



Türkiye’deki Bazı Akrokarp Karayosunlarının Spor Morfolojileri

Filiz Birgi^f, İsmühan Potoğlu Erkara¹, Onur Koyuncu¹

¹Eskişehir Osmangazi Üniversitesi, Fen Edebiyat fakültesi, Biyoloji Bölümü, 26480, Meşelik, Eskişehir, Türkiye

*Sorumlu yazar

E-posta: fbirgi@ogu.edu.tr

Geliş Tarihi: 10 Ekim 2019

Kabul Tarihi: 13 Aralık 2019

ÖZET

Türkiye karayosunları için çeşitlilik merkezlerinden birisidir. Spor morfolojisi taksonomik açıdan yararlıdır. Çalışmanın amacı Türkiye’deki Grimmiaceae ve Pottiaceae familyasının detaylı taksonomik, morfolojik ve ekolojik karakterizasyonu sağlamaktır. *Schistidium trichodon* (Brid.) Poelt, *Grimmia ovalis* (Hedw.) Lindb., *G. dissimulata* E.Maier, *G. decipiens* (Schultz) Lindb., *Syntrichia calcicola* J.J. Amann, *Tortula canescens* Mont., *T. lanceola* R. H. Zander, ve *T. muralis* Hedw. türlerinin sporları ışık ve taramalı elektron mikroskopları ile çalışılmıştır. Tüm sporlarda apertür bölgesi bir leptomadan oluşmaktadır. İncelenen taksonlarının spor morfolojisi verrukat, rugulat, bakulat-verrukat ve rugulat-verrukat olarak dört tiptir. Spor şekli prolat-sferoidaldir. Çalışılan taksonlarda spor boyutu 7-24 µm şeklinde ve spor duvarı sklerin ve intin içermektedir. Ekzin ve perin arasındaki ayrımı belirlemek oldukça güç olmaktadır. İncelenen akrokarp türler kayacıl ve toprak habitat tipine aittir. Çalışılan familyalarda taksonomik ve ekolojik içerikleri spor morfolojisi tabanında tartışılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Bryophyta, Grimmiaceae, Pottiaceae, Spor Morfolojisi, Işık Mikroskobu, Taramalı Elektron Mikroskop (SEM), Türkiye.

ABSTRACT

Turkey is one of the centers of diversity for the bryophytes. Spore morphology has been used in taxonomy. The purpose of the study are to provide a detailed taxonomical, morphological and ecological characterization of family Grimmiaceae and Pottiaceae in Turkey. The spores of *Schistidium trichodon* (Brid.) Poelt, *Grimmia ovalis* (Hedw.) Lindb., *G. dissimulata* E.Maier, *G. decipiens* (Schultz) Lindb., *Syntrichia calcicola* J.J. Amann, *Tortula canescens* Mont., *T. lanceola* R. H. Zander and *T. muralis* Hedw. were examined with light and scanning electron microscopy. The apertural region forms from a leptoma in all spores. The spore morphology of the studied taxa are four types as verrucate, rugulate, baculate-verrucate and rugulate-verrucate. The spore shape is prolate-spheroidal. In the studied taxa, the spore size is 7-24 µm and the spore wall includes sclerine and intine. It is very difficult to determine the distinction between exine and perine. The examined acrocarp species are belonged to saxicolous and terrestrial habitats. The taxonomical and ecological contents of the studied families were discussed on the basis of spore morphology.

Keywords: Bryophyta, Pottiaceae, spore morphology, light microscope, scanning electron microscope (SEM), Turkey

GİRİŞ

Anadolu coğrafik olarak Asya ve Avrupa’nın kesiştiği; iklimsel olarak da Akdeniz, İran-Turan ve Avrupa-Sibirya iklim alanlarının kesiştiği bir konumda bulunmaktadır. Kısa mesafeler arasında dağların ovaların akarsu ve vadi gibi yapıların bulunması bu çeşitliliği artırmaktadır. Bütün bu özelliklerden dolayı Anadolu’nun fitocoğrafik yapısı birden çok çeşitlilik göstermektedir. Bu değişken fitocoğrafik yapının içinde elbette ki damarlı bitkilerin yanında damarsız bitkiler de bulunmaktadır. Bu damarsız bitkilerin içinde bulunan bryofitlerde Anadolu florasında önemli yer tutmaktadır. Bitkiler aleminin en basit üyeleri olan bryofitler tohumlu bitkilerden sonra yaklaşık 23 000 türle ikinci büyük grubu oluşturmakta ve dünya üzerinde tohumlu bitkilerden daha fazla alana yayılış göstermektedir [1, 2]. Ülkemizde ise şimdiye kadar yapılan çalışmalar sonucu Hepaticae sınıfından 163 tür ve tür altı takson, Anthocerotae sınıfından 3 türün ve Musci sınıfından ise 721 tür ve tür altı takson kaydı verilmiştir [3]. Bryofitler çeşitli iklim ve habitatlarda yaşama özelliğine sahiptir. Sadece karasal ortamlarda değil; kumul, kayacıl, bataklık, su yüzeyinde, insan yapısı alanlarda çatı kiremitlerinde, mezar taşlarında, kaldırım taşlarında, aşırı kurak veya aşırı nemli ortamlarda yaşayacak adaptasyonlar geliştirmişlerdir. Bryofitlerin bitki gövdeleri genellikle küçüktür. Rizoid adı verilen tek hücreli ya da çok hücreli olabilen ipliksi yapılarla toprağa, ağaca ve kayaya tutunarak büyürler. Buldukları ortamlarda akrokarp karayosunları küme veya öbek oluştururken, pleurokarp olanlar bir halı gibi ortama yayılırlar. İncelenen familyalar akrokarp bitkilerdir. Bryofitler çoğunlukla küçük yapıya sahip olduklarından, tek başlarına ortamda bulduklarında

fark edilemezler, böyle küme ve yığın oluşturmaları onları görünür hale getirmektedir [4].

Çalışmamızda Bryophyta divisiosunun Grimmiaceae’ye ait 4 ve Pottiaceae’ye ait 4 taksonun spor morfolojisi çalışılmıştır. Bu çalışma sonucunda bryofitlerin polar ve ekvatorial ölçümleri tür teşhisine yararken spor yüzeyindeki ornamentasyon şekilleri bu teşhisi kolaylaştırmaktadır. Ayrıca ornamentasyon şekilleri bryofitlerin habitatları ve maruz kaldıkları iklim koşullarını göstermektedir. Grimmiaceae ve Pottiaceae familyasının ve cinslerinin ayrımı gametofitik ve sporofitik karakterlere göre yapılmıştır. Bryofitlerin taksonomik analizlerinde ve deskripsiyonlarında spor karakteristikleri yaygın bir şekilde kullanılmaktadır. Bryofitlerin sistematüğünde bu karakterler spor morfolojisi uygulamaları için model olabilir. Spor morfolojisi taksonomide sınırlı bir değere sahipken taksonomik problemlerin çözümünde yararlıdır. Bu aynı zamanda biyolojik ve taksonomik sınırların belirlenmesine yol açan evrimsel süreçler için potansiyel bir bilgi kaynağıdır [5]. Son yıllardaki bazı kaynaklar [5-16] intin yapısı ve spor dış morfolojisinin karayosunlarının karakterizasyonunda cins ve tür seviyesinde faydalı olduğunu ispat etmiştir. Fakat hala bu alanda yapılacak araştırmalara ihtiyaç vardır. Türkiye bryofit sporları tam olarak bilinmemektedir. Bu çalışmada bazı Grimmiaceae ve Pottiaceae türlerinin detaylı spor morfolojik karakteristikleri ışık (IM) ve taramalı elektron (SEM) mikroskopla çalışılmıştır. Bu çalışmanın amacı bu familyalara ait örneklerin spor morfolojisini karakterize ederek taksonomi, ekoloji ve paleobotanik alanlarındaki çalışmalara ışık tutmaktır.

MATERYAL VE YÖNTEM

Materyal

Çalışmada spor morfolojileri için daha önceden toplanan karayosunlarının kurutulmuş örneklerine ait sporlar kullanılmıştır. Bu 8 karayosunu türü Osmangazi Üniversitesi, Fen Edebiyat Fakültesi, Biyoloji Bölümü Herbaryumu'nda bulunmaktadır. Çalışmada incelenen örnekler, toplandıkları lokaliteler ve toplayıcı numaraları Tablo 1'de belirtilmiştir.

Tablo 1. Taksonlar ve Lokaliteleri

Taksonlar	Toplandığı Lokalite	Toplayıcı Numarası
<i>Schistidium trichodon</i> (Brid.) Poelt	A1 Osmaneli (Bilecik): Düzmeşe-Orhaniye, Göksu nehri (Avdan), şelale, kayalık, 96 m, N 40°21'07.2", E 029°54'08.4", 17.04.2006, kaya üzeri.	Savaroğlu 911
<i>Grimmia ovalis</i> (Hedw.) Lindb.	B7 Sündiken Dağları (Eskişehir): Arıkaya, <i>Pinus nigra subsp. pallasiana-Quercus cerris var. cerris</i> ormanı, 1200 m, 23.07.2000, kaya üzeri.	Savaroğlu 446
<i>G. dissimulata</i> E.Maier	A1 Osmaneli (Bilecik): Balçıkhisar köyü kırsalı, 584 m, N 40°20'43.4", E 029°58'09.0", 01.05.2008, kaya üzeri,	Savaroğlu 1346
<i>G. decipiens</i> (Schultz) Lindb.	Sündiken Dağları (Eskişehir): Tandır, <i>Pinus nigra subsp. pallasiana-Quercus cerris var. cerris</i> ormanı, 1400 m, 11.06.2000, kaya üzeri.	Savaroğlu 278
<i>Syntrichia calcicola</i> J.J. Amann	A1 Osmaneli (Bilecik): Vezirhan-Sarmaşık karayolu, mermer ocakları, orman yolu, <i>Pinus nigra, Quercus sp, Juniperus oxycedrus</i> , 378 m, N 40° 14' 37.8", E 029° 35.8", 15.05.2008, kaya üzeri.	Savaroğlu 1356
<i>Tortula canescens</i> Mont.	A2 Osmaneli (Bilecik): Kazancı Köyü, vadi içi, kanyon, 218m, N 40° 20'08.6", E 030° 12'46.1", 26.05.2006, kaya üzeri.	Savaroğlu 1077
<i>T. lanceola</i> R.H. Zander	A2 Osmaneli (Bilecik): Soğucakpınar -Soğucuk yolu, kanyon, 238m, N 40° 20'04.1", E 030° 12'57.9", 24.04.2006, toprak üzeri.	Savaroğlu 981
<i>T. muralis</i> Hedw.	A2 Osmaneli (Bilecik): Meceke köyü yolu, Kartalkayaşı karşısı, çevre yolu kenarı, kayalık, 100 m, N 40° 24' 36.5", E 030° 01' 34.5", 10.04.2006, kaya üzeri.	Savaroğlu 854

YÖNTEM

Çalışmada spor morfolojilerinin incelenmesinde ışık mikroskobu (IM) ve taramalı (SEM) mikroskop kullanılmıştır. Spor tabakalarının isimlendirilmesinde Faegri and Iversen (1975)' in terminolojisi kullanılmıştır [17]. Işık mikroskobunda incelenmek üzere, örneklerden alınan sporların Wodehouse (1935) ve asetoliz (Erdtman) (1957, 1969) yöntemleri ile preparatları hazırlanmıştır [18-20].

Sporların ölçümü ve fotoğrafların çekimi

Işık mikroskobuna dayalı morfolojik gözlemler 8 taksona ait sporlarda yapılmıştır. Sporların teşhisi, incelenmesi ve ölçümleri Nikon binoküler mikroskop ile yapılmıştır. Teşhisler için Aporchromatik oil immersiyon objektifi (x100) ve ölçümler için de mikrometrik oküler (x10, x40) kullanılmıştır. Kullanılan oküler mikrometresinin her bir aralığı 1m olarak hesaplanmıştır. Her taksona ait spor ölçümleri Polar eksen (P) ve Ekvatorial eksen (E) ve Sklerin (st) için Gausse eğrisi elde edilinceye kadar yapılmıştır. Bu ölçülerin ortalamaları (M), standart sapmaları (S) ve varyasyonları (Var) aşağıdaki formüller esas alınarak hesaplanmıştır [21].

Spor çapı ve ekzin ortalamaları (M):

$$M = m + a \cdot \frac{11}{nn} \cdot \dot{a}x \cdot y$$

$$\text{Standart Sapma} = \pm \sqrt{\frac{1}{n} \cdot \Sigma x^2 \cdot y - u^2}$$

$$\sqrt{\frac{1}{n} \cdot \Sigma x^2 \cdot y - u^2}$$

$$U = \frac{11}{nn} \cdot \dot{a}x \cdot y$$

Wodehouse (1935) ve Erdtman (1957, 1969) yöntemlerine göre yapılan preparatlarda, her takson sporuna ait polar ve ekvatorial eksen ile sklerin kalınlıkları, en az 25 en çok 50 kez ölçülmüştür [18-20]. Bu ölçümlerin doğrudan matematiksel ortalamaları alınmıştır. Çalışılan taksonların analizleri STATISTICA SIX SIGMA Programı kullanılarak değerlendirilmiştir. Mikrofotoğrafların çekimi ise Eskişehir Osmangazi Üniversitesi, Fen Edebiyat Fakültesi, Biyoloji

Bölümü, Botanik ABD, Palinoloji laboratuvarında bulunan Nikon 80i tipi mikroskop ve Kameram Dijital kamera ile yapılmıştır. Fotoğrafların büyütmesi x1000' dir.

Taramalı Elektron mikroskobu (SEM)

Herbaryumdan alınan materyallerden elde edilen sporlar, asetolize edilmeden direkt olarak iki taraflı karbon bant bulunduran metal spor taşıyıcıların yani stapların üzerine yerleştirilmiştir. Bu stapların üstündeki sporların iletken olması ve daha net görüntü almak için altınla kaplanmış ve JEOL 5600 LV taramalı elektron mikroskopta incelenmiştir [22,23]. Sporların teşhisleri için çeşitli temel palinolojik kitaplardan ve yapılan çeşitli çalışmalardan yararlanılmıştır [19, 24-27].

SONUÇ

Grimmiaceae ve Pottiaceae familyasının sporodermi perin, ekzin ve intin içerir. Ekzin ve perin arasındaki farkı tanımlamak zor olabilir. Bu nedenle sklerin kullanım için daha uygun bir terimdir. Ornamentasyon her cinste farklıdır

Tablo 2. Sporların ekvatorial görünüşteki morfometrik verileri.

Taksonlar	Measurements							
	P (µm)				E (µm)			
	R	X ± S _x	S	V (%)	R	X ± S _x	S	V (%)
<i>Schistidium trichodon</i> (W)	8,0-11,0	10,1-0,1	0,7	0,5	8,0-11,0	9,6-0,09	0,6	0,4
<i>S. trichodon</i> (E)	8,0-11,0	9,8-0,09	0,7	0,4	8,0-11,0	9,6-0,1	0,8	0,6
<i>Grimmia ovalis</i> (W)	9,0-12,0	10,1-0,1	0,7	0,5	6,0-12,0	9,5-0,1	1,1	1,2
<i>G. ovalis</i> (E)	8,0-12,0	9,8-0,1	0,8	0,8	8,0-11,0	9,5-0,1	0,8	0,7
<i>G. dissimulata</i> (W)	8,0-17,0	10,4-0,2	1,5	2,5	8,0-16,0	10,0-0,2	1,4	2,2
<i>G. dissimulata</i> (E)	7,0-11,0	9,1-0,1	0,8	0,6	7,0-11,0	9,1-0,1	0,8	0,6
<i>G. decipiens</i> (W)	10,0-13,0	10,9-0,1	0,8	0,7	9,0-13,0	10,8-0,1	0,8	0,6
<i>G. decipiens</i> (E)	8,0-11,0	10,0-0,09	0,6	0,4	8,0-12,0	9,8-0,1	0,7	0,5
<i>Syntrichia calcicola</i> (W)	15,0-18,0	16,5-0,2	1,0	1,1	13,0-17,0	14,6-0,2	1,2	1,5
<i>S. calcicola</i> (E)	15,0-19,0	17,3-0,2	1,1	1,2	14,0-18,0	16,0-0,2	1,1	1,3
<i>Tortula canescens</i> (W)	8,0-10,0	9,2-0,1	0,5	0,2	7,0-9,0	7,8-0,1	0,6	0,4
<i>T. canescens</i> (E)	7,0-10,0	8,6-0,1	0,8	0,6	6,5-9,0	8,0-0,1	0,7	0,5
<i>T.lanceola</i> (W)	22,0-26,0	22,9-0,2	1,1	1,2	17,0-22,0	19,6-0,3	1,6	2,7
<i>T.lanceola</i> (E)	19,0-24,0	21,7-0,3	1,8	3,1	18,0-23,0	20,0-0,3	1,6	2,6

Kısaltmalar: P: Polar eksen. E: Ekvatorial eksen. R: Ranj. X: Ortalama. S_x: Standart hata. S: Standart sapma. V: Varyasyon. W: Wodehouse Yöntemi. E: Erdtman Yöntemi.

Sporların Tanımlanması

Schistidium trichodon; Verrukat, sporlar düzensiz, subsferik, zaman zaman plano-konveks, boyut 8,0-11,0 µm (Ortalama değer 9,8 µm) (Şekil 1a-c).

Grimmia ovalis; Verrukat, sporlar elipsoid, zaman zaman açıkça plano-konveks, boyut değişken 8,0-12,0 µm (Ortalama değer 9,8 µm) (Şekil 1d-f).

Grimmia dissimulata; Verrukat, sporlar subsferikten plano-konveks ya da konkavo-konveks, boyut 7,0-11,0 µm (Ortalama değer 9,1 µm) (Şekil 2a-c).

Grimmia decipiens; Verrukat, sporlar düzensiz, subsferik, zaman zaman plano-konveks, boyut 8,0-11,0 µm (Ortalama değer 10,0 µm) (Şekil 2d-f).

Syntrichia calcicola; Verrukat, sporlar elipsoid, zaman zaman açıkça plano-konveks, boyut değişken 15,0-19,0 µm (Ortalama değer 17,3 µm) (Şekil 3a-c).

Tortula canescens; Rugulat, sporlar elipsoid, zaman zaman açıkça plano-konveks, boyut değişken 7,0-10,0 µm

ve türlerin tanınması bu özelliklerine göre mümkün olabilir. Apertür bölgesi bir açıklıktan oluşabilir. Ornamentasyon elemanlarının bir ya da daha fazlası halka oluşturabilir ya da oluşturamaz. Familyanın incelenen taksonlarının spor morfolojisi 4 tiptir. Grimmiaceae familyasına ait olan 4 tür ve Pottiaceae familyasından bir tür tek tip (uniform) spor yapısına sahiptir. *Schistidium trichodon*, *Grimmia ovalis*, *G. dissimulata*, *G. decipiens* ve *Syntrichia calcicola*'da verrukat, (Tip I), *Tortula canescens*'de rugulat (Tip II), *T. lanceola*'da bakulat-verrukat (Tip III) ve *T. muralis*'de rugulat-verrukat (Tip IV) ornamentasyon görülmektedir. Sporların hepsi radyal simetrik, izopolar ve spor şekilleri prolat-sferoidal (Şekil 1-4, a-f)'dir. İncelenen familyaların spor boyutu 7-24 µm şeklinde tespit edilmiştir. Referans örneklerinin ölçümleri karşılaştırma örneklerinin ölçümleriyle uygundur. Ancak ortalama biraz farklıdır. Bu durum tür içi varyasyonun varlığını yansıtır. Ekvatorial görünüşte polar eksen ölçümleri (P) Erdtman yöntemine göre hazırlanan preparatlara göre değerlendirilmiştir. Sporların morfometrik verileri Tablo 2-4'de verilmiştir.

(Ortalama değer 8,6 µm) (Şekil 3d-f).

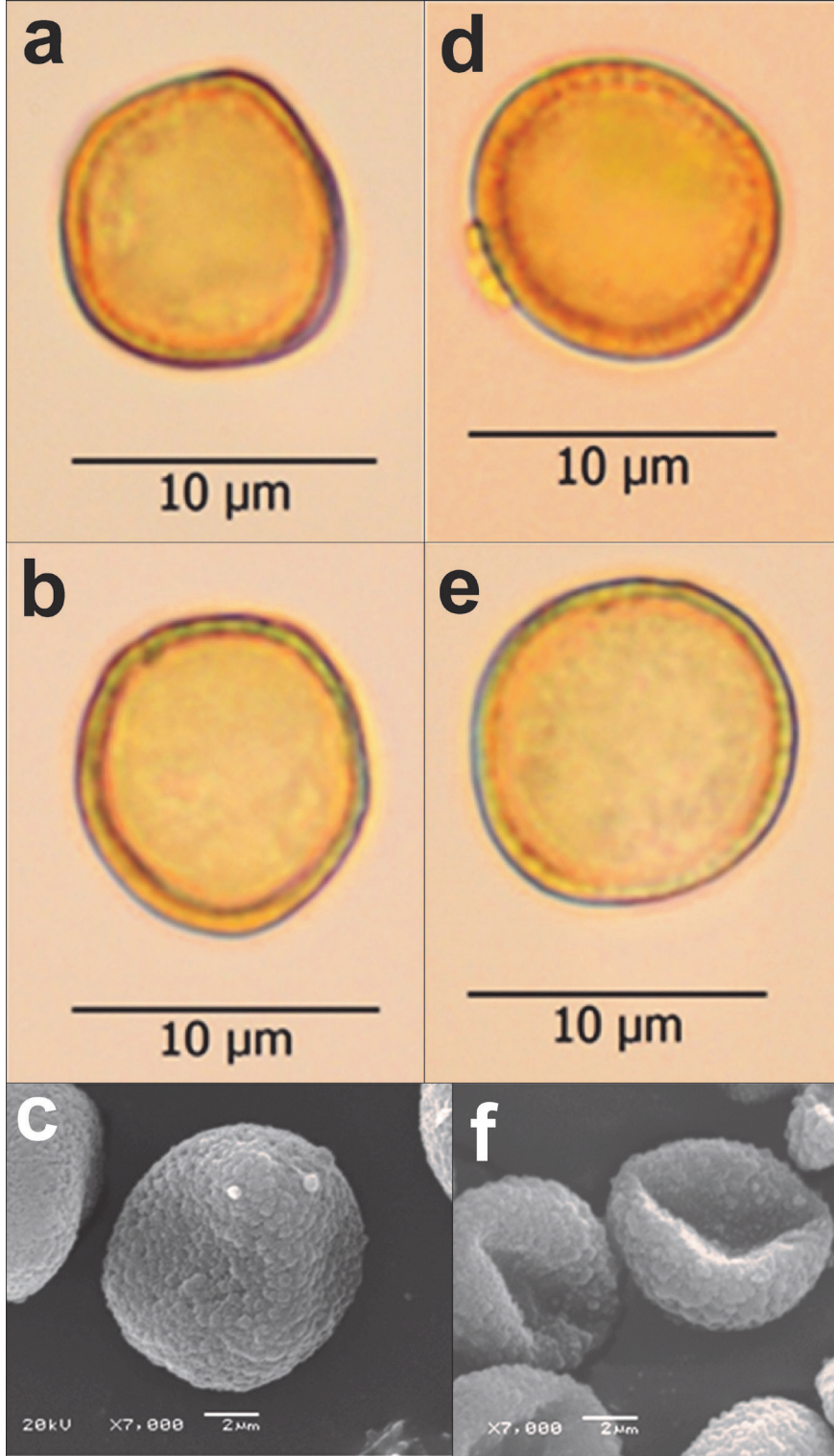
Tortula lanceola; Bakulat-verrukat, sporlar düzensiz, subsferik, zaman zaman plano-konveks, boyut 19,0-24,0 µm (Ortalama değer 21,7 µm) (Şekil 4a-c).

Tortula muralis; Rugulat-verrukat, sporlar subsferikten plano-konveks ya da konkavo-konveks, boyut 7,0-11,0 µm (Ortalama değer 8,3 µm) (Şekil 4d-f).

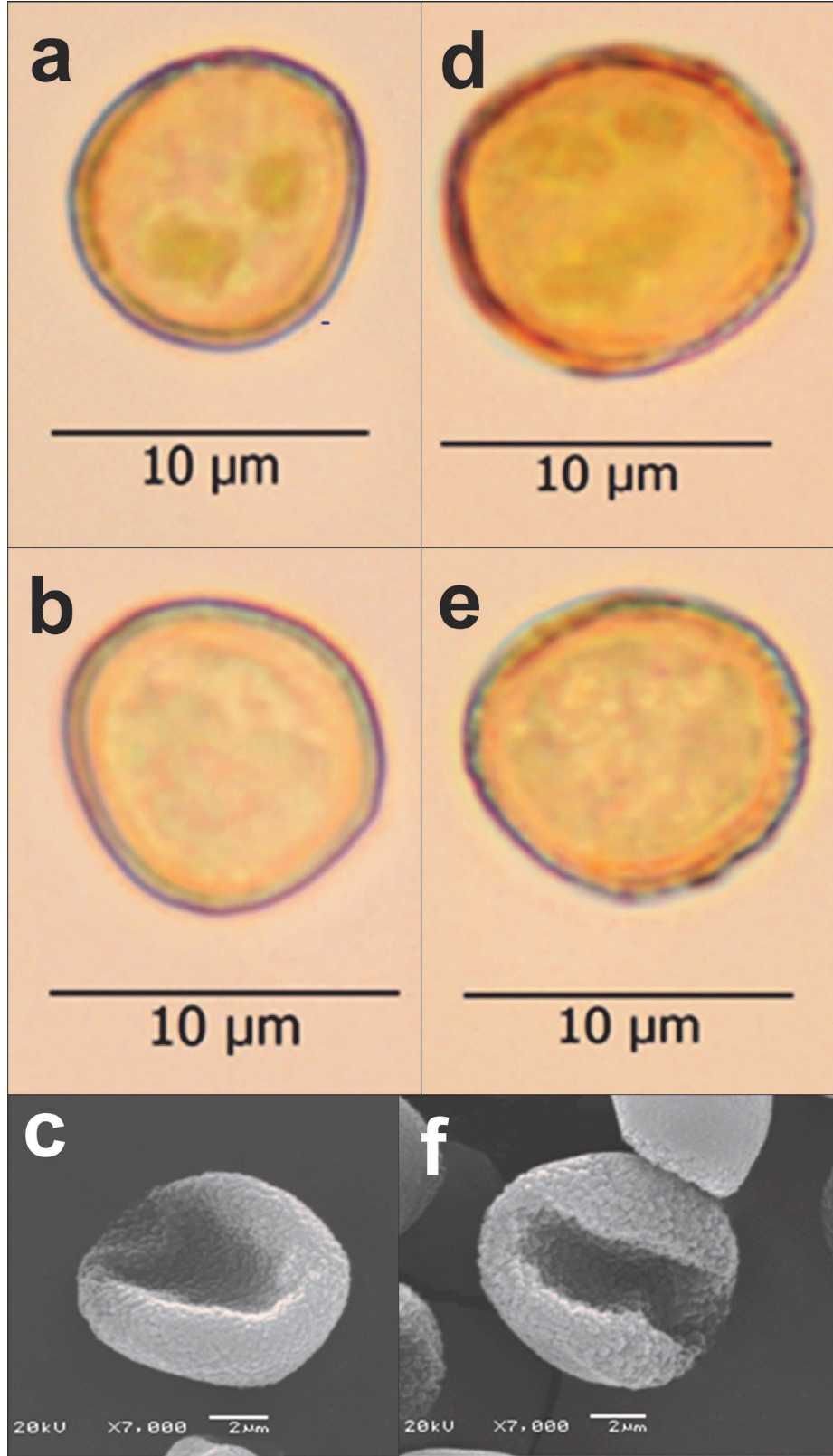
İncelenen taksonların sporları distal yüzeyde altı tip olmasından dolayı farklılıklar gösterir. Proksimal yüzeyin kenarları gelişmiş görünmemektedir. Küçük boyutlu sporlar (7-24µm) bilateral, bazen radyal simetrikten asimmetriğe, heteropolar, yuvarlaktan yarı yuvarlak amb; düz-konvekten konkav konveks şekillidirler. Ekzin yüzeyi verrukat, rugulat ve bakulat benzeri elemanlarla süslüdür (Şekil 1-4). Apertural bölge taksonun büyük kısmında daha az dirençli alandan oluşur ve bu kısım leptoma olarak yorumlanır. Verruka-rugula-bakula benzeri elemanları daha büyük ve nadiren dağılımlı olan bu taksonlarda bu alan apertür olarak

değerlendirilmektedir. SEM (Taramalı elektron mikroskop), spor tipi karakterizasyonu için yararlıdır. Bu durum incelenen taksonların açık bir farklılaşmasına izin vermez. Bir açıklık (apertür) veya leptomanın oluşumuna ilaveten bu sporların ayırt edilmesini kolaylaştıran en önemli özellikleri çap

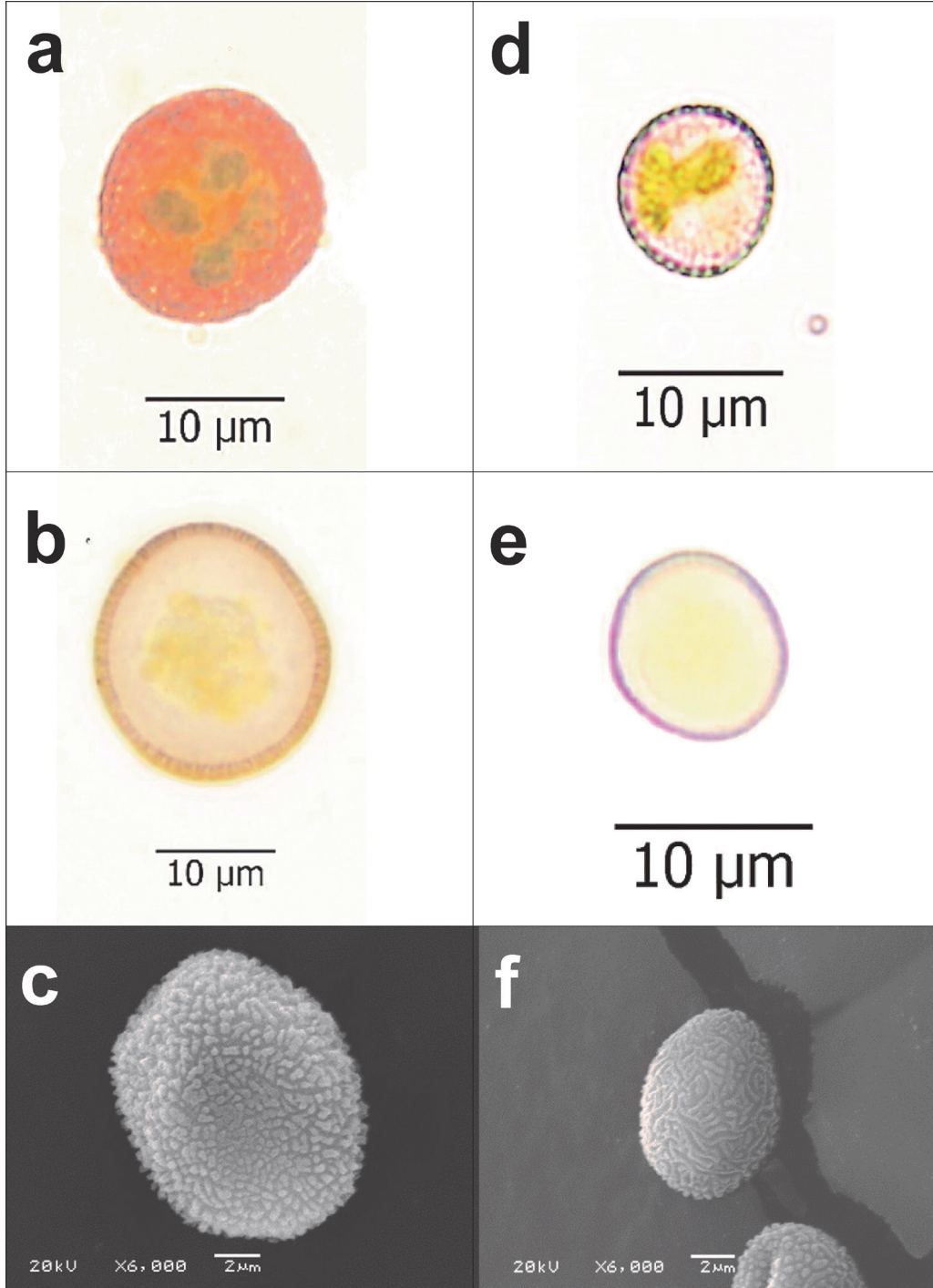
ölçümleridir (Tablo 2-4). Ornamentasyonda gözlemlenen bazı morfolojik farklılıklar bazı taksonlarda ortaya çıkabilir. Ancak gözlemediğimiz kadarıyla bu karakterlerde büyük tür içi farklılıklar olduğundan dolayı türler arasında ayırım kurulurken bu özellikler güvenilir bir kaynak değildir.



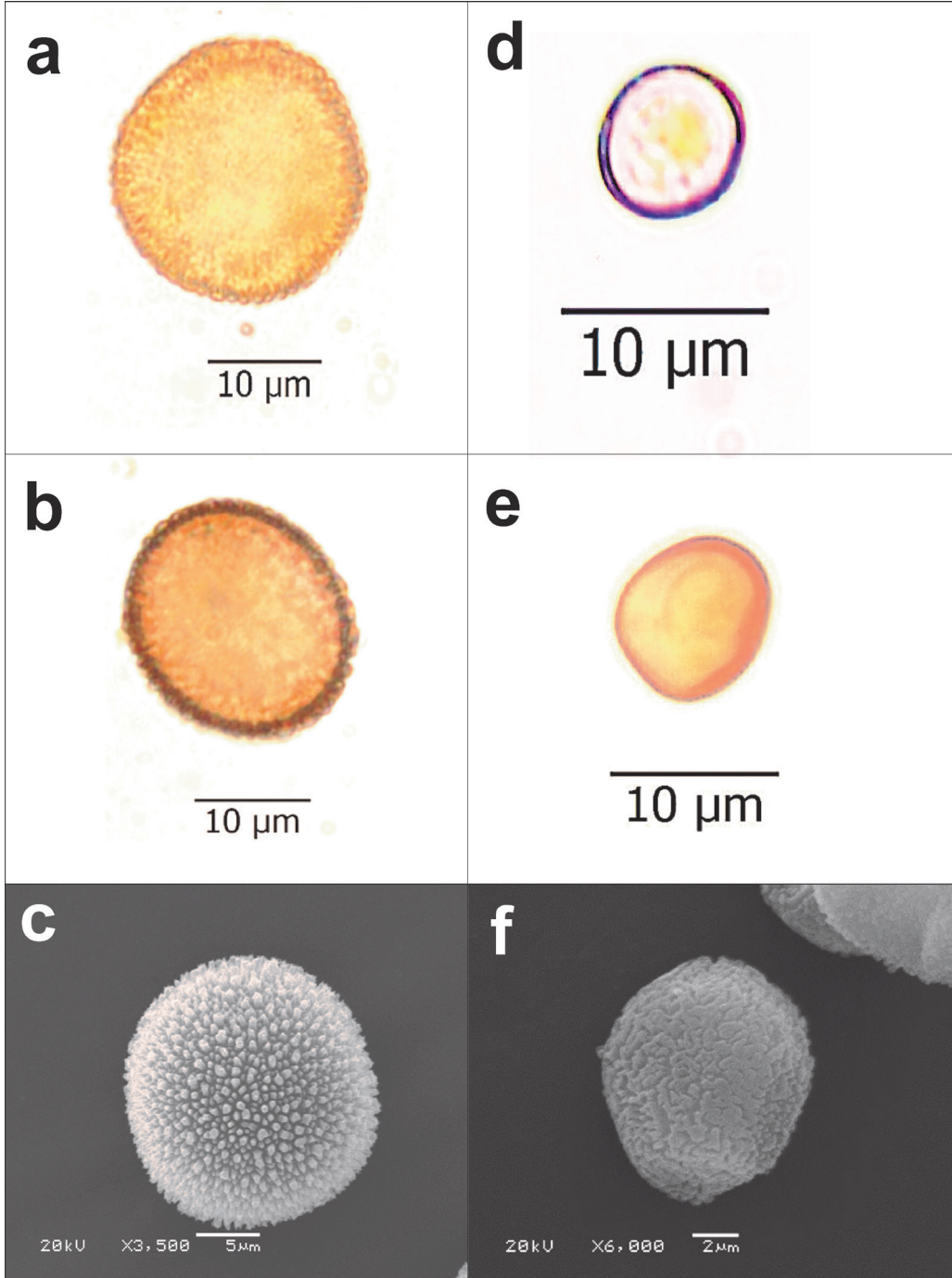
Şekil 1. a-c: *Schistidium trichodon*. a. proksimal görünüş (IM, W), b. proksimal görünüş (IM,E), c. distal yüzey (SEM). d-f: *Grimmia ovalis*. d. proksimal görünüş (IM, W), e. proksimal görünüş (IM, E), f. proksimal yüzey(SEM).



Şekil 2. a-c: *G. dissimulata*. a: proksimal görünüş (IM, W), b. proksimal görünüş (IM, E), c. proksimal yüzey (SEM).d-f: *Grimmia decipiens*.d. proksimal görünüş (IM, W), e. proksimal görünüş (IM, E), f. proksimal yüzey (SEM).



Şekil 3. a-c: *Syntrichia calcicola* a proksimal görünüş (IM, W), b proksimal görünüş (IM, E), c Distal yüzey (SEM). d-f: *Tortula canescens* d Proximal view (IM, W), e Proximal view (IM, E), f Distal yüzey (SEM).



Şekil 4. a-c: *Tortula lanceola* a. proksimal görünüş (IM, N), b. proksimal görünüş (IM, A), c. Distal yüzey (SEM). d-f: *Tortula muralis* d. proksimal görünüş (IM, N), e. proksimal görünüş (IM, A), f. Distal yüzey (SEM).

Tablo 3. Sporların polar görünüşteki morfometrik verileri.

Taksonlar	Measurements							
	D _M (µm)				D _m (µm)			
	R	X ± S _x	S	V (%)	R	X ± S _x	S	V (%)
<i>Schistidium trichodon</i> (W)	8,0-12,0	9,8-0,1	1,0	1,0	7,0-12,0	9,2-0,1	1,1	1,3
<i>S. trichodon</i> (E)	8,0-12,0	10,1-0,1	0,8	0,7	6,0-12,0	9,2-0,1	1,2	1,5
<i>Grimmia ovalis</i> (W)	8,0-12,0	10,1-0,1	0,8	0,7	7,0-12,0	9,8-0,1	0,9	0,9
<i>G. ovalis</i> (E)	7,0-12,0	9,6-0,1	0,9	0,9	6,0-11,0	8,8-0,1	1,1	1,2
<i>G. dissimulata</i> (W)	8,0-11,0	9,9-0,1	0,7	0,5	6,0-11,0	9,2-0,1	1,0	1,2
<i>G. dissimulata</i> (E)	7,0-11,0	8,8-0,1	1,0	1,0	6,0-10,0	8,8-0,1	1,0	1,0
<i>G. decipiens</i> (W)	10,0-14,0	11,4-0,1	0,9	0,9	9,0-13,0	10,9-0,1	0,9	0,8
<i>G. decipiens</i> (E)	8,0-12,0	9,8-0,1	1,0	1,0	8,0-12,0	10,2-0,1	1,2	1,5
<i>Syntrichia calcicola</i> (W)	14,0-17,0	15,9-0,1	0,7	0,4	14,0-17,0	15,4-0,2	0,8	0,6
<i>S. calcicola</i> (E)	14,0-18,0	16,1-0,2	1,0	0,9	13,0-18,0	15,4-0,2	1,1	1,3
<i>Tortula canescens</i> (W)	7,8-9,0	8,6-0,1	0,4	0,2	7,0-9,0	8,4-0,1	0,7	0,4
<i>T. canescens</i> (E)	7,0-10,0	8,2-0,2	0,8	0,6	7,0-9,0	7,7-0,1	0,7	0,4
<i>T. lanceola</i> (W)	20,0-24,0	22,0-0,2	1,0	1,0	18,0-24,0	20,5-0,3	1,5	2,3
<i>T. lanceola</i> (E)	16,0-24,0	20,1-0,4	2,0	3,9	16,0-24,0	19,1-0,4	2,0	3,8
<i>T. muralis</i> (W)	7,0-9,0	8,2-0,1	0,5	0,2	7,0-9,0	8,1-0,1	0,5	0,2
<i>T. muralis</i> (E)	7,0-8,0	7,4-0,1	0,5	0,2	7,0-8,0	7,4-0,1	0,5	0,2

Kısaltmalar: D_M: Polar görünüşte en büyük ölçüm. D_m: Polar görünüşte en küçük ölçüm. R: Ranj. X: Ortalama. S_x: Standart hata. S: Standart sapma. V: Varyasyon. W: Wodehouse Yöntemi. E: Erdtman Yöntemi.

Tablo 4. Sporların sklerin ve apertürel bölgedeki morfometrik verileri.

Taxa	Measurements	
	st (µm)	a (µm)
<i>Schistidium trichodon</i> (W)	1,0	1,0
<i>S. trichodon</i> (E)	1,0	1,0
<i>Grimmia ovalis</i> (W)	1,0	1,2
<i>G. ovalis</i> (E)	1,0	1,2
<i>G. dissimulata</i> (W)	1,0	1,1
<i>G. dissimulata</i> (E)	1,0	1,0
<i>G. decipiens</i> (W)	1,0	1,2
<i>G. decipiens</i> (E)	1,0	1,2
<i>Syntrichia calcicola</i> (W)	1,04	9,96
<i>S. calcicola</i> (E)	0,86	8,42
<i>Tortula canescens</i> (W)	0,79	6,00
<i>T. canescens</i> (E)	0,76	5,06
<i>T. lanceola</i> (W)	1,08	15,80
<i>T. lanceola</i> (E)	0,94	10,72
<i>T. muralis</i> (W)	0,85	4,68
<i>T. muralis</i> (E)	0,81	4,32

Kısaltmalar: st: Sklerin kalınlığı. a: Apertür bölgesinin en büyük uzunluğu. W: Wodehouse Yöntemi. E: Erdtman Yöntemi.

TARTIŞMA

Türün spor morfolojisi peristom morfolojisine dayanır. İncelenen taksonlar altı tip sporlara sahiptir. İncelenen türlerin sporlarının *Alstidium trichodon*, *Grimmia ovalis*, *G. dissimulata*, *G. decipiens* ve *Syntrichia calcicola*'da verrukat, (Tip I), *Tortula canescens*'de rugulat (Tip II), *T. lanceola*'da bakulat-verrukak (Tip III) ve *T. muralis*'de rugulat-verrukak (Tip IV) ornamentasyon gösterdiği belirlenmiştir. İncelenen türlerin sporları prolat-sferoidaldir. Daha önce de Boros, et al. (1993) ve Kapp, et al. (2000) tarafından da granula, granula-plia, verruka, bakula-verruka, rugula ve rugula-verruka spor tipi olarak rapor edilmiştir [27,28]. Bu taksonların genel spor morfolojisi Boros, et al. (1993)'ün Işık Mikroskobu kullanarak yaptığı çalışmalarla uygunluk göstermektedir [28]. Spor yüzey ornamentasyonları, familya içinde en az cins ya da tür düzeyinde incelenen taksonların tanımlanmasında ayırt edici öneme sahiptir. Örneğin, eldeki bulgularımız verruka, rugula, bakula-verruka ve rugula-verruka spor tipine ait olduğunu göstermektedir.

İncelenen karayosunu türleri yaşam alanıyla ilgili olarak da kayacıl ve toprak habitat tipine (Akrokarp) sahiptir. Bu türler kireçli kayalar üzerinde, asidik alanlarda, eski çatılar üzerinde, kiremitlerde, insan yapımı yerlerde, duvarlarda, mezar taşlarında yaygın olarak bulunurlar. İncelenen kayacıl türler yoğun güneşe maruz kalmaktadırlar. Bu türler kuraklığa karşı adapte olmuşlardır. Ekzin yüzey ornamentasyonu ile karayosunu türlerinin habitatları arasında da bir korelasyon vardır. Genellikle altı tip spor ornamentasyonuna sahip türler hem kayalar hem de toprak üzerinde yaşamaktadırlar. Kayacıl üyeler öncelikle kış mevsiminde, yüksek nem ve kısa gün periyotlarında sporofit üretirler. Devamlı güneşe maruz kalan kayacıl türlere ait sporlar, ekzin yüzeyinde yoğun bir ornamentasyona sahipken toprak üzerinde yaşayan türlerin sporları daha gevşek bir ornamentasyon göstermektedir. Spor boyutu, yaşam formları ve yaşam stratejileri gibi diğer morfolojik adaptasyonlar, Yakın ve Orta Doğu Biryofitleri'nde de bildirildiği gibi habitat şartlarıyla ilişkilidir [10, 29].

Ayrıca incelenen türlerin sporlarının büyüklük ve şekli ile türlerin yaşam alanları arasında çok az ilişki vardır. Türlerin hepsi başarılı bir spor dağılımı ve yeni lokalitelerde işgal şansını artırmak için küçük sporlara ve yaygın sporofitlere sahiptir. Bu karakteristik özellikler genel kuraklık direnci stratejisi ile ilişkilidir. Bu strateji, daha uzun bir yaşam süresi, monoiklik, düzenli sporofit üretimi ve küçük sporların büyük miktarlarda üretimi ile karakterize edilmektedir. Bu fonksiyonel tip kayacıl biryofitler için tipiktir ve sık sık yaz kuraklığı ya da erozyon etkilerinin neden olduğu gametofitlerdeki yüksek ölüm oranını dengelemek için kullanılır [29]. Alandaki karayosunlarının taksonomik grupları ve ekolojik koşulları ile türlerin spor morfolojisi arasında bir tahmin ilişkisi vardır. Bu tür çalışmalar karayosunlarının nadir ve tehlike altındaki türleri için, gelecekteki ekolojik bozulmalara ve türlerin koruma altına alınmaları konusunda araştırmacılara ışık tutacaktır.

Sporların ornamentasyon şekli taksonomik öneme sahiptir. Bu durum türler arasındaki farklı spor tiplerinin dağılımı için bir kanıttır [7-11,13,30,31]. İncelenen cinslerinin sporları Erdtman (1957), Boros and Járαι-Komlódi (1975), Punt, et al. (1994) ve Kapp, et al. (2000) tarafından tanımlanmıştır [19,24,26,27]. Bu çalışmada bildirilen sonuçlar, yukarıda adı geçen yazarların sonuçlarıyla da uygunluk göstermektedir. Her bir takson için farklı örneklerin analizinde bulunan ortalamalarda ara sıra bazı değişkenlikler vardır. Fakat karşılaştırılan örneklerin ölçümlerindeki aralık (ranj) referans örnekleriyle uygunluk göstermektedir. Bu sonuçlar Olesen and Mogensen (1978) ile de benzerdir [32]. Bu da bize bir taksonun spor boyutunu tanımlamak için birden fazla örneklerle karşılaştırmaya

ihtiyaç olduğunu kanıtlamaktadır. Bu çalışmada incelenen taksonların sporlarının prolat-sferoidal şekilli oldukları ortaya konulmuştur. Ayrıca ekzin yapılarına bakıldığında ise dört ayrı tipte oldukları belirlenmiştir. Bu özellikleri ve ekzin yapısının taksonların filogenetik ilişkilerini belirlemek için esansiyel kriterler arasında olduğu literatürde rapor edilmiştir. Türlerin analizlerinde genetik farklılıklara sahip oldukları ölçümlerdeki farklarla belirlenmiştir. Bunlar da taksonomide spor yapılarının geçerli bir morfolojik karaktere sahip olduğu iddiasını tamamlıyor gibi görünmektedir [7]. Grimmiaceae ve Pottiaceae familyaları ve akrabaları arasındaki spor morfolojileri, taksonomik çalışmalar için önemli olan ayırt edici özellikleri göstermektedir [7-16, 24, 25, 32-35].

İncelenen taksonların sistematik özelliklerinin yanı sıra spor morfolojilerinin de ayırt edici bir kritere sahip olabileceğini düşünüyoruz. Bu çalışma aynı zamanda incelenen taksonlar arasındaki filogenetik ilişkiye de ışık tutacaktır. Sonuçta sporların morfolojik yapıları taksonların belirlenmesinde ayırt edici özelliklere sahiptir. Yapılan spor morfolojisi çalışmalarından önemli bulgular elde edilmiş olup bölgeden toplanan türlerle ve familyanın kendi içindeki diğer taksonlarıyla yapılacak olan karşılaştırma ve yorumlarıyla taksonomiye önemli katkılar sağlayacağı inancını taşımaktayız.

KAYNAKLAR

- [1] Goffinet, B., Shaw, A.J. 2009. Bryophyte biology. Cambridge University Press, Cambridge, UK, 565 pp.
- [2] Yıldız, B., Aktoklu, E. 2012. Bitki sistematigi-ilkın karasal bitkilerden bir çeneklılere. Palme yayıncılık, 396 s.
- [3] Kürschner, H., Erdağ, A. 2005. Bryophytes of Turkey: an annotated reference list of the species with synonyms from the recent literature and an annotated list of Turkish bryological literature, Turk J Bot, 29, 95-154.
- [4] Alataş, M. 2006. Yenice ormanları ve Keltepe karayosunları (=Musci) florası. Yüksek lisans tezi, Zonguldak Karaelmas Üniversitesi. Fen Bil Enst, 220 s.
- [5] Carrion, J.S., Cano, M.J., Guerra, J. 1995. Spore morphology in the moss genus Pterygoneurum Jur. (Pottiaceae). Nov Hedw, 61(3-4): 481-496.
- [6] Gambardella, R., Alfano, F., Gargiulo, M., Squillaciotti, C. 1994. Studies on the sporogenous Lineage in the moss Timmiella barbuloidea IX. development of the tapetum. Ann Bot, 73: 369-375.
- [7] Estebanez, B., Alfayate, C., Ron, E. 1997. Observations on spore ultrastructure in six species of Grimmiaceae (Bryopsida). Grana, 36: 347-357.
- [8] Luizi-Ponzo, A.P., Barth, O.M. 1998. Spore morphology of some Bruchiaceae species (Bryophyta) from Brazil. Grana, 37: 222-227.
- [9] Luizi-Ponzo, A.P., Barth, O.M. 1999. Spore morphology of some Dicranaceae species (Bryophyta) from Brazil. Grana, 38: 42-49.
- [10] Khoshravesh, R., Kazempour Osaloo, Sh. 2007. Spore morphology of certain mosses of northern Tehran-Iran: taxonomical and ecological implications. Iran J Bot, 13(2): 150-159.
- [11] Potoglu Erkara, I., Savaroglu, F. 2007. Spore morphology of some Brachytheciaceae Schimp. species (Bryophyta) from Turkey. Nord J Bot, 25: 194-198.
- [12] Savaroglu, F., Potoglu Erkara, I., Baycu, C., Alkan, M. 2007. Spore morphology of some Bryaceae Schwagr. species (Bryophyta) from Turkey. Int J Nat Eng Sci, 1(2): 49-54.
- [13] Savaroglu, F., Potoglu Erkara, I. 2008. Observations of spore morphology of some Pottiaceae Schimp. species (Bryophyta) in Turkey. Pl Sys Evol, 271: 93-99.

- [14] Medina, N.G., Estebanez, B., Lara, F., Mazimpaka, V. 2009. On the presence of dimorphic spores in *Orthotrichum* affine (Bryopsida, Orthotrichaceae). *J Bryol*, 31: 127-129.
- [15] Aşçı, B., Çeter, T., Pınar, N.M., Çölgeçen, H., Çetin, B. 2010. Spore morphology of some Turkish *Tortula* and *Syntrichia* species (Pottiaceae Schimp., Bryophyta). *The Herb J Sys Bot*, 17(2): 165-180.
- [16] Caldeira, I.C., Luiz-Ponzo, A.P., Esteves, V.G. 2013. Palynology of selected species of *Fissidens* (Hedw.). *Pl Sys Evol*, 299: 187-195.
- [17] Faegri, K., Iversen, J. 1975. Textbook of pollen analysis. Munksgaard, Copenhagen, 295 pp.
- [18] Wodehouse, R.P. 1935. Pollen grains. Mc. Grew Hill, New York.
- [19] Erdtman, G. 1957. Pollen and spore morphology/plant taxonomy; Gymnospermae, Pteridophyta, Bryophyta (illustrations). Almquist and Wiksell, Stockholm, 151 pp.
- [20] Erdtman, G. 1969. Handbook of palynology. Morphology-taxonomy-ecology. An introduction to the study of pollen grains and spores. Verlag Munksgaard, Copenhagen, 486 pp.
- [21] Aytuğ, B. 1967. Polen morfolojisi ve Türkiye'nin önemli Gymnospermeleri üzerinde palinolojik araştırmalar. İstanbul Üniversitesi, Orman Fakültesi, İstanbul.
- [22] Walker, J.W. 1974-a. Evolution of exine structure in the pollen of primitive Angiosperms. *Am J Bot*, 61: 891-902.
- [23] Walker, J.W. 1974-b. Aperture Evolution in the pollen of primitive Angiosperms. *Am J Bot*, 61(10): 1112-1136.
- [24] Boros, A., Járαι-Komlódi, M. 1975. An atlas of recent European moss spores. Akademiai Kiado, Budapest.
- [25] Blackmore, S., Barnes, S.H. 1991. Pollen and spores, patterns of diversification, the systematics association. Clarendon press, Oxford, 44, 391 pp.
- [26] Punt, W., Blackmore, S., Nilsson, S., Le Thomas, A. 1994. Glossary of pollen and spore terminology. LPP foundation, Netherlands.
- [27] Kapp, R.O., Davis, O.K., King, J.E. 2000. Pollen and spores, the American association of stratigraphic palynologists foundation. Texas A&M University, USA, 279 pp.
- [28] Boros, A., Járαι-Komlódi, M., Tóth, Z., Nilson, S. 1993. An atlas of recent European Bryophyte Spores. Akademiai Kiado, Budapest.
- [29] Kürschner, H. 2004. Life strategies and adaptations in Bryophytes from the Near and Middle East. *Turk J Bot*, 28: 73-84.
- [30] Savaroglu, F., Potoglu Erkara, I., Ozcelik, F. 2016. Spore morphology of some Grimmiaceae Arn. Species belonging to Moss Flora of Turkey. *Pak J Bot*, 48: 1045-1050.
- [31] Potoglu Erkara, I., Savaroglu, F., Tan, R., Pehlivan, S. 2017. Investigation of spore morphology of some Pottiaceae (Schimp) taxa (Bryophyta) in Turkey. *Pak J Bot*, 49: 265-272.
- [32] Olesen, P., Mogensen, G.S. 1978. Ultrastructure, histochemistry and notes on germination stages of spores in selected mosses. *The Bryol*, 81: 493-516.
- [33] Sorsa, P., Koponen, T. 1973. Spore morphology of Mniaceae Mitt. (Bryophyta) and its taxonomic significance. *Ann Bot Fennici*, 10: 187-200.
- [34] Vitt, D.H., Hamilton, C.D. 1974. A scanning electron microscope study of the spores and selected peristomes of the North American Encalyptaceae (Musci). *Can J Bot*, 52: 1973-1981.
- [35] Brown, R.C., Lemmon, B.E. 1988. Sporogenesis in bryophytes. *Adv Bryol*, 3: 159-223.