



Pollen morphology of inland species of Turkish *Limonium* Miller (Plumbaginaceae)

Edibe ÖZMEN^{*1}, Cahit DOĞAN¹, Galip AKAYDIN², Musa DOĞAN³

¹ Hacettepe Üniversitesi Fen Fakültesi Biyoloji Bölümü Botanik Anabilim Dalı, Beytepe, Ankara, Turkey

² Hacettepe Üniversitesi Eğitim Fakültesi Ortaöğretim Fen ve Matematik Alanlar Eğitimi Böl., Beytepe, Ankara, Turkey

³ Orta Doğu Teknik Üniversitesi Fen Edebiyat Fakültesi Biyoloji Bölümü Botanik Anabilim Dalı, Ankara, Turkey

Abstract

In this study the pollen morphology of eleven *Limonium* Miller (Plumbaginaceae) species which are growing in inland saline habitats in Turkey has researched. Pollen grains are according to aperture type and number generally tricolpate, rarely dicolpate and/or tetracolpate. Also according to pollen shape, they are suboblate or oblate spheroidal. Colpi are long and wide, their limits are distinct. Terminals of colpi are sharp. Exine structure is semitectate and exine ornamentation is finely or coarsely reticulate-scabrate. Sexine is always thicker than nexine. Pollen grains, which belong to *Limonium* species, have shown variation on colpus type, shape and exine ornamentation. Examined *Limonium* species are separated in three groups according to their palynological features and their pollen definitions have been done. Boxplot graphics of polar axis, equatorial axis and Amb measures have been drawn.

Key words: *Limonium*, Plumbaginaceae, Pollen morphology, Reticulate-scabrate, Saline habitat

----- * -----

Türkiye’de iç kesimlerde yetişen *Limonium* Miller (Plumbaginaceae) türlerinin polen morfolojisi

Özet

Bu çalışmada, Türkiye’nin iç kesimlerindeki tuzcul habitatlarda yayılış gösteren on bir *Limonium* Miller (Plumbaginaceae) türünün polen morfolojisi araştırılmıştır. Polenler apertür şekli ve sayısı bakımından genel olarak trikolpat, nadiren dikolpat ve/veya tetrakolpattır. Polen şekilleri bakımından ise, suboblat ya da oblat-sferoid’dir. Kolpuslar oldukça uzun ve geniş, sınırları belirgin, uçları sivridir. Ekzin yapısı semitectat, ornemantasyonu küçük ya da büyük retikülat-skabrattır. Sekzin, nekzinden her zaman daha kalındır. *Limonium* türlerine ait polenlerin kolpus sayısı, şekli ve ekzin ornemantasyonu bakımından değişiklik göstermektedir. İncelenen türler, palinolojik özelliklerine göre üç gruba ayrılmış ve türlere ait polenlerin tanımları yapılmıştır. Polenlerin polar eksen, ekvatorial eksen ve Amb çap uzunluk değerlerine ait kutu çizgi grafikleri çizilmiştir.

Anahtar kelimeler: *Limonium*, Plumbaginaceae, Polen morfolojisi, Retikülat-skabrat, Tuzlu habitat

1. Giriş

Ülkemizde *Limonium* Miller cinsine ait taksonlar deniz kenarlarında ya da denizden uzak iç kesimlerde bulunan tuzlu habitatlarda yetişmektedir.

Plumbaginaceae familyasında yer alan *Limonium* cinsinin Türkiye’de bulunan taksonlarının revizyonu Bokhari ve Edmondson (1982) tarafından yapılmış ve Türkiye Florası’nın 7. cildinde yayınlanmıştır (Davis et al., 1982). Buna göre, Türkiye Florası’nda *Limonium* cinsine ait 19 takson bulunmaktadır. Daha sonra yapılan çalışmalarda 1 yeni tür daha tanımlanmış, ayrıca daha önce sinonim yapılan bir tür de tekrar canlandırılmış ve Türkiye Florası’nın supplementumu olan 10. ciltte (Davis et al., 1988) verilmiştir. Türkiye Florası’nda, sadece Ege Adaları’ndan bilinen *L. ocyimifolium* türü, TÜBİTAK- TBAG 2195 nolu, “Türkiye’deki Plumbaginaceae Juss. Familyası Üzerine Revizyonel

* Corresponding author / Haberleşmeden sorumlu yazar: Tel.: +903122978006; Fax.: +903122992028; E-mail: edibeozmen@gmail.com

Çalışmalar” adlı proje kapsamında yapılan arazi çalışmalarında Türkiye’den de toplanmıştır. Ayrıca, proje kapsamında iki yeni tür tanımlanmıştır (Akaydin, 2007; Doğan et al., 2008). Böylece, ülkemizde yetişen *Limonium* cinsine ait takson sayısı 23’e yükselmiştir. Bunlardan 9’u endemiktir ve endemizm oranı % 39.13’tür.

Limonium cinsi taksonlarında tür ve alt türleri diagnostik karakterlerinin iç içe geçmiş olması nedeniyle birbirlerinden ayırt etmek oldukça zordur. Bunun nedeni, *Limonium*’un yetiştiği habitatların izole olmuş ya da parçalanmış yapısı ve apomiksisin görülme sıklığı sonucu ortaya çıkan küçük morfolojik düzensizliklere dayalı olarak tanımlanmış çok sayıda coğrafik varyansın bulunmasıdır (Erben, 1978; Pignatti, 1982; Cowan et al., 1998).

Erben (1978), Akdeniz’in batı Afrika kıyılarında yetişen *Limonium* cinsinin revizyonunu yapmış ve bu çalışma sonucunda araştırma alanında 59 türün yayılış gösterdiğini tespit etmiştir. Bu türlerin morfolojisini, anatomisini, karyotip analizini ve buna bağlı olarak da polen-stigma ilişkilerini incelemiştir. Erben (1978), polen ve stigma ilişkilerini göz önüne alarak türleri 4 ana gruba ayırmıştır. Bu çalışmada, *Limonium* cinsine ait türlerin çoğunun polenlerinde ve stigmatında dimorfizm görüldüğü belirtilmektedir. Dimorfik taksonlar, büyük ya da küçük retikülasyonemantasyona sahip polenlerin bir arada bulunması ile tanımlanmıştır. Ayrıca, *Limonium* cinsi türlerine ait polenlerin genelde trikolpat olduğu, ancak nadiren tetrakolpat veya pentakolpat polenlere de rastlandığı bildirilmiştir (Erben, 1978).

Moore et al. (1991), *Limonium vulgare* Miller türüne ait polen boyutlarını belirterek, ışık mikroskobu (LM) ve taramalı elektron mikroskobu (SEM) ile çekilmiş mikrofotograflarına yer vermişlerdir. Adı geçen araştırmacılar, bu taksonun da dimorfik polenlere sahip olduğunu belirtmişlerdir.

Çalıştığımız *Limonium* türlerine ait polenlerden elde edilen veriler önceki çalışmalarla uygunluk göstermekle birlikte, yeni bir takım bulgulara ulaşılmasını sağlamıştır. Bu bulgular hem Türkiye *Limonium*’ları hem de dünyanın diğer yerlerinde yetişen *Limonium*’lar açısından önem teşkil etmektedir.

2. Materyal ve yöntem

LM ve SEM ile polen morfolojisi incelenen on bir *Limonium* türüne ait örnekler Hacettepe Üniversitesi Eğitim Fakültesi Herbaryumu (HEF) ve Hacettepe Üniversitesi Fen Fakültesi Herbaryumu (HUB)’ndan temin edilmiştir (Tablo 1).

Tablo 1. İncelenen *Limonium* türlerinin toplandıkları yer, tarih, toplayıcıları ve buldukları herbaryumlar.

Table 1. Locations, dates, collectors and herbariums of investigated *Limonium* species.

Türler/Species	Toplandığı yer/Location	Tarih/Date	Toplayan ve bulunduğu herbarium/Collector and herbarium
<i>Limonium vananse</i>	B9 Van, Van-Muradiye yolu 25.km, tuzlu bataklık, çayırlar, 1730 m.	12.08.2003	G. Akaydin-8118 HEF
<i>Limonium gmelinii</i>	B4 Aksaray, Aksaray-Şereflikoçhisar yolu, 15. km, Tuz Gölü çevresi, tuzlu bataklık, 905 m.	27.06.2004	G. Akaydin-9240 HEF
<i>Limonium meyeri</i>	A9 Kars, Aralık, Tazeköy, karakol civarı, 850 m.	02.09.1980	O. Güneş-1762 HUB
<i>Limonium caspium</i>	B4 Ankara, Şereflikoçhisar, Tuz Gölü girişi, Göl çevresi, tuzlu alanlar, 850 m.	24.06.2002	G. Akaydin-7416 HEF
<i>Limonium iconicum</i>	B4 Aksaray, Aksaray-Cihanbeyli yolu, Tuzlu Yol ayırımına 15 km kala, tuzlu stepler, 900 m.	17.08.2003	G. Akaydin-8189 HEF
<i>Limonium tamaricoides</i>	B5 Kırşehir, Badıllı Köyü, Seyfe Gölü çevresi, tuzlu alanlar, 1085 m.	27.06.2004	G. Akaydin-9231 HEF
<i>Limonium smithii</i>	B5 Kırşehir, Badıllı Köyü, Seyfe Gölü çevresi, tuzlu alanlar, 1085 m.	27.06.2004	G. Akaydin-9236 HEF
<i>Limonium lilacinum</i>	B5 Kayseri, İncesu-Develi yolu, Develi’ye 30 km kala, tuzlu step, 1060 m.	15.08.2003	G. Akaydin-8158 HEF
<i>Limonium pycnanthum</i>	B4 Ankara, Şereflikoçhisar-Ankara yolu 8. km, Tuz Gölü çevresi, tuzlu bataklıklar, 940 m.	22.09.2002	G. Akaydin-7685 HEF
<i>Limonium globuliferum</i>	B4 Konya, Erkil-Cihanbeyli arası, Karaküllük Köyü çevresi, <i>Thymus stebi</i> , 970 m.	21.06.2002	G. Akaydin-7384 HEF
<i>Limonium anatolicum</i>	B4 Ankara, Şereflikoçhisar-Ankara yolu 8. km, Tuz Gölü çevresi, tuzlu bataklıklar, 940 m.	22.09.2002	G. Akaydin-7684 HEF

Herbaryum örneklerinden alınan polenlerin Erdtman (1960) metodu ile preparatları hazırlanmıştır. Her taksona ait polen ölçümleri Gause eğrisi elde edilinceye kadar en yüz adet polende yapılmıştır. Bu ölçümlerin ortalamaları (M), standart sapmaları (S) ve varyasyonları “SPSS Vol. 16” paket programı yardımı ile hesaplanmıştır ve kutu-çizgi grafikleri çizilmiştir. Mikrograflar, Nikon Eclipse E600 model trinoküler araştırma mikroskobuna bağlı DS-M5-L1 Dijital Kamera Sistemi ile çekilmiştir.

SEM analizi için aynı numaralı herbaryum örneklerinden elde edilen polenler stablar üzerine geçirilmiştir. Stablar 2 dakika süre boyunca altın ile kaplanmıştır. Daha sonra SEM altında, uygun vakum ve büyütmeye ile polenlerin ayrıntılı mikrografları çekilmiştir.

Taksonların polen betimleri verilirken Türkiye Florası'ndaki evrimsel sıra takip edilmiştir (Davis et al, 1982; 1988).

3. Bulgular

Polen morfolojileri çalışılan *Limonium* cinsi türlerinin polenleri radyal simetrik, izopolar, oblat-sferoid ya da suboblatdır. Polenler apertür sayısı bakımından trikolpat, nadiren dikolpat veya tetrakolpat özelliindedir. Polar görünüşte sirkular olan *Limonium* polenleri oldukça geniş apokolpiyumlara sahiptir. Ekzin yapısı semitektat ve ornemantasyonu LM ile retikülat görünmektedir. SEM ile yapılan incelemelerde muriler üzerinde spinüllerin varlığını saptanmıştır. Bu nedenle incelenen polenlerin ornemantasyonu retikülat-skabrat olarak tanımlanmıştır. Ancak, türler arasında ve/veya tür içinde luminalar arasında boyut farkı göze çarpmaktadır. Lumina genişliği en fazla 1,96 μm olan retiküllere sahip polenler küçük retikülat-skabrat, en az 2.94 μm olanlar ise büyük retikülat -skabrat olarak adlandırılmıştır. Ayrıca, çalışmaya konu olan *Limonium* türlerinden 3'ünde monomorfik, 5'inde dimorfik ve diğer 3'ünde ise polimorfik polenlere rastlanmıştır.

Monomorfik özellik gösteren türlere ait polenler küçük retikülat-skabrat ya da büyük retikülat-skabrat ornemantasyona sahiptir ve trikolpatdır. *L. meyeri*, *L. iconicum* ve *L. lilacinum* türlerine ait polenler monomorfik özellik göstermektedir.

Palinolojik bakımdan dimorfizm gösteren türler ise küçük ve büyük retikülat-skabrat ornemantasyona sahip, trikolpat polenleri bir arada bulundurmaktadır. Dimorfik polenlere sahip türler ise *L. gmelinii*, *L. tamaricoides*, *L. smithii*, *L. globuliferum* ve *L. anatolicum*'dur.

Palinolojik bakımdan polimorfizm gösteren türler ise hem küçük retikülat-skabrat, büyük retikülat-skabrat hem de dikolpat, trikolpat ve tetrakolpat polenleri farklı kombinasyonlarda bir arada bulundurabilmektedir. *L. vananse*, *L. caspium* ve *L. pycnanthum* türleri polimorfik polenler oluşturmaktadır.

3.1. Polen betimleri

Limonium vananse Kit Tan and Sorger

Polenler radyal simetrik, izopolar, trikolpat, nadiren tetrakolpat, oblat-sferoiddir. Polar görünüşte sirkular olan polenlerin Amb çapı 37.66 μm 'dir. Polar eksen 35.25 μm , ekvatorial eksen ise 36.65 μm 'dir. Apokolpiyumlar oldukça geniş olup, kolpus uçları arasındaki uzaklık 14.91 μm 'dir.

Kolpus uzunluğu (Clg) 23.45 μm ve genişliği (Clt) ise 2.18 μm 'dir. Kolpus sınırları belirgin, uçları yuvarlaktır.

Ekzin yapısı semitektat olup, ekzin 3.93 μm kalınlığındadır. Sekzin 2.95 μm , nekzin 0.98 μm kalınlığındadır; sekzin, nekzinden daha kalındır. Ekzin ornemantasyonu küçük retikülat ya da nadiren büyük retikülatdır ve muri üzerinde spinüller bulunmaktadırlar. Muri 1.00 μm kalınlığında, lumina genişliği ise 0.98-2.94 μm arasındadır. Luminalar kolpus kenarlarında açıktır.

Limonium gmelinii (Willd.) Kuntze

L. gmelinii polenleri radyal simetrik, izopolar ve trikolpatdır. Polenlerin şekli oblat-sferoiddir ve polar görünüşte sirkulardır. Amb çapı 44.03 μm , polar eksen 44.12 μm ve ekvatorial eksen ise 46.62 μm 'dir. Apokolpiyumlar oldukça geniştir; kolpus uçları arasındaki uzaklık 22.93 μm 'dir.

Kolpuslar uzun ve geniş olup, Clg 24.22 μm ve Clt 3.64 μm 'dir. Kolpus sınırları belirgin, uçları yuvarlaktır.

Ekzin 7.08 μm kalınlığında, yapısı semitektattır. Sekzin, nekzinden daha kalındır; sekzin 6.04 μm , nekzin 1.04 μm 'dir. Ekzin ornemantasyonu büyük retikülat ya da nadiren küçük retikülat olup, muri üzerinde spinüller yer almaktadır. Muri 1.96 μm kalınlığında ve lumina genişliği 2,94-6.86 μm arasındadır. Luminalar kolpus kenarlarında açıktır.

Limonium meyeri (Boiss.) Kuntze

Polenlerin simetrisi radyaldır. İzopolar ve trikolpat olan polenlerin şekli oblat-sferoiddir ve polar görünüşte sirkulardır. Amb çapı 38.50 μm , polar eksen 33.97 μm ve ekvatorial eksen 35.30 μm 'dir. Apokolpiyumlar oldukça geniş olmakla birlikte kolpus uçları arasındaki uzaklık 16.55 μm .

Kolpuslar oldukça uzun ve geniş, Clg 20.60 μm ve Clt 3.58 μm 'tir. Kolpus sınırları belirgin, uçları ise yuvarlaktır.

Ekzin yapısı semitektat olup, ekzin 3.97 μm kalınlığındadır. Sekzin 2.90 μm ve nekzin 1.07 μm 'dir, sekzin, nekzinden daha kalındır. Ekzin ornemantasyonu küçük retikülatdır ve muriler üzerinde spinüller vardır. Muri 1.37 μm kalınlığa ve lumina 0.98-1.96 μm genişliğe sahiptir. Luminalar kolpus kenarlarında açıktır.

Limonium caspium (Willd.) Gams

Bu türe ait polenler radyal simetrik, izopolar, trikolpat ve nadiren tetrakolpattır. Polen şekli oblat-sferoid olup, polar görünüşte sirkulardır. Amb çapı 33.46 µm, polar eksen 31.59 µm ve ekvatorial eksen 33.44 µm'dir. Apokolpiyumlar oldukça geniş, kolpus uçları arasındaki uzaklık 17.60 µm'dir.

Kolpuslar oldukça uzun ve geniş, Clg 17.90 µm ve Clt 2.56 µm'dir. Kolpus sınırları belirgin, uçları ise yuvarlaktır.

Ekzin, semitektat bir yapıya sahiptir ve 4.03 µm kalınlığındadır. Sekzin 3.05 µm ve nekzin 0.98 µm olup, sekzin, nekzinden daha kalındır. Ekzin ornemantasyonu küçük retikülat ya da nadiren büyük retikülat ve muriler üzerinde spinüller vardır. Muri 1.05 µm kalınlığında, lumina 0.98-4.90 µm genişliğindedir. Luminalar kolpus kenarlarında açıktır.

***Limonium iconicum* (Boiss. and Heldr.) Kuntze**

L. iconicum'un oluşturduğu polenler radyal simetrik, izopolar, trikolpat ve oblat-sferoiddir. Polar görünüşte sirkular olan bu polenlerin Amb çapı 38.30 µm, polar eksen 37.44 µm ve ekvatorial eksen 40.20 µm'dir. Apokolpiyumlar oldukça geniştir ve kolpus uçları arasındaki uzaklık 20.16 µm'dir.

Kolpuslar oldukça uzun ve geniş, Clg 25.32 µm, Clt 5.85 µm'dir. Kolpus sınırları belirgin ve uçları yuvarlaktır.

Ekzin 3.78 µm kalınlığında olup, yapısı semitektattır. Sekzin 2.80 µm, nekzin 0.98 µm kalınlığındadır ve sekzin, nekzinden daha kalındır. Ekzin ornemantasyonu küçük retikülat ve muri üzerinde spinüller bulunmaktadır. Muri kalınlığı 0.98 µm, lumina genişliği ise 0.98-1.96 µm arasındadır. Luminalar kolpus kenarlarında açıktır.

***Limonium tamaricoides* Bokhari**

L. tamaricoides, radyal simetrik, izopolar, trikolpat ve suboblat polenlere sahiptir. Polenler, polar görünüşte sirkular olup, Amb çapı 32.55 µm, polar eksen 31.86 µm ve ekvatorial eksen 37.42 µm'dir. Apokolpiyumlar oldukça geniş, kolpus uçları arasındaki uzaklık 18.96 µm'dir.

Kolpus uzunluğu (Clg) 15.71 µm ve genişliği (Clt) 3.00 µm'dir. Kolpus sınırları belirgin, uçları yuvarlaktır.

5.86 µm kalınlığındaki ekzinin yapısı semitektattır. Sekzin 4.26 µm, nekzin 1.60 µm kalınlıkta olup, sekzin, nekzinden kalındır. Ekzin ornemantasyonu büyük retikülat ya da nadiren küçük retikülat ve muri üzerinde spinüller yerleşmiştir. Muri kalınlığı 1.96 µm, lumina genişliği 1.96-5.88 µm arasındadır. Luminalar kolpus kenarlarında açıktır.

***Limonium smithii* Akaydin**

Radyal simetrik, izopolar, trikolpat ve suboblat olan polenler, polar görünüşte sirkulardır. Polenlerin Amb çapı 35.30 µm, polar eksen 33.44 µm ve ekvatorial eksen 38.42 µm'dir. Apokolpiyumlar oldukça geniş, kolpus uçları arasındaki uzaklık 21.14 µm'dir.

Kolpuslar uzun ve geniş olup, Clg 18.52 µm, Clt 4.73 µm'dir. Kolpus sınırları belirgin, uçları yuvarlaktır.

Ekzin 5.59 µm kalınlığında, yapısı semitektattır. Sekzin 3.75 µm, nekzin 1.84 µm kalınlıkta olup ve sekzin, nekzinden daha kalındır. Ekzin ornemantasyonu büyük retikülat ya da küçük retikülat ve muri üzerinde spinüller mevcuttur. Muri kalınlığı 1.76 µm, lumina genişliği 0.98-5.88 µm arasındadır. Luminalar kolpus kenarlarında açıktır.

***Limonium lilacinum* (Boiss. and Bal.) Wagenitz.**

Radyal simetrik, izopolar, trikolpat ve suboblat olan *L. lilacinum* polenleri, polar görünüşte sirkulardır. Polenlerin Amb çapı 41.83 µm, polar eksen 41.30 µm ve ekvatorial eksen 46.71 µm'dir. Apokolpiyumlar oldukça geniş ve kolpus uçları arasındaki uzaklık 22.17 µm'dir.

Kolpuslar oldukça uzun ve geniştir; Clg 26.65 µm, Clt 9.38 µm. Kolpus sınırları belirgin, uçları yuvarlaktır.

Ekzin 6.06 µm kalınlığında olup, yapısı semitektattır. Sekzin 4.76 µm, nekzin 1.30 µm'dir; sekzin, nekzinden daha kalındır. Ekzin ornemantasyonu büyük retikülat olup, muri üzerinde spinüller bulunmaktadır. Muri 1.96 µm kalınlığında, lumina genişliği 2.94-6.86 µm arasındadır. Luminalar kolpus kenarlarında açıktır.

***Limonium pycnanthum* (C. Koch) Kuntze**

Polenler radyal simetrik, izopolar, trikolpat, nadiren dikolpattır. Polen şekli suboblat ve polar görünüşte sirkulardır. Amb çapı 38.48 µm, polar eksen 30.00 µm ve ekvatorial eksen 36.86 µm'dir. Apokolpiyumlar oldukça geniş olup, kolpus uçları arasındaki uzaklık 19.47 µm'dir.

Kolpuslar oldukça uzun ve geniştir; Clg 17.58 µm ve Clt 5.37 µm'dir. Kolpus sınırları belirgin, uçları ise yuvarlaktır.

Ekzin yapısı semitektat ve kalınlığı 5.31 µm'dir. sekzin (4.30 µm), nekzinden (1.01 µm) daha kalındır. Ekzin ornemantasyonu büyük retikülat ya da nadiren küçük retikülat ve muri üzerinde spinüller yer almaktadır. Muri 1.77 µm kalınlığında, lumina genişliği 0.98-5.88 µm arasındadır. Luminalar kolpus kenarlarında açıktır.

***Limonium globuliferum* (Boiss. and Heldr.) Kuntze**

Polenler radyal simetrik, izopolar, trikolpat ve oblat-sferoiddir. Polar görünüşte sirkular olup, Amb çapı 33.34 μm 'dir. Polar eksen 31.62 μm ve ekvatorial eksen ise 34.78 μm 'dir. Apokolpiyumlar oldukça geniş, kolpus uçları arasındaki uzaklık 18.93 μm 'dir.

Kolpuslar oldukça uzun (Clg 18.34 μm) ve geniştir (Clt 3.13 μm). Kolpus sınırları belirgin ve uçları yuvarlaklıktır.

Ekzin 4.73 μm kalınlığında olup, yapısı semitektattır. Sekzin 3.60 μm ve nekzin 1.13 μm kalınlığındadır; sekzin, nekzinden daha kalındır. Ekzin ornemantasyonu küçük retikülat ya da nadiren büyük retikülat ve muri üzerinde spinüller vardır. Muri 1.10 μm kalınlığında, lumina 0.98-5.88 μm genişliğindedir. Luminalar kolpus kenarlarında açıktır.

***Limonium anatolicum* Hedge**

Radyal simetrik, izopolar, trikolpat ve oblat-sferoid olan polenler, polar görünüşte sirkulardır. Amb çapı 34.69 μm , polar eksen 33.64 μm ve ekvatorial eksen 37.71 μm 'dir. Apokolpiyumlar oldukça geniş ve kolpus uçları arasındaki uzaklık 19.00 μm 'dir.

Kolpuslar oldukça uzun ve geniştir; Clg 21.49 μm , Clt 3.57 μm 'dir. Kolpus sınırları belirgin, uçları ise yuvarlaklıktır.

Semitektat yapıdaki ekzin, 4.84 μm kalınlığındadır. Sekzin (3.68 μm), nekzinden (1.16 μm) daha kalındır. Ekzin ornemantasyonu küçük retikülat ya da nadiren büyük retikülat olup, muri üzerinde spinüller bulundurmaktadır. Muri kalınlığı 1.14 μm , lumina genişliği 0.98-4.90 μm arasındadır. Luminalar kolpus kenarlarında açıktır.

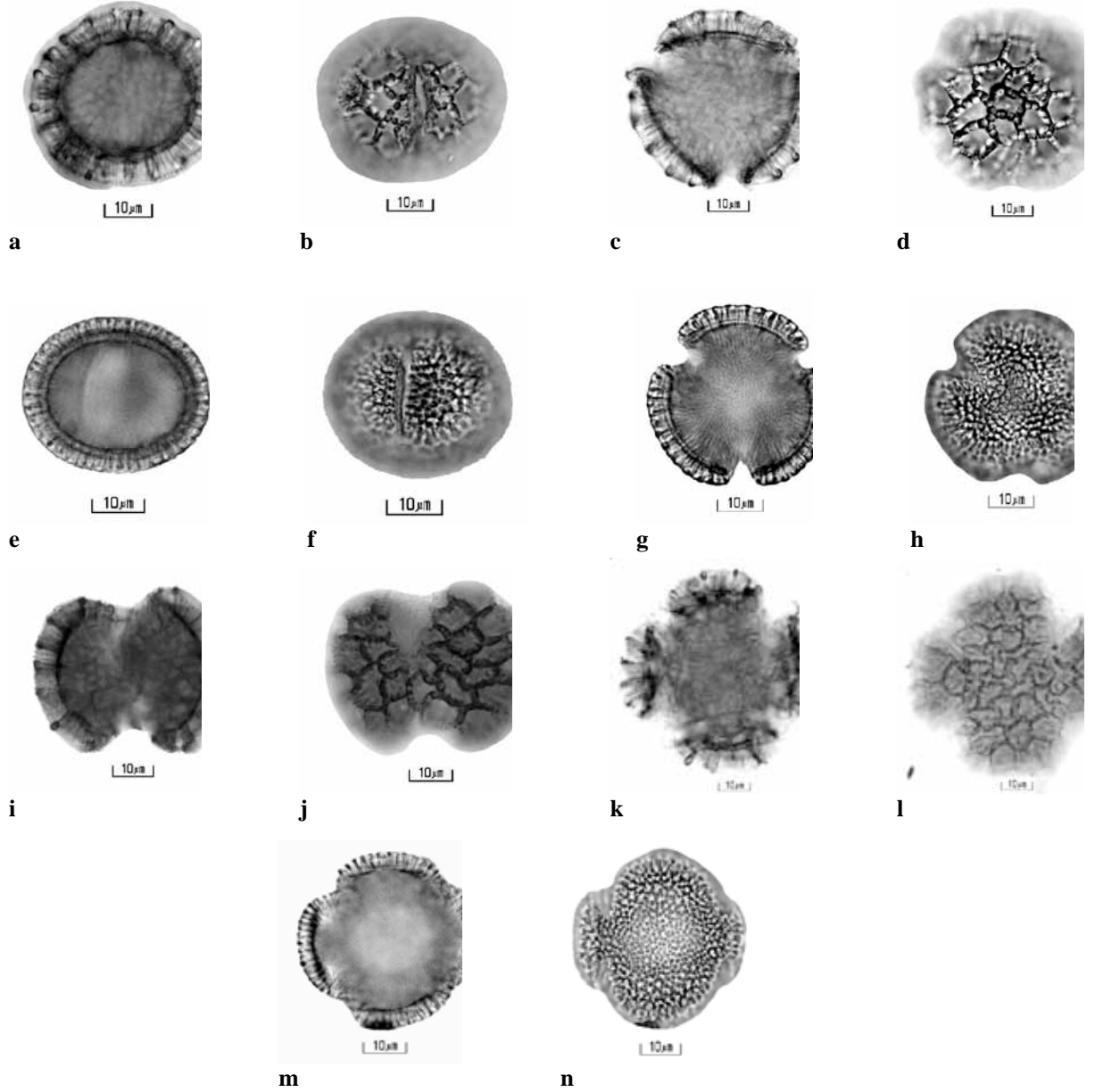
Çalışılan *Limonium* türlerinin polenlerine ait ölçüm ve gözlemler Tablo 2'de verilmiştir. Bu polenlerin morfolojik özelliklerini gösteren, LM ve SEM ile çekilmiş mikrografları sırasıyla Şekil 1 ve Şekil 2'de yer almaktadır. Ayrıca, çalışmada polenlerin Amb çapı, polar eksen ve ekvatorial eksen ölçümlerinin kutu çizgi grafiklerine de yer verilmiştir (Şekil 3-5).

Tablo 2. Çalışılan *Limonium* türlerinin polenlerine ait morfolojik gözlemler ve ölçümleri.Table 2. Morphological observations and measurements belong to the pollen grains of the studied *Limonium* species.

Takson-Taxa	Polen şekli- Pollen shape	P/E	Polar eksen-Polar axis (µm)			Ekvatorial eksen- Equatorial axis (µm)			Amb çapı-Amb diameter (µm)			Ekzin- Exine	Clg/ Clt	Clg (µm)	Clt (µm)	t (µm)	Kolpus sayısı- Number of colpus
			M	S	Var.	M	S	Var.	M	S	Var.						
<i>L. vananse</i>	Oblat sferoid	0.96	35.25	±2.94	29.40- 41.16	36.65	±1.35	33.32- 39.20	37.66	±3.11	29.40- 41.16	3.93	10.76	23.45	2.18	14.91	2, 3 ya da 4
<i>L. gmelinii</i>	Oblat sferoid	0.95	44.12	±2.53	39.14- 49.00	46.62	±3.16	39.20- 51.94	44.03	±2.24	40.18- 49.00	7.08	6.65	24.22	3.64	22.93	3
<i>L. meyeri</i>	Oblat sferoid	0.96	33.97	±2.46	29.40- 39.14	35.31	±1.83	31.36- 38.22	38.50	±2.56	32.34- 43.12	3.97	5.75	20.60	3.58	16.55	3
<i>L. caspium</i>	Oblat sferoid	0.94	31.59	±2.32	28.42- 37.24	33.44	±2.13	27.44- 36.26	33.46	±2.72	29.40- 41.16	4.03	6.99	17.90	2.56	17.60	3 ya da 4
<i>L. iconicum</i>	Oblat sferoid	0.93	37.44	±3.66	31.36- 45.08	40.20	±3.92	34.30- 48.02	38.30	±3.16	33.32- 44.10	3.78	4.33	25.32	5.85	20.16	3
<i>L. tamaricoides</i>	Suboblat	0.85	31.86	±2.63	26.46- 36.26	37.43	±2.59	31.36- 41.16	32.55	±2.51	27.44- 38.22	5.86	5.24	15.71	3.00	18.96	3
<i>L. smithii</i>	Suboblat	0.87	33.44	±2.79	28.42- 39.20	38.42	±2.40	34.30- 44.10	35.30	±2.11	31.36- 40.18	5.59	3.91	18.52	4.73	21.14	3
<i>L. lilacinum</i>	Suboblat	0.88	41.30	±3.66	36.20- 49.00	46.71	±2.87	42.14- 52.92	41.83	±3.63	36.26- 49.98	6.06	2.84	26.65	9.38	22.17	3
<i>L. pycnanthum</i>	Suboblat	0.81	30.00	±2.79	24.50- 37.24	36.87	±1.65	33.32- 40.18	38.48	±2.87	32.34- 44.10	5.31	3.27	17.58	5.37	19.47	3
<i>L. globuliferum</i>	Oblat sferoid	0.91	31.62	±1.81	28.42- 37.24	34.78	±1.73	31.36- 39.20	33.34	±1.89	29.40- 39.20	4.73	5.86	18.34	3.13	18.93	3
<i>L. anatolicum</i>	Oblat sferoid	0.89	33.64	±2.28	28.42- 39.20	37.71	±1.96	32.34- 41.16	34.69	±1.72	31.36- 40.18	4.84	6.02	21.49	3.57	19.00	2 ya da 3

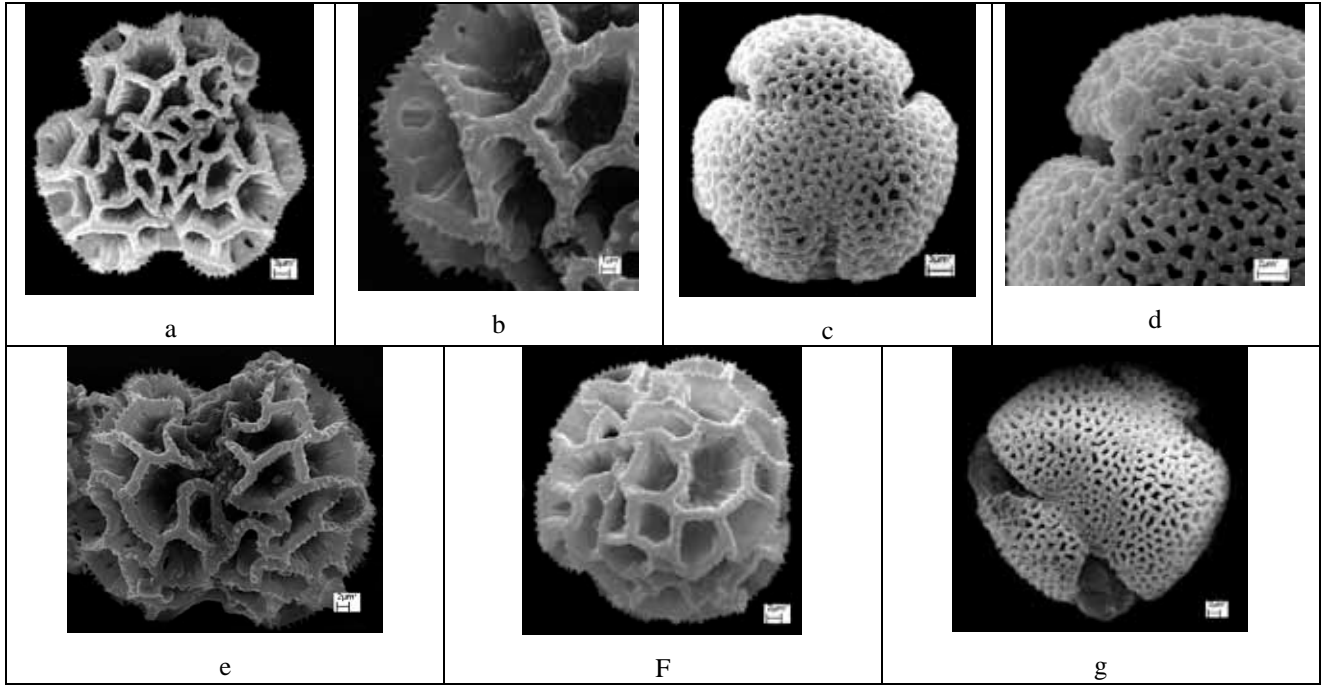
M: Ortalama değer, S: Standart sapma, Var.: Varyasyon, Clg: Kolpus uzunluğu, Clt: Kolpus genişliği, t: Apokolpiyum

M: Mean, S: Standard deviation, Var.: Variation, Clg: Colpus longitude, Clt: Colpus latitude, t: Apocolpium



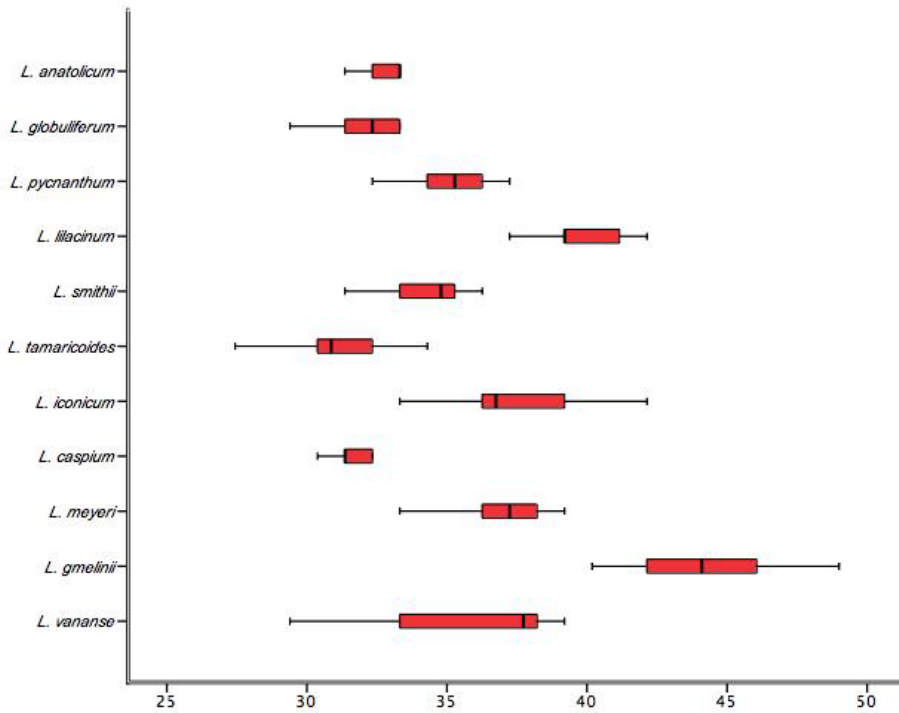
Şekil 1. Türkiye'nin iç kesimlerinde yetişen *Limonium* türlerinde görülen polen tiplerinin LM mikrografları: *L. lilacinum*, trikolpat, büyük retikülat polenin ekvatorial görünüşünde optik kesiti (a), kolpus, yüzey ornamentasyonu (b), polar görünüşünde optik kesit (c), apokolpiyum, yüzey ornamentasyonu (d); *L. iconicum*, trikolpat, küçük retikülat polenin ekvatorial görünüşünde optik kesiti (e), kolpus, yüzey ornamentasyonu (f), polar görünüşünde optik kesiti (g), apokolpiyum, yüzey ornamentasyonu (h); *L. pycnanthum*, dikolpat, büyük retikülat polenin polar görünüşünde optik kesiti (i), apokolpiyum, yüzey ornamentasyonu (j); *L. vananse*, tetracolpat, büyük retikülat polenin polar görünüşünde optik kesiti (k), apokolpiyum, yüzey ornamentasyonu (l); *L. caspium*, tetracolpat, küçük retikülat polenin polar görünüşünde optik kesiti (m), apokolpiyum, yüzey ornamentasyonu (n).

Figure 1. LM micrographs of pollen types seen in inland species of Turkish *Limonium*: *L. lilacinum*, tricolpate, coarse reticulate pollen grain, optical section of equatorial aspect (a), colpus, exine ornamentation (b), optical section of polar aspect (c), apocolpium, exine ornamentation (d); *L. iconicum*, tricolpate, fine reticulate pollen, optical section of equatorial aspect (e), colpus, exine ornamentation (f), optical section of polar aspect (g), apocolpium, exine ornamentation (h); *L. pycnanthum*, dicolpate, coarse reticulate pollen grain, optical section of polar aspect (i), apocolpium, exine ornamentation (j); *L. vananse*, tetracolpate, coarse reticulate pollen grain, optical section of polar aspect (k), apocolpium, exine ornamentation (l); *L. caspium*, tetracolpate, fine reticulate pollen grain, optical section of polar aspect (m), apocolpium, exine ornamentation (n).

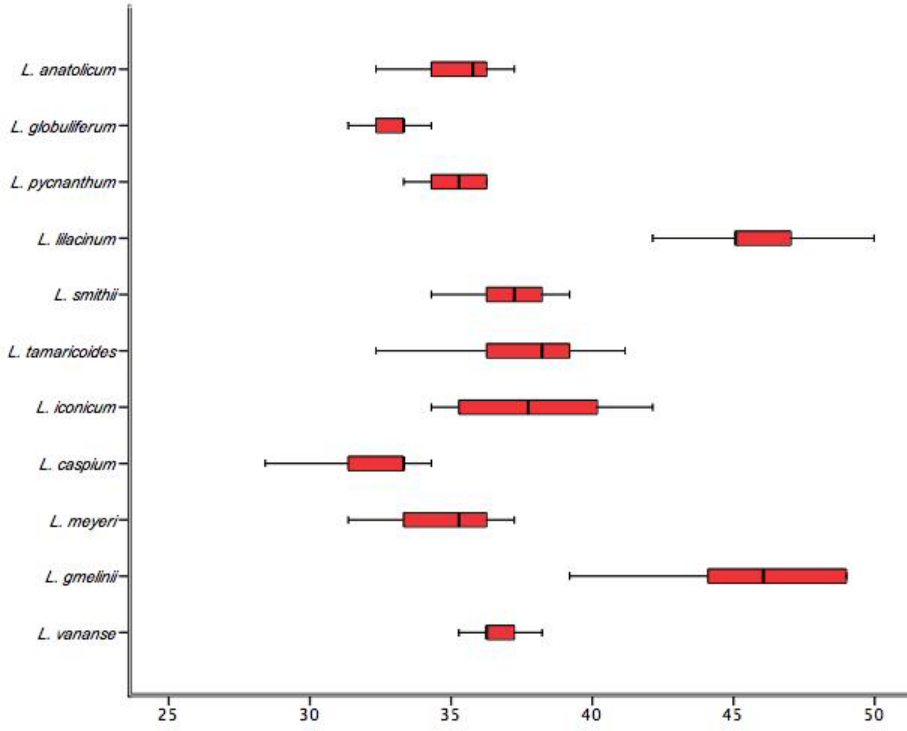


Şekil 2. Türkiye'nin iç kesimlerinde yetişen *Limonium* türlerinde görülen polen tiplerinin SEM mikrografları: *L. gmelinii*, büyük retikülat-skabrat, trikolpat polen (a), ornamentasyonun ayrıntısı (b); *L. meyeri*, küçük retikülat-skabrat, trikolpat polen (c), ornamentasyonun ayrıntısı (d); *L. pycnanthum*, büyük retikülat-skabrat, dikolpat polen (e); *L. vananase*, büyük retikülat-skabrat, tetrakolpat polen (f); *L. caspium*, küçük retikülat-skabrat, tetrakolpat polen.

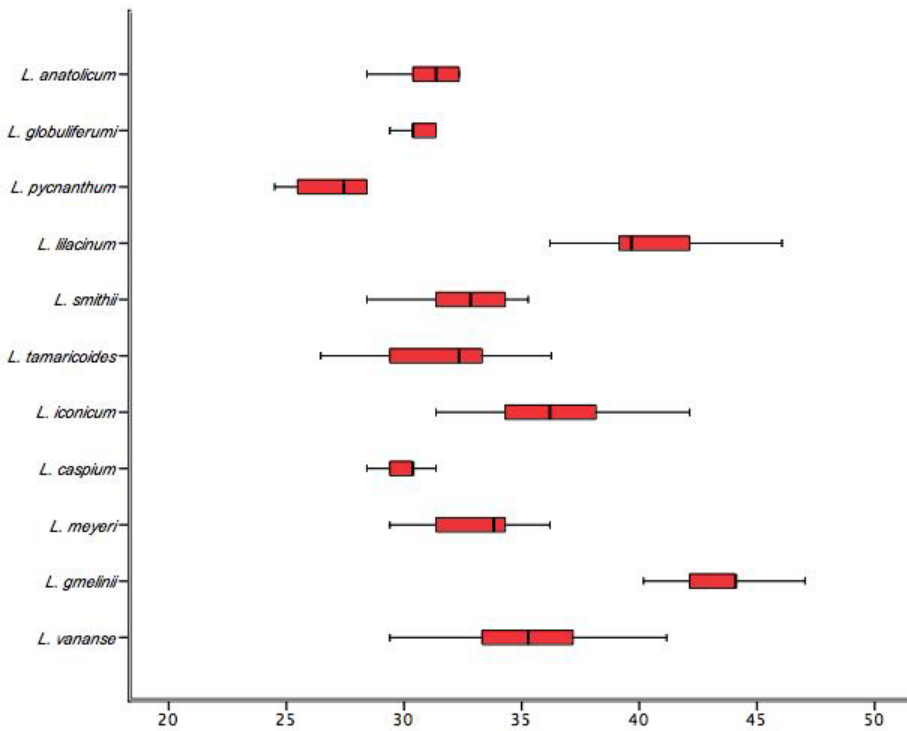
Figure 2. SEM micrographs of pollen types seen in inland species of Turkish *Limonium*: *L. gmelinii*, coarse reticulate-scabrate, tricolpate pollen grain (a), details of ornamentation (b); *L. meyeri*, fine reticulate-scabrate, tricolpate pollen grain (c), details of ornamentation (d); *L. pycnanthum*, coarse reticulate-scabrate, dicolpate pollen grain (e); *L. vananase*, coarse reticulate-scabrate, tetracolpate pollen grain (f); *L. caspium*, fine reticulate-scabrate, tetracolpate pollen grain.



Şekil 3. Türkiye'nin iç kesimlerinde yetişen *Limonium* türlerine ait polenlerin Amb çapı uzunlukları (μm).
Figure 3. Amb diameters (μm) of the pollen grains belong to the inland species of Turkish *Limonium*.



Şekil 4. Türkiye'nin iç kesimlerinde yetişen *Limonium* türlerine ait polenlerin ekvatorial eksen uzunlukları (µm).
Figure 4. Equatorial axes (µm) of the pollen grains belong to the inland species of Turkish *Limonium*.



Şekil 5. Türkiye'nin iç kesimlerinde yetişen *Limonium* türlerine ait polenlerin polar eksen uzunlukları (µm).
Figure 5. Polar axes (µm) of the pollen grains belong to the inland species of Turkish *Limonium*.

4. Sonuçlar ve tartışma

İncelenen on bir türe ait polenler apertür şekli ve sayısı bakımından genel olarak trikolpat, nadiren dikolpat ya da tetrakolpattır. Polen şekilleri bakımından ise suboblat ya da oblat sferoiddir. Kolpuslar oldukça uzun ve geniş, sınırları belirgin, uçları sivridir. Ekzin strüktürü semitektat ve ornemantasyonu küçük ya da büyük retikülatır. *Limonium* cinsinin de dahil olduğu Plumbaginaceae familyası üyeleri, polenlerinin apertür olarak üç, dört ve/veya beş kolpusa, büyük ya da küçük retikülat ornemantasyona sahip olmaları, suboblat ya da sferoid şekilli olmaları nedeniyle stenopalinoz bir özellik göstermektedir (Erdtman, 1969; Bokhari, 1972; Erben, 1978; Weber, 1981; Turner and Blackmore, 1984; Weber and Ghobary, 1987; Lledo et al., 2003). İncelenen *Limonium* türlerinin polenleri de morfolojik bakımdan birbirine benzer özelliklerle familya karakterine uygunluk göstermektedir. Polenleri incelenen türlerin 8’inde farklı sayıda apertüre ve farklı tipte ornemantasyona sahip polenlere rastlanmıştır. Yani aynı türün bir bireyinin meydana getirdiği polenler arasında hem küçük retikülat ve büyük retikülat, hem de dikolpat, trikolpat ve tetrakolpat polenler birlikte bulunabilmektedir. Aynı türe ait polenler arasında farklı tipte ornemantasyon ve farklı sayıda apertür içeren polenlerin bulunması palinolojik açıdan önemli bir morfolojik özellik olarak kabul edilmektedir (Xavier et al., 1980; Chapman, 1967; Nowicke and Luikart, 1971; Simpson, 1983; Chinnappa and Warner, 1982; Doğan ve İnceoğlu, 1990; Sahreen et al., 2008). Bu özellik, yalnızca iki farklı karaktere sahip polenleri bir arada bulundurma durumunda dimorfizm, ikiden fazla farklı karaktere sahip polenleri bir arada bulundurma durumunda ise polimorfizm olarak tanımlanmaktadır. *Limonium* cinsinde dimorfik polenlere rastlandığı ilk defa MacLeod (1887) tarafından açıklanmıştır (Turner and Blackmore, 1984). Yaptığımız çalışma sonucunda, incelenen 11 türden 5’inde dimorfizm, 3’ünde ise polimorfizm tespit edilmiştir. Dimorfik polenlere sahip türlerden alınan örneklerde yalnızca trikolpat polenlere rastlanmıştır. Ancak, bu örneklerde küçük retikülat ve büyük retikülat ornemantasyona sahip polenler bir arada tespit edilmiştir. Palinolojik bakımdan polimorfik özellik gösteren türlerin ise dikolpat, trikolpat ve tetrakolpat polenleri farklı kombinasyonlarda bir arada bulundurduğu saptanmıştır. Ayrıca, bu örneklerde küçük retikülat ve büyük retikülat ornemantasyona sahip polenlerin bir arada görüldüğü tespit edilmiştir.

Taksonomik problemleri çözmeye baş vurulan palinolojik karakterler arasında ornemantasyon tipi, apertür sayısı ve ekzin tabakalanması gibi temel özellikler yer almaktadır (Kupriano, 1967; Cronquist, 1968; Walker, 1974a-b; Takhtajan, 1980). *Limonium* cinsi polenleri, türler arasında, hatta tür içinde hem apertür sayısı bakımından hem de ekzin ornemantasyonu ve tabakalanması bakımından farklılıklar göstermektedir. Küçük retikülat polenlerde ekzin tabakası, büyük retikülat polenlere göre daha incedir. Bundan dolayı *Limonium* cinsinin taksonomik problemlerinin çözümlenmesinde aynı tür ya da farklı türlerin polenlerinde görülen apertür sayısındaki değişiklikler, ornemantasyon tipi, ekzin kalınlığı, polar eksen, ekvatorial eksen ve Amb çaplarının uzunlukları dikkate alınmıştır.

Yaptığımız palinolojik incelemelere göre, çalışılan on bir tür üç gruba ayrılmıştır. Birinci grupta sadece monomorfik polenlere sahip türler bulunmaktadır. Bu türler küçük retikülat ya da büyük retikülat ornemantasyonlu, trikolpat polenler meydana getirmektedir. Bunlar; *L. meyeri*, *L. iconicum* ve *L. lilacinum*’dur. Bu grup palinolojik özellikleri bakımından en fazla yeknesaklık gösteren gruptur. Ancak, *L. lilacinum* hem polen boyutu hem de şekli bakımından diğer iki türden açıkça farklılık göstermektedir. Monomorfik polenler üreten üç türün polenlerinin polar, ekvatorial ve Amb çaplarıyla ilgili kutu çizgi grafikleri incelendiğinde, *L. lilacinum*’a ait polen boyutlarının diğer taksonlara ait polenlerden daha büyük olduğu görülmektedir (Şekil 3-5). Ayrıca, *L. lilacinum* suboblat polenler meydana getirirken, *L. meyeri* ve *L. iconicum*’a ait polenler ise oblat-sphaeroiddir.

İkinci grupta, küçük retikülat ve büyük retikülat ornemantasyona sahip trikolpat polenler meydana getiren türlere yer verilmiştir. Bunlar; *L. gmelinii*, *L. tamaricoides*, *L. smithii*, *L. globuliferum* ve *L. anatolicum*’dur. Bu grupta bulunan türlerin polen boyutları karşılaştırıldığında, *L. gmelinii*’nin polen boyutlarının, *L. tamaricoides*, *L. smithii*, *L. globuliferum* ve *L. anatolicum*’a göre daha büyük olduğu görülmektedir. *L. tamaricoides* ve *L. smithii* birbirine yakın polen boyutlarına sahip olmakla birlikte, *L. smithii*, *L. tamaricoides*’e göre biraz daha büyük polenler meydana getirmektedir. Bu gruptaki en küçük polenler *L. globuliferum* ve *L. anatolicum*’a aittir (Şekil 3-5). *L. gmelinii*, *L. globuliferum* ve *L. anatolicum* oblat-sphaeroid, *L. tamaricoides* ve *L. smithii* ise suboblat polenler üretmektedir.

Üçüncü grupta, küçük retikülat ve büyük retikülat ornemantasyona sahip dikolpat, trikolpat ve tetrakolpat polenleri değişik kombinasyonlarda meydana getiren türler bulunmaktadır. Bunlar; *L. vananse*, *L. caspium* ve *L. pycnanthum*’dur. Bu üç türün polen boyutları karşılaştırıldığında, *L. caspium* polenlerinin Amb çapı ve ekvatorial eksen ölçümlerinin diğer iki türün polenlerine göre bariz bir şekilde küçük olduğu dikkati çekmektedir (Şekil 3-5). *L. pycnanthum* ise polen şekli bakımından diğer iki türden farklılık göstermektedir. *L. pycnanthum*’a ait polenler suboblat, *L. vananse* ve *L. caspium*’a ait olanlar ise oblat-sphaeroid bir şekle sahiptir.

Çeşitli araştırmacılar, *Limonium* cinsinde apomiktik üreme sisteminin görüldüğünü bildirmiştir (d’Amato, 1949; Erben, 1978). Bu üreme tipi, türler arası farklılıkların az olmasına ve tür içinde büyük değişkenliğe neden olmaktadır. Yapmış olduğumuz çalışma, gerek palinolojik gerekse genel morfolojik özellikler bakımından bu görüşü desteklemektedir. Dolcher and Pignatti (1967, 1971)’ye göre, *Limonium* cinsinin kromozom sayılarında, türler arası ve tür içi düzeyde bir dalgalanma söz konusudur (Erben, 1978). Araştırmacılara göre, kromozom sayısı hem diploid hem de triploid türlerde kısmen düzensiz olup, bu durum doğrudan apomiksikle ilişkilidir. Federov (1974), *Limonium* türlerinde kromozom sayılarını $2n=12, 14, 16, 18, 25, 27, 32, 33, 34, 35, 36$ ve 64 olarak bildirmiştir. *Limonium* cinsinde görülen

polen ve stigma dimorfizmi, apomiksisin bir diğer kanıtıdır (Erben, 1978). Ayrıca, araştırmacıya göre tetrakolpat ve pentakolpat polenler indirgenmemiş, verimsiz polenlerdir. Bu tip polenlere sahip taksonlarda iyi bir tohum çimlenmesinin gerçekleşmesi ancak apomiksisle açıklanabilmektedir. Bu nedenle, yaptığımız çalışmada ele alınan palinolojik açıdan dimorfik özellik gösteren *L. gmelinii*, *L. tamaricoides*, *L. smithii*, *L. globuliferum*, *L. anatolicum* ve polimorfik özelliğe sahip *L. vanansea*, *L. caspium*, ve *L. pycnanthum* türlerinde apomiksis meydana geldiğini düşünmekteyiz. Ancak, bu düşüncenin desteklenebilmesi için, bu türlerde stigma morfolojisi, polen stigma ilişkileri ve karyotip analizlerinin de çalışılması gerektiği kanısındayız..

Teşekkür

Bu çalışmanın tamamlanmasında, 2195 nolu ve 4851 nolu projeler ile kaynak sağlayan TÜBİTAK ve Hacettepe Üniversitesi Bilimsel Araştırmalar Birimi'ne teşekkür ederiz.

Kaynaklar

- Akaydin, G. 2007. A new species of *Limonium* Mill. (Plumbaginaceae) from the central anatolian salt steppe, Turkey. World Applied Sciences Journal. 2 /4: 406-411.
- Bokhari, M.H. 1972. A brief review of stigma and pollen types in Acantholimon and Limonium. Notes Roy. Bot. Gard. Edinb. 32: 79-84.
- Bokhari, M.H., Edmondson, J.R. 1982. *Limonium* Miller. (Ed.) Davis P.H., Flora of Turkey and the East Aegean Islands, Vol. 7., Edinburgh University Pres, Edinburgh. 465-476.
- Chapman, J.L. 1967. Comparative Palynology in Campanulaceae. Trans. Kansas Academy of Science. 69: 197-200.
- Chinnappa, C.C, Warner, B.G. 1982. Pollen Morphology in the Genus *Coffea* (Rubiaceae), II. Pollen Polymorphism. Grana. 21: 29-37.
- Cowan, R., Ingrouille, M. J., Lledó, M. D. 1998. The taxonomic treatment of agamosperms in the genus *Limonium* (Plumbaginaceae). Folia Geobot. 33: 353-366.
- Cronquist, A. 1968. The Evolution and Classification of the Flowering Plants. Thomas Nelson Ltd., London and Edinburgh.
- D'Amato, F. 1949. Triploidia e Apomissia in *Statice oleaefolia* Scop. var. *confusa* Godr. Caryologica 2/1: 71-84.
- Davis, P.H., Edmondson, J.R., Mill, R.R., Tan, K. 1982. *Limonium* Mill. (Plumbaginaceae), Flora of Turkey and the East Aegean Islands, Vol. 7., Edinburgh University Press, Edinburgh. 465-476.
- Davis, P.H., Mill, R.R., Tan, K. 1988. Flora of Turkey and the East Aegean Islands, Vol. 10, Edinburgh University Press, Edinburgh. 210-211.
- Dogan, M., Duman, H., Akaydin, G. 2008. *Limonium gueneri* (Plumbaginaceae), a new species from Turkey. Ann. Bot. Fennici. 45: 389-393.
- Doğan, C., İnceoğlu, Ö. 1990. Türkiye'nin bazı *Isatis* L. taksonlarının polen morfolojisi. Doğa-Tr. J. of Botany. 14:12-31.
- Dolcher, T., Pignatti, S. 1967. Numeri cromosomici di alcune specie mediterranee del genere *Limonium*. Giorn. Bot. Ital. 101: 294-295.
- Dolcher, T., Pignatti, S., 1971. Un'ipotesi sull'evoluzione die limonium del bacino del mediterraneo. Giorn. Bot. Ital. 105: 95-107.
- Erben, M. 1978. Die Gattung *Limonium* L. im Südwestmediterranen Raum, Mitt. Bot. Staatssamml. München, Vol. 14, München. 361-631.
- Erdtman, G. 1960. The Asetolysis Method, A Revised Discription. Svensk Bo. Tidskr. 54: 561-564.
- Erdtman, G. 1969 Handbook of Palynology, Morphology-Taxonomy-Ecology, An Introduction to the Study of Pollen Grains and Spores, Hafner Publishing Co., New York.
- Federov, A.A. 1974. Chromosome numbers of flowering plants, Otto Koeltz Science Publisher n-624, Koenigstein, Germany, 492.
- Kuprianova, A. 1967. Apertures of pollen grains and their evolution in angiosperms. Paleobot. Palyn. 3: 73-80.
- Lledó, M.D., Erben, M., Crespo, M.B. 2003. *Mryiolepis*, a new genus segregated from *Limonium* (Plumbaginaceae). Taxon. 52: 67-73.
- MacLeod, J. 1887. Untersuchungen über die Befruchtung der Blumen. Bot. Centralbl. 24: 150-154.
- Moore, P.D., Webb, J.A., Collinson, M.E. 1991. Pollen Analysis, Blackwell Scientific Publications, Oxford.
- Nowicke, J.W., Luikart, T.J. 1971. Pollen Morphology of the Nyctaginaceae. Grana. 11: 145-150.
- Pignatti, S. 1982. Flora d'Italia, vol. 2, Edagricole, Bologna.
- Sahreen, S., Khan, M.A., Meo, A.A., Jabeen A. 2008. Pollen morphology of the genus *Silene* (Sileneae-Caryophyllaceae) from Pakistan. Biological Diversity and Conservation. 1(2): 74-85.
- Simpson, M.G. 1983. Pollen Ultrastructure of the Haemodoraceae and its Taxonomics Significance. Grana. 22: 79-103.
- Takhtajan, A.L. 1980. Outline of the Classification of Flowering Plants (Magnoliophyta). Bot. Rev. 46/3: 225-359.

- Turner, S.C., Blackmore, S. 1984. Plumbaginaceae. (Eds.) Punt, W., Clarke, G.C.S., The Northwest European Pollen Flora IV, Elsevier, Amsterdam. 133-154.
- Walker, J.W. 1974a. Evolution of Exine Structure in the Pollen of Primitive Angiosperms. *Amer. J. Bot.* 61: 891-902.
- Walker, J.W. 1974b. Aperture Evolution in the Pollen of Primitive Angiosperms. *Amer. J. Bot.* 61: 1112-1137.
- Weber, M.O. 1981. Pollen diversity and identification in some Plumbaginaceae. *Pollen et Spores.* 23/3-4: 321-348.
- Weber, M.O., Ghobary, E. 1987. Pollen morphology in the genus *Psylliostachys* (Plumbaginaceae) and its taxonomic significance. *Pollen et Spores.* 29/2-3: 131-150.
- Xavier, K.S., Mildner, R.A., Rogers, C.M. 1980. Pollen Morphology of *Linum*, Sect., *Linastrum* (Linaceae). *Grana.* 19: 183-188..

(Received for publication 07 June 2012; The date of publication 15 August 2012)