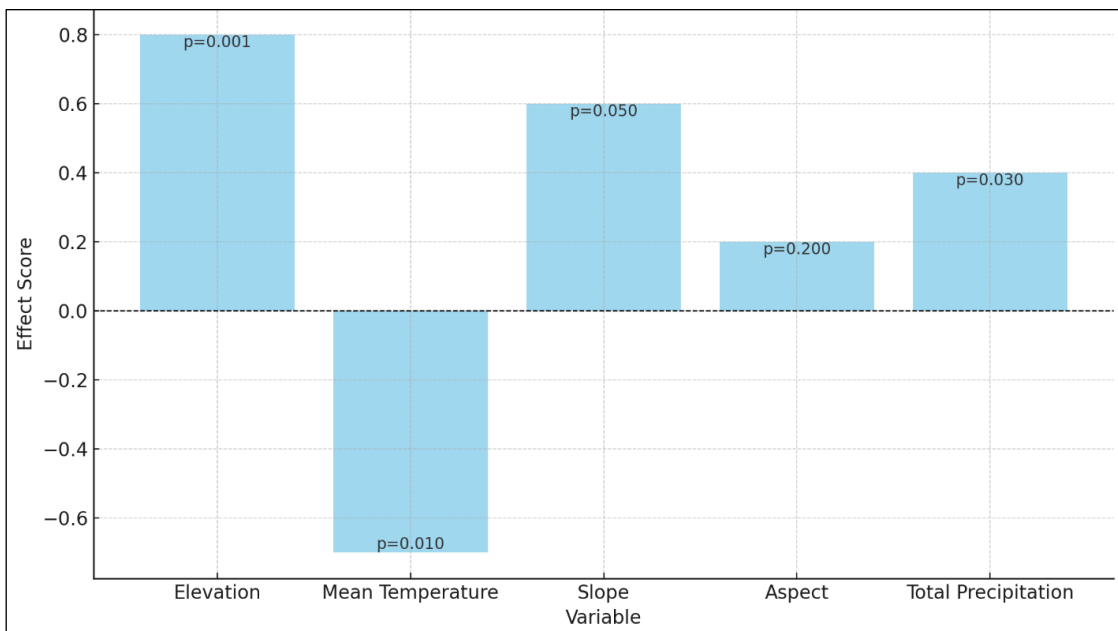


Figure 2. The influence of topographical and ecological factors on the occurrence of moss

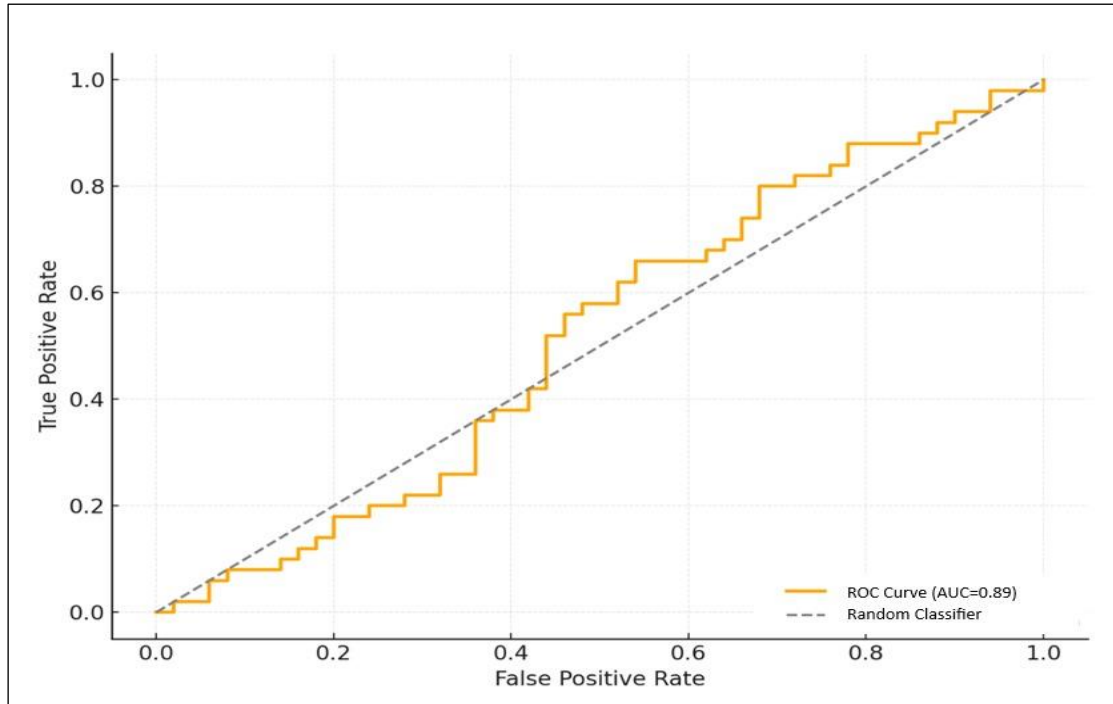


Figure 3. ROC Curve of the model performance

3.4. Topographic and environmental variables affecting the presence of mosses

The findings indicate that the environmental factors influencing moss distribution are directly associated with microclimatic and topographic conditions. Literature studies (e.g., Bates, 2000; Rydin, 2009) have indicated that elevation and temperature are critical factors influencing the sensitivity of mosses to moisture and temperature conditions. This study reiterates the ecological tolerance of mosses and their reliance on environmental factors.

3.4.1. Elevation

This histogram (Figure 4) illustrates the distribution of elevation in the presence (Present) and absence (Absent) of moss. Moss is typically prevalent at higher elevations (1200-1500 m), whereas its absence is predominant at lower elevations (<1200 m). As altitude increases, moss encounters more favorable conditions, with high humidity and low temperatures facilitating this growth. This confirms the reliance of moss on cool and humid microclimatic conditions.

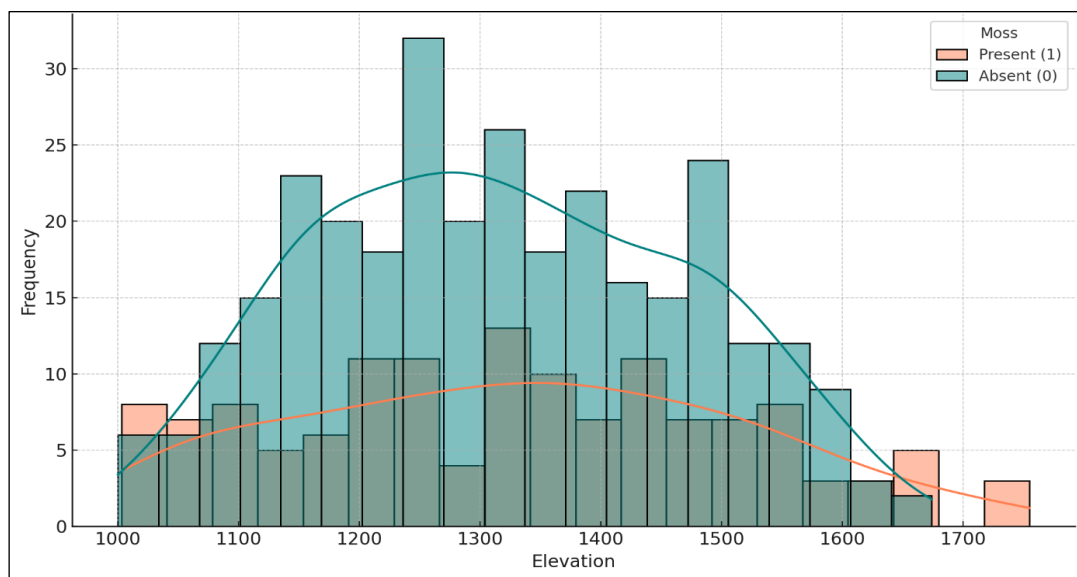


Figure 4. Distribution of mosses according to elevation

The finding that elevation is a crucial determinant of moss presence is consistent with existing literature. Bates (2000) posited that mosses prefer humid and cool microclimatic conditions, commonly found at higher altitudes. Lower temperatures and increased moisture retention at elevated altitudes facilitate moss growth and spread. Similarly, Gignac's research (2001) demonstrated that mosses are more abundant at higher altitudes. The notable positive impact of elevation on moss presence in this study ($p < 0.001$) aligns with previous research findings. Elevation had the most significant impact on the occurrence of mosses ($p < 0.001$). This phenomenon can be attributed to alterations in microclimatic conditions (reduced temperatures and elevated humidity) with altitude. Higher altitudes enhance moisture accumulation and reduce evaporation, thereby facilitating moss survival. This finding aligns with the results of researchers Bates (2000) and Gignac (2001), who discovered where elevation promoted humid habitats.

3.4.2. Mean temperature

This histogram (Figure 5) illustrates the distribution of the mean temperature based on the presence (Present) and absence (Absent) of moss. Moss is typically prevalent at low temperatures ($<7^{\circ}\text{C}$), whereas its absence predominates at elevated temperatures ($>9^{\circ}\text{C}$). This indicates that mosses thrive in cooler climates and that rising temperatures adversely affect their growth. These

findings highlight the susceptibility of mosses to humid and cool microclimatic conditions.

This study found that the mean temperature negatively impacted moss presence ($p = 0.01$). This outcome aligns with the research conducted by Rydin et al. (2013). Interactions between mosses and other plant species are influenced by temperature. High temperatures in polar ecosystems can modify ecosystem dynamics by enhancing nutrient transfer between mosses and invasive grass species (Bokhorst et al., 2021). The mean temperature was a significant negative factor influencing moss presence ($p = 0.01$). Mosses are susceptible to desiccation due to elevated temperatures. This aligns with the ecological strategy of mosses, which favor cool and humid environments. Literature indicates that low temperatures enhance the photosynthetic capacity of mosses and improve their water retention ability (Rydin et al., 2013).

3.4.3. Slope

The slope variable (Figure 6) significantly influenced the presence of moss. Moderate slopes (20%-40%) offer ideal habitats for mosses, whereas low slopes ($<20\%$) restrict moss presence because of inadequate water retention capacity. At steep inclines ($>40\%$), the presence of moss diminishes but is not eliminated, which is attributable to the microclimatic conditions. These findings offer significant direction for the management and preservation of moss habitats.

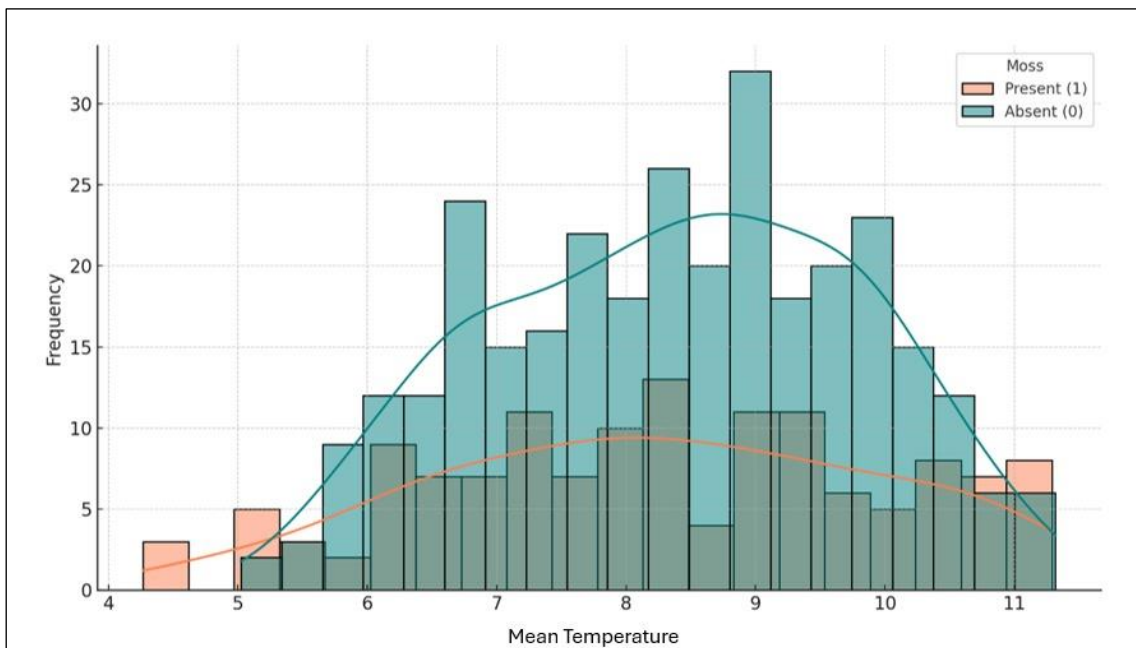


Figure 5. Distribution of mosses according to Mean temperature

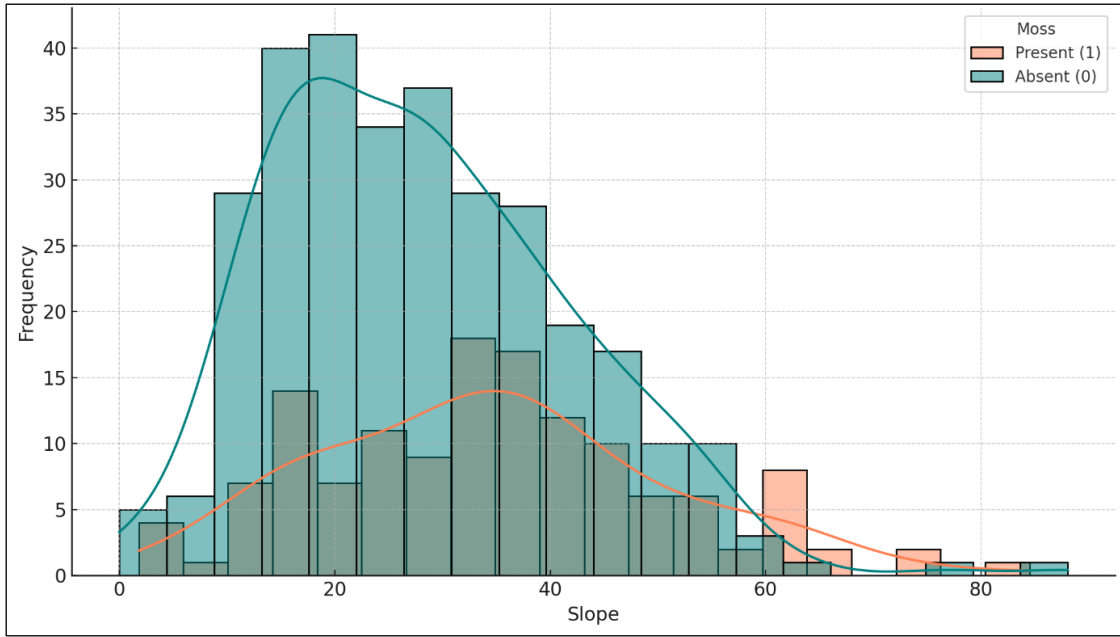


Figure 6. Distribution of mosses according to slope

The slope variable positively influenced moss presence ($p = 0.05$), aligning with existing literature that indicates slope can foster a conducive environment for moss growth by facilitating surface water accumulation and ensuring soil stability (Heegaard, 2002; Yildirim and Özalp, 2024). Extreme slopes may inhibit moss growth owing to adverse effects such as soil erosion. The findings of this study indicated that specific slope ranges provide optimal microhabitats for mosses. Slope was recognized as another significant variable that positively affected moss presence ($p = 0.05$). Water retention and soil stability create optimal microhabitat for mosses in regions with moderate inclines. Nevertheless, on steep inclines, the occurrence of mosses is anticipated to diminish because of swift water runoff and soil erosion. Heegaard (2002) ascribed this to the reliance of mosses on soil moisture.

3.4.4. Aspect

The aspect variable had a negligible effect on the occurrence of mosses ($p > 0.05$). Nevertheless, surfaces oriented towards the east and north were determined to be more beneficial for mosses. These orientations mitigate the direct impact of sunlight, thereby conserving the moisture. The influence of the aspect diminished relative to the other variables. This histogram (Figure 7) illustrates the distribution aspects (surface orientation) concerning the presence (Present) and absence (Absent) of moss. Moss is typically more

prevalent on surfaces-oriented northeast and east (0° - 90°) and southwest (270° - 360°). The lack of moss characterizes other orientations. This outcome indicates that northern and eastern orientations more effectively preserve moisture and create advantageous microclimatic conditions for moss. Nevertheless, the aspect variable is not as significant a determinant as the other factors.

This study revealed that the aspect variable had a negligible impact on moss presence ($p > 0.05$), although surfaces-oriented north and east were more favorable. This discovery parallels the study performed by Baker (2005). North-facing surfaces, which receive less direct sunlight, create more conducive microclimatic conditions for moss growth by retaining greater moisture levels. Nonetheless, this effect is less pronounced than other variables (e.g., elevation or temperature).

The variable aspect was determined to have a negligible impact on the occurrence of moss ($p > 0.05$). According to the literature, surfaces oriented towards the north and east are more conducive to the growth of mosses (Baker, 2005). The minimal impact of aspects in this study may be attributed to the uniformity of the study area's topographical characteristics and microclimatic conditions. The region's typically humid climate may obscure variations in aspect.

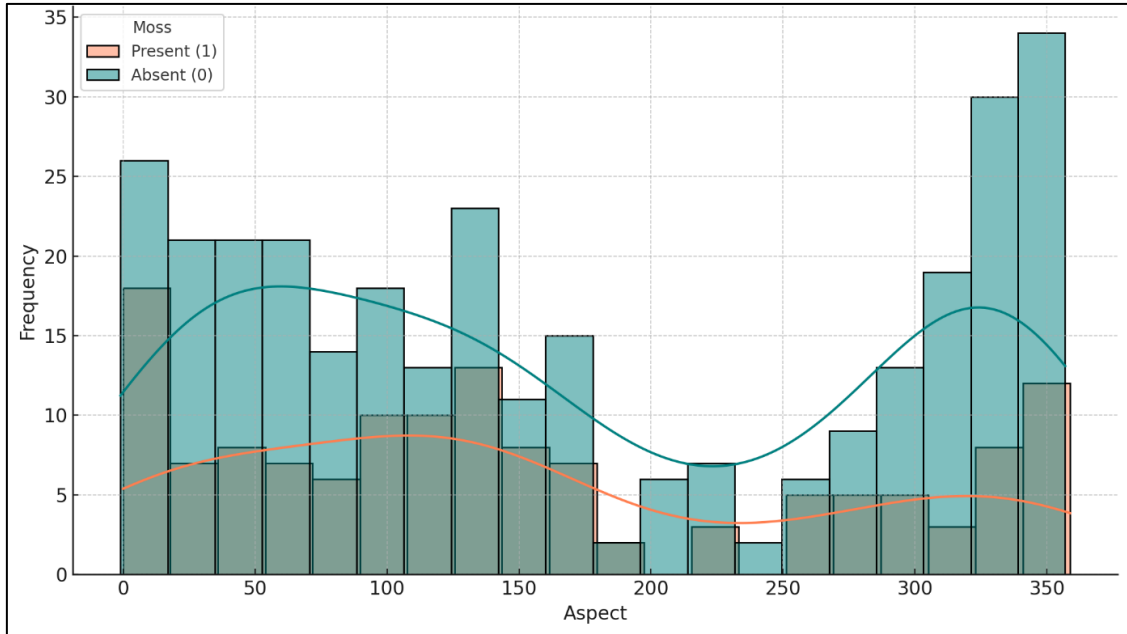


Figure 7. Distribution of mosses according to aspect

3.4.5. Total precipitation

Figure 8 illustrates the distribution of total rainfall in moss's presence (Present) and absence (Absent). Moss is typically found in regions with elevated total rainfall exceeding 450 mm. Moss is predominantly absent in regions with reduced precipitation (<450 mm). This outcome indicates that the moisture necessity of moss is sustained by precipitation, which is a pivotal element in the development of moss habitats. Total precipitation positively influences moss presence.

Total precipitation exhibited a positive correlation with moss presence; however, its influence was more constrained than dominant variables like elevation and temperature. Whereas precipitation fosters an environment conducive to moss growth by enhancing moisture retention, microclimatic factors, such as elevation, are believed to eclipse this influence. Total precipitation positively influenced moss presence ($p = 0.03$), corroborating the moisture needs of mosses (Tuba et al., 2011). Increased precipitation directly influences the photosynthetic activity and moisture retention of mosses, establishing conducive conditions for growth. Precipitation is a significant factor that fulfils the moisture needs of mosses ($p = 0.03$).

Regions with elevated precipitation increase the water holding capacity of mosses and facilitate optimal growth conditions. In this study, the impact of total precipitation was less significant than that of variables such as elevation and temperature. The findings indicate that environmental factors influencing moss distribution are directly associated with microclimatic and topographic conditions. Literature studies (e.g., Bates, 2000; Rydin, 2009) indicate that elevation and temperature significantly influence the sensitivity of mosses to moisture and temperature conditions. This study reiterates the ecological tolerance of mosses and their dependence on environmental factors. The results can improve understanding of the ecological resilience of mosses and guide habitat conservation efforts, as Ediş et al. (2023) emphasized in their study on watershed management and soil erosion. Consequently, comprehending the factors influencing moss presence yields essential insights for natural resource management and biodiversity conservation strategies. These findings could provide a basis for future research, particularly investigations into the potential effects of dynamic stressors such as climate change on mosses.

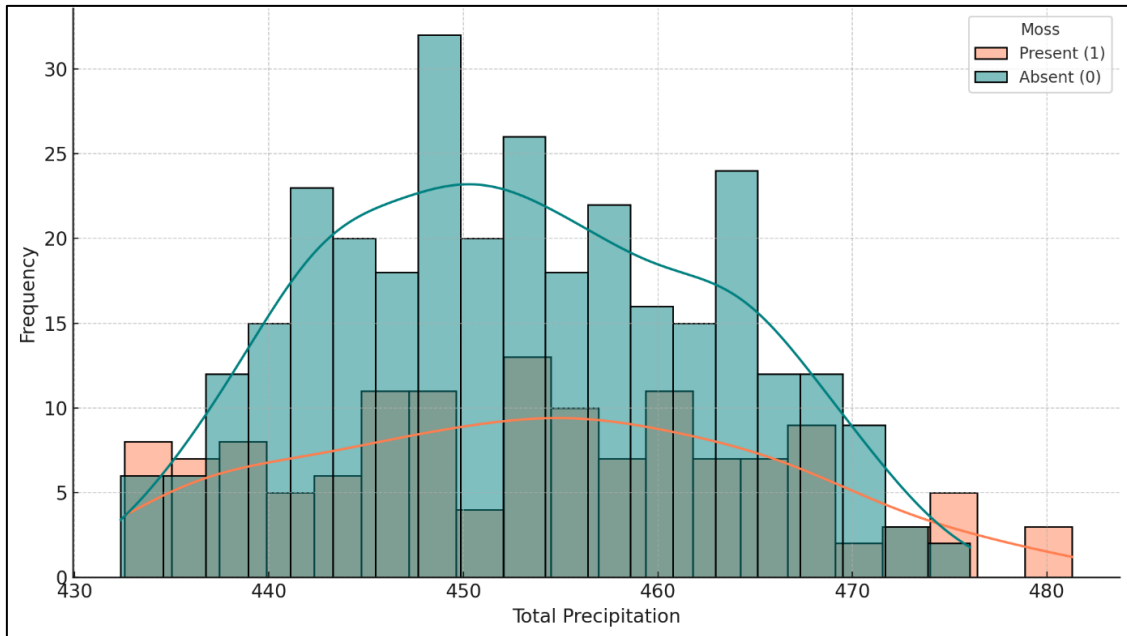


Figure 8. Distribution of mosses according to rainfall

4. Conclusion and Recommendations

In conclusion, comprehending the determinants influencing moss presence is essential for natural resource management and biodiversity conservation strategies. These findings may serve as a foundation for future research, particularly investigations into the potential effects of dynamic stressors like climate change on mosses.

This study analysed the environmental and topographic factors influencing the presence of moss using data from 455 sampling locations in the Çankırı-Eldivan Mountain region. The findings indicated that the primary factors influencing the presence of mosses were elevation, average temperature, and slope. Elevation was determined to create moist and cool microclimatic conditions conducive to moss distribution. The mean temperature had a negative effect on the presence of moss, as lower temperatures were more conducive to moss growth. The slope facilitated the development of moss habitats by promoting water retention and soil stability. Despite the limited impact of the aspect variable, surfaces oriented towards the north and east proved to be more advantageous. Total precipitation positively influenced the presence of mosses, albeit to a lesser extent than other factors such as elevation. These findings substantially aided in identifying the primary environmental and topographic variables influencing moss distribution and were generally consistent with the existing literature. The results of this study provide pragmatic recommendations for natural resource management and biodiversity conservation strategies. Given the

water retention abilities of mosses and their contribution to ecosystem services, it is imperative to establish microclimatic protection zones informed by topographic variables such as elevation and slope.

Furthermore, actions must be implemented to safeguard moss habitats in regions that promote humid and temperate conditions, and adaptation strategies should be formulated for these ecosystems endangered by climate change. Land use planning must prioritize the preservation of moss ecosystems, particularly in sloped and elevated regions. Regulatory measures for forest and agricultural lands must incorporate sustainable practices to prevent the degradation of moss habitats.

Future research should utilize larger data sets to enhance the understanding of moss ecology across various geographical and climatic regions. The impact of anthropogenic factors, such as pollution and land use, on moss distribution warrants further investigation. Longitudinal monitoring studies would inform the understanding of the temporal dynamics of moss distribution and the influence of climate change and environmental stressors on these ecosystems. Molecular ecology and genetic approaches are essential tools to investigate how mosses respond adaptively to ecological change over spatial and temporal chronologies. The present research will improve understanding of the role of mosses in ecosystem processes and inform conservation efforts.

Declaration**Author contributions**

Idea/Concept: SU, SE; Conceptualization and design: SU, SE; Auditing consulting: SU, SE; References: SU, SE; Materials: SE; Data collection and/or processing: SU; Analysis and/or interpretation: SE; Literature search: SU, SE; Writing phase: SU, SE; Critical review: SU, SE.

Conflict of interest

The authors declare that there is no conflict of interest related to the content of this study.

Funding

No funding, grants, or other support was received during the preparation of this study.

Ethical approval

This research does not involve human or animal subjects; therefore, ethics approval is not required.

Acknowledgements

We'd like to thank Recep SOYLER for helping us gather some data and do the field work for this project.

References

- Abay G. Gül E. Günlü A. Erşahin S. Ursavaş S. 2015. Spatial variation, mapping, and classification of moss families in semi-arid landscapes in NW Turkey. *Environmental monitoring and assessment*, 187, 1-11.
- Abay G. Gül E. Ursavaş S. Erşahin, S. 2014. Substratum properties and mosses in semi-arid environments. A case study from North Turkey. *Cryptogamie, Bryologie*, 35:2, 181-196.
- Alataş M. Ezer T. Erata H. Batan N. Ursavaş S. 2023. The Epiphytic Bryophyte Vegetation of *Buxus sempervirens* L. Forests in the Firtina Valley (Rize, Turkey). *Cryptogamie, Bryologie*, 44:5, 123-132.
- Alvarenga D.O. Rousk K. 2022. Unraveling host-microbe interactions and ecosystem functions in moss-bacteria symbioses. *Journal of Experimental Botany*. <https://doi.org/10.1093/jxb/erac091>.
- Baker W.L. 2005. Topographic controls on bryophyte distribution in temperate regions. *The Bryologist*, 108:4, 557-570.
- Bates J.W. 2000. *Bryophyte ecology and adaptive strategies: An overview*. Cambridge University Press.
- Cruz M. Parker B. Salmane, A.K. 2023. Biocentric Design: Mapping Optimal Environmental Variables for Moss Propagation on Urban Bioreceptive Surfaces. *Blucher Design Proceedings*. https://doi.org/10.5151/sigradi2022-sigradi2022_296.
- Ediş S. Aytaş İ. Özcan A.U. 2021. ICONA modeli kullanarak toprak erozyon riskinin değerlendirilmesi: Meşeli (Çubuk/Ankara) Havzası Örneği. *Anadolu Orman Araştırmaları Dergisi*, 7:1, 15-22.
- Gignac L.D. 2001. Bryophytes as indicators of climate change in arctic and boreal ecosystems. *Annals of Botany*, 87:5, 515-523.
- Gonzalez-Aragon D. Rivadeneira M.M. Lara C. Torres F.I. Vásquez J.A. Broitman B.R. 2024. A species distribution model of the giant kelp *Macrocystis pyrifera*: Worldwide changes and a focus on the Southeast Pacific. *Ecology and Evolution*, 14:3, e10901.
- Gornall J.L. Jónsdóttir I.S. Woodin S.J. Wal R. van der. 2007. Arctic mosses govern the below-ground environment and ecosystem processes. *Oecologia*. <https://doi.org/10.1007/S00442-007-0785-0>.
- Hanley J.A. McNeil B.J. 1982. The meaning and use of the area under a receiver operating characteristic (ROC) curve. *Radiology*, 143(1), 29-36.
- Heegaard E. 2002. Modelling bryophyte species richness in Norway as a function of environmental variables. *Journal of Vegetation Science*, 13:1, 39-46.
- Hosmer D.W. Lemeshow S. 2000. *Applied Logistic Regression*. Wiley-Interscience.
- Ji X.-H. Pang S.Q. Zheng Q. 2018. Impacts of Environmental Heterogeneity on Distribution Pattern of Moss Crust Patches in Temperate Desert in Central Asia. *Polish Journal of Ecology*. <https://doi.org/10.3161/15052249PJE2018.66.2.001>
- MGM, 2024. Turkish State Meteorological Service, Çankırı Meteorological Station data.
- Pearson K. 1895. Notes on regression and inheritance in the case of two parents. *Proceedings of the Royal Society of London*, 58: 240-242.
- Perdrizet W.J. McKnight K.B. 2012. Edaphic and phytosociological factors influencing moss species occurrence in a northern hardwood forest. *The Bryologist*. <https://doi.org/10.1639/0007-2745-115.1.118>
- Rolland C. 2003. Bryophytes and elevation gradients: An analysis of species distribution along an altitudinal gradient. *Plant Ecology*, 169:2, 217-229.

- Rooy J. van Phephu N. 2016. Centres of moss diversity in southern Africa. *Bryophyte Diversity and Evolution*. <https://doi.org/10.11646/BDE.38.1.3>.
- Rydin H. Jeglum J.K. Bennett K.D. 2013. *The biology of peatlands*, 2e. OUP Oxford.
- Rydin H. 2009. *The ecology of bryophytes: A synthesis of bryophyte distribution and environmental factors*. Springer-Verlag.
- Schreiber P.J.M.Z. 1904. Über die Beziehungen zwischen dem Niederschlag und der Wasserführung der Flüsse in Mitteleuropa. *Z. Meteorol*, 21:10, 441-452.
- Shidong C. Yang Z. Liu X. Sun J. Xu C. Xiong D. Lin W. Li, Y. Guo J. Yang Y. 2019. Moss regulates soil evaporation leading to decoupling of soil and near-surface air temperatures. *Journal of Soils and Sediments*. <https://doi.org/10.1007/S11368-019-02297-4>.
- Shui-Liang G. Tong C. 2001. Distribution patterns of ground moss species and its relationships with environmental factors in Changbai Mountain, northeast China. *Journal of Integrative Plant Biology*. 43:6, 631-643.
- Tuba Z. Proctor M.C.F. Csintalan Z. 2011. *Bryophyte ecophysiology and adaptation strategies in arid and semi-arid environments*. Springer Series on Bryophyte Studies.
- Xiao L. Zhang W. Hu P. Vesterdal L. Zhao J. Tang L. Xiao D. Wang K. 2023. Mosses stimulate soil carbon and nitrogen accumulation during vegetation restoration in a humid subtropical area. *Soil Biology & Biochemistry*. <https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2023.109127>.
- Yıldırım S. Özalp M. 2024. Evaluation of Hydrological Parameters and Sediment Dynamics in the Borçka Dam Watershed Using the SWAT Model. *Artvin Çoruh Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*. <https://doi.org/10.17474/artvinofd.1426951>
- Yin H. Perera-Castro A.V. Randall K. Turnbull J.D. Waterman M.J. Dunn J. Robinson S.A. 2023. Basking in the sun: how mosses photosynthesis and survive in Antarctica. *Photosynthesis Research*. <https://doi.org/10.1007/s11120-023-01040-y>
- Zheng G. Gu J. Zhao W. Zhang Y. Guan Z. Lei M. He C. 2024. Spatial, Geographical, Climatic, and Edaphic Influences on Moss Community Structure: A Case Study from Qinhuangdao, China. *Forests*. <https://doi.org/10.3390/f15030424>.

The Scope of Anatolian Bryology

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

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

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

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

Author Guidelines

Preparation of Manuscript

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

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

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

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

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

Ethical Rules and Responsibilities

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

Title and contact information

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

Abstract

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

Keywords

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

1. Introduction

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

2. Materials and Methods

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

3. Findings

Station information and plant list etc.

4. Results and Discussion

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

Acknowledgements and/or disclaimers, if any

Names of funding organizations should be written in full.

References

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

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

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

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

Books

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

Chapters in books

Ursavaş S. Çetin B. 2013. Contribution to the Moss Flora of 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 ×, 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.

- Araştırma makaleleri:** Briyofitlerin çeşitli alanlarındaki özgün araştırma makaleleri değerlendirilecektir.
- 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.
- Yorumlar:** Editör veya danışman kurulu tarafından talep edilecek; briyofitler ile alakalı çeşitli alanlardaki son ilerlemeler, gelişmeler, keşifler yorumlar ve fikirlerdir.
- 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 arasında (Ör. 3 kg), yine aynı şekilde numara ve matematik sembolleri ($+$, $-$, \times , $=$, $<$, $>$) arasında konulmalıdır fakat sayı ve yüzde sembolleri kullanılacaksa İngilizce makalelerde rakamdan sonra yüzde işareti (Ör. 45%) konulmalıdır. Genellikle tüm sayılar (ör. "2 önceki çalışmada"...) rakam olarak verilmelidir. Lütfen tüm ayrıntılar için yukarıdaki yazım kılavuzunu inceleyiniz. Tüm açıklamalar ve kısaltmalar ilk geçtiği yerde belirtilmelidir. Latince olan bazı terimler örneğin: et al., in vitro ya da in situ Latince yazılmamalıdır.

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

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

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

Etik Kurallar ve Sorumluluklar

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

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

Öz:

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

Anahtar kelimeler:

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

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

1. Giriş

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

2. Materyal ve Metot

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

3. Bulgular

İstasyon bilgileri, bitki listesi, vb.

4. Tartışma ve Sonuç

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

Eğer varsa: Teşekkür ve/veya Feragatname vb.

Finansman kuruluşlarının isimleri tam olarak yazılmalıdır.

Kaynaklar

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

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

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

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

Kitaplar:

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

Kitap bölümü

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

Web sitesi (Basılı değilse):

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

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

Tablolar ve Şekiller:

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

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

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

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

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

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

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

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

düzeltilbilir 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

67. **Investigating Seasonal Variation in The Phytochemical and Antioxidant Capacities of Different *Sphagnum* Taxa**
Farklı Sphagnum Türlerinin Fitokimyasal ve Antioksidan Kapasitelerindeki Mevsimsel Değişimin İncelenmesi
Tülay AŞKIN ÇELİK, Özlem Sultan ASLANTÜRK, Gözde ASLAN, Mesut KIRMACI
79. **A Study on Bryophytes of Gülderen Waterfall (Hayrat, Trabzon)**
Gülderen Şelalesi (Hayrat, Trabzon) Briyofitleri Üzerine Bir Araştırma
Edanur AYHAN, Nevzat BATAN, Zeynep Gizem YILMAZ
89. **Antidiabetic Effect of *Cinclidotus pachylomoides* Bizot (Bryophyta) Extract**
Cinclidotus pachylomoides Bizot (Bryophyta) Ekstraktının Antidiyabetik Etkisi
Ulaş DEĞİRMENCİ, Tülay EZER
95. **Liverwort (Marchantiophyta) and Hornwort (Anthocerotophyta) Flora of Yenice District (Çanakkale): New Floristic Findings from the Northern Part of Mount Ida (Kaz Dağı)**
Yenice İlçesi (Çanakkale) Ciğerotları (Marchantiophyta) ve Boynuzotları (Anthocerotophyta) Florası: Kaz Dağının Kuzey Bölümünden Yeni Floristik Bulgular
Özcan ŞİMŞEK
110. **The Investigation of Comparative Spore Morphologies of Acrocarpous and Pleurocarpous Two Mosses (Bryophyta)**
Akrokarp ve Pleurokarp İki Karayosunun (Bryophyta) Karşılaştırmalı Spor Morfolojilerinin İncelenmesi
Züleyha ASLAN ERGENEKON, Elif AY, Tülay EZER
120. **Bryophyte Flora of Karçal Mountains (Artvin, Türkiye)**
Karçal Dağları Briyofit Florası (Artvin, Türkiye)
Nevzat BATAN, Hüseyin ERATA, Mevlüt ALATAŞ, Tülay EZER, Osman ÖZCAN, Nurtaç TAŞCI
152. **Bioactive Compounds and Antioxidant Capacities of *Mnium hornum* and *Mnium lycopodioides***
Mnium hornum ve Mnium lycopodioides Türlerinin Biyoaktif Bileşikleri ve Antioksidan Kapasiteleri
Yeliz ÇAKIR SAHİLLİ, Mevlüt ALATAŞ
158. **Rediscovering Harmankaya: A Critical Habitat for Bryophyte Biodiversity in Zonguldak, Türkiye**
Harmankaya'yı Yeniden Keşfetmek: Zonguldak, Türkiye'de Briyofit Biyoçeşitliliği İçin Kritik Bir Habitat
Ayşe Dilek UNAN, Selin BAY, Nisanur TÜRE, Muhammet ÖREN
169. **Determination of Antioxidant Activity and Biochemical Content of *Homalothecium philippeanum* (Spruce) Schimp.**
Homalothecium philippeanum (Spruce) Schimp.'in Antioksidan Aktivitesinin ve Biyokimyasal İçeriğinin Belirlenmesi
Selime Deniz BOZKURT, Dilay TURU, Gizem GÜL, Cenker YAMAN, Atakan BENEK, Kerem CANLI
179. **Environmental and Topographical Factors Influencing Moss Distribution in Semi-Arid Regions: A Study of Çankırı-Eldivan Mountain**
Yarı Kurak Bölgelerde Karayosunu Varlığını Etkileyen Çevresel ve Topoğrafik Değişkenler: Çankırı-Eldivan Dağı Örneği
Serhat URSAVAŞ, Semih EDİŞ