



Sabulina mesogitana subsp. *flaccida* Endemiğinin Tohum ve Polen Mikromorfolojisi

The Seed and Pollen Micromorphology of the Endemic Sabulina mesogitana subsp. flaccida

Havva Karahan^{1*} , Yasin Hazer² , Gamze Erikci¹ , Tuğçe Koç¹ , Hatice Çölgeçen¹

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

²Zonguldak Bülent Ecevit Üniversitesi, Eczacılık Fakültesi, Farmasotik Botanik Bölümü, Zonguldak, Türkiye

Öz

Bu çalışmada Türkiye’de doğal olarak yetişen *Sabulina mesogitana* subsp. *flaccida* endemik türünün tohum ve polen morfolojisi ışıık ve elektron mikroskobu ile incelenmiş; tohum ve polenlerinin in vitro koşullarda çimlendirilmesi, polen canlılığının belirlenmesi, polen tüpü oluşumunun gözlemlenmesi ve tohum ile polen mikromorfolojisinin araştırılması amaçlanmıştır. Türkiye’de korunması öncelikli 9 orman sıcak noktadan biri olarak nitelendirilen Küre Dağları Milli Parkı ve onun tampon bölgesini de içine alan Batı Küre Dağlarından toplanan *S. mesogitana* subsp. *flaccida*’nın tohumlarının in vitro koşullarda çimlendirilmesi amacıyla farklı sükröz konsantrasyonları ve pH değerlerinde Murashige ve Skoog (MS) besin ortamları hazırlanmıştır. In vitro tohum çimlendirme denemelerinde en yüksek çimlenme oranı 20 g/L sükröz içeren ve pH 5.8 olan ortamda %34.3 olarak belirlenmiştir. Canlı polen sayısı, polen tüpü oluşumu ve polen tüpü uzunluğunu belirlemek amacıyla farklı sükröz konsantrasyonları denenmiş sonuç olarak en yüksek çimlenme oranı %30 ile 20 g/L sükröz içeren ortamda gerçekleşmiştir. Çalışmada ayrıca türün polen fertilitesi ortalama %88 olarak tespit edilmiştir. Tohum ve polen yüzey morfolojisi taramalı elektron mikroskobu (SEM) ile değerlendirilmiş; tohumların ventral ve dorsal yüzeylerinin papilli ve tuberküllü yapıda, renklerinin koyu kahverengi-siyah; polenlerin ise sferoidal formda ve polen ornamentasyonlarının mikroekinat-mikroperforat özellikle olduğu belirlenmiştir. Morfolojik karakterler, bitki taksonomisinde sınıflandırmaya katkı sağlayan önemli veriler sunduğundan, endemik *S. mesogitana* subsp. *flaccida* türüne ait tohum ve polen çimlenme verileri bu çalışma ile ortaya konulmuştur.

Anahtar Kelimeler: Endemik tür, in vitro polen çimlendirme, mikromorfoloji, *Sabulina mesogitana* subsp. *flaccida*, tohum

Abstract

In this study, seed and pollen morphology of the endemic *Sabulina mesogitana* subsp. *flaccida*, which naturally occurs in Turkey, was examined by light and electron microscopy. The objectives included in vitro germination of seeds, assessment of pollen viability, observation of pollen tube formation, and investigation of seed and pollen micromorphology. Seeds of *S. mesogitana* subsp. *flaccida*, collected from the Western Taurus Mountains, including the Küre Mountains National Park, one of the nine forest priority hotspots for conservation in Turkey, along with its buffer zone, were germinated in vitro using Murashige and Skoog (MS) media prepared with different sucrose concentrations and pH. The highest germination rate was observed at 34.3% in the medium containing 20 g/L sucrose and pH 5.8. To determine pollen viability, pollen tube formation, and pollen tube length, different sucrose concentrations were tested; the highest germination rate achieved was 30% in the medium containing 20 g/L sucrose. Additionally, the pollen fertility rate of the species was determined to be approximately 88%. Seed and pollen surface morphology was evaluated by scanning electron microscopy (SEM); seed surfaces on ventral and dorsal sides were found to be papillate and tuberculate, with dark brown to black coloration, while pollen grains exhibited a spherical shape with micro-echinate and micro-perforate ornamentation. Since morphological characteristics provide important data for taxonomic classification, this study presents seed and pollen germination data for the endemic *S. mesogitana* subsp. *flaccida* species.

Keywords: Endemic species, in vitro pollen germination, micromorphology, *Sabulina mesogitana* subsp. *flaccida*, seed

*Sorumlu yazarın e-posta adresi: havva01030@gmail.com

Havva Karahan orcid.org/0000-0003-0518-6265

Yasin Hazer orcid.org/0000-0001-8870-0017

Gamze Erikci orcid.org/0009-0008-0188-8941

Tuğçe Koç orcid.org/0009-0000-7124-6735

Hatice Çölgeçen orcid.org/0000-0001-8246-4279



Bu eser “Creative Commons Atıf-GayriTicari-4.0 Uluslararası Lisansı” ile lisanslanmıştır.

1. Giriş

Caryophyllaceae familyası karanfilgiller familyası olarak da bilinir ve yaklaşık 100 cins, 3000 türden oluşur (Ulukuş, 2018; Koç vd., 2019). Ülkemizde ise 35 cins ve 540'tan fazla tür ile temsil edilen familya, takson sayısı bakımından Türkiye florasında 3. sırada yer almakta olup familyanın tür çeşitliliği özellikle Akdeniz havzası ve İran-Turan fitocoğrafik bölgelerinde yoğunlaşmaktadır (Davis, 1967; Bittrich, 1993; Hernandez-Ledesma vd., 2015; Xu & Deng, 2017). Genellikle ılıman ya da sıcak-ılıman bölgelerde yayılış göstermekte, tek yıllık ya da çok yıllık, genellikle otsu nadiren küçük ağaçsı ya da çalimsı türlerden oluşmakta, çok soğuk ve kurak ortamlarda yetişebilme özelliğinden dolayı oldukça kozmopolit türler içerir (Hernandez-Ledesma vd., 2015). Bu türler süs bitkisi olarak, bununla birlikte bitkisel ilaçların hazırlanmasında ve baharat yapımında da kullanılmaktadır (Cowie, 2011).

Yapılan filogenetik araştırmalar sonucunda familya taksonları arasındaki evrimsel ilişkiler ortaya çıkarılmıştır. Dillenberger ve Kadereit (2014) bu grubun birkaç örneğini *Minuartia* s.l.'nin filogenetik analizine dahil etmiş ve plastid DNA varyasyonunu incelemiş olsalar da taksonlar arasındaki evrimsel tarih ve ilişkiler hala büyük ölçüde çözümsüz kalmaktadır (Lipánová vd., 2023). Bitki çeşitlenmesinde bir diğer güç, çevresel şartların çeşitli zorluklarına uyum sağlamasında üreme engellerinin artması olarak tanımlanan edafik izolasyona bağlı türleşmedir. Ağır kimyasal (ağır metaller, besin maddeleri veya pH) veya fiziksel koşullar (toprak nemi, sıcaklık) gibi aşırı edafik strese uyum sağlama, bitkilerde en güçlü adaptif tepkilere örnek olup bazen üreme izolasyonu da ilişkilidir. Kireçli topraklara, ağır metallerle kirlenmiş topraklara, tuzlu veya serpantinli topraklara hızlı adaptasyon örnekleri çeşitli bitki ailelerinde gösterilmiştir (Preite vd., 2019; Konecna vd., 2020; Cao vd., 2023). Sonuç olarak, *Caryophylloideae* Arn., *Alsinoideae* Burnett ve *Paronychioideae* A.St. alt ailelerine Eremogoneae Rabeler & WLWagner adlı yeni bir alt aile eklenmiştir (Harbaugh vd., 2010). *Minuartia* cinsi, morfolojik olarak diğer cinslerden üç stilus ve kapsül dişleri ile ayırt edilse de moleküler çalışmalar bu cinsin polifiletik olduğunu göstermiştir (Greenberg & Donoghue, 2011; Dillenberger & Kadereit, 2014; Mosyakin & Fedoronchuk, 2015). Dillenberger ve Kadereit (2014) tarafından yapılan cpDNA ve nrDNA analizleri, *Minuartia mesogitana* subsp. *flaccida*'nın *Sabulina* cinsinde kapsayan bir klad ile yakın ilişkili olduğunu ortaya koymuştur. Bu filogenetik bulgulara dayanarak, taksonun *Minuartia*'dan *Sabulina* cinsine aktarılması uygun görülmüş

ve türün adı *Sabulina mesogitana* subsp. *flaccida* (McNeill) Koç & Hamzaoglu olarak değiştirilmiştir.

Ülkemize endemik bir tür olan *S. mesogitana* subsp. *flaccida* Zoni yaylası ve çevre florasında, Küre dağları üzerinde ve Bartın ile Kastamonu-Sinop il sınırlarında yayılış göstermektedir (Tekebaş, 2017). Kayalık yamaçlar gibi taşlık ve az topraklı habitatlarda doğal yayılış gösteren tür mart ve nisan aylarında çiçeklenir. Beyaz renkli çiçekler genellikle gövde üzerinde veya taban kısmından gelişmektedir. Bitki salgı (glandüler) tüylerle kaplıdır ve bu morfolojik özellik alt türün tanımlanmasında ayırt edici bir karakterdir. Ayrıca bu salgı tüyleri bitkinin çevresel stres koşullarına karşı korunmasında ve bazı böcek türlerine karşı savunmada rol oynar. Ülkemize endemik bu türün habitatının tahrip edilmeden korunması ve canlılığının sürdürülebilir biçimde yönetilmesi çok önemlidir. Caryophyllaceae familyasına ait çeşitli türlerin tohum ve polen morfolojileri bilim insanları tarafından incelenmiş ve kapsamlı bir çalışma yapılmış olmasına rağmen (McNeill & Bassett, 1974; Yıldız, 2001; Yıldız, 2002; Perveen & Qaiser, 2003; Sahreen vd., 2008b), literatürde *S. mesogitana* subsp. *flaccida* endemik türü ile ilgili herhangi bir tohum ve polen mikromorfolojisi çalışması bulunmamaktadır. Bu gerekçelerle bu çalışma, türün tohum ve polen mikromorfolojisi hakkında tutarlı, kapsamlı, ayrıntılı ve doğru veriler sağlamak amacıyla ışık mikroskopisi ve taramalı elektron mikroskopisi ile *S. mesogitana* subsp. *flaccida* endemik türünü analiz etmeye odaklanmıştır. Bu çalışmanın sonucunda mikroskobik yöntemler kullanılarak elde edilen veriler taksonomik araştırmaların doğrulanmasında yardımcı olacaktır.

2. Gereç ve Yöntemler

2.1. Bitki Materyali

Sabulina mesogitana subsp. *flaccida* polenleri mart-nisan 2025, tohumları ise temmuz 2025 Türkiye'de korunması öncelikli noktadan biri olan Küre Dağları Milli Parkı ve onun tampon bölgesini de içine alan Batı Küre Dağları 41°40'18.4"N 32°45'49.5"E lokalizasyondan toplanmıştır. Örnekler BEUN Eczacılık Fakültesi koleksiyonunda kayıt altına alınmıştır. Ortamlar farklı pH değerleri ve farklı şeker konsantrasyonları içeren %0.7 g/L agar (w/v) Murashige ve Skoog (MS) modifiye edilerek hazırlanmıştır (Çizelge 1). Hazırlanan besi ortamları otoklavlandıktan sonra steril cam kavanozlara (100 mm x 100 mm x 200 mm) aktarılmıştır. Türün tohumları %10'luk sodyum hipoklorit çözeltisi ile 10 dakika muamele edilmiş, sonra üç kez steril distile su ile durulanmıştır. Sterilizasyonu yapılan 100 adet tohum MS

Çizelge 1. Tohum çimlendirmek için hazırlanan farklı Murashige ve Skoog (MS) ortamları.

Deneme	Sükroz (g/L)	pH	Sıcaklık (°C)
A1	30	5.8	25±2
A2	20	5.8	25±2
A3	20	7.2	25±2
A4	30	7.2	25±2

besiyerlerine ekilerek 24±2°C sıcaklıkta, 24 saat karanlık periyotta bitki büyütme odasında çimlenmesi için inkübe edilmiştir.

2.2. Polen Canlılığının Belirlenmesi

Polen canlılığını belirlemek için 15, 20, 25 ve 30 g/L sükroz içeren ortamlar hazırlanmış, polenler lam üzerine alınmış ve ışık mikroskopunda gözlemlenmiştir. Toplam 100 adet polende fertil ve steril polenler sayılarak, toplam polen sayısına oranla canlılık yüzdesi hesaplanmıştır. Fertilité ve sterilité (Denklem 1) yüzdesi için aşağıdaki formül kullanılmıştır (Ullah vd., 2018):

$$\text{Fertilité} = (F/F+S) \times 100$$

$$\text{Sterilité} = (S/S+F) \times 100 \quad (1)$$

F: okülerdeki fertil polen sayısı ve S: aynı okülerdeki steril polen sayısıdır.

Polen şeklini belirlemek için polenlerin P/E oranı (Denklem 2), aynı polenin polar ve ekvator çapına göre aşağıdaki formül kullanılarak ifade edilmiştir (Ullah vd., 2018):

$$P/E = (P/E) \quad (2)$$

P: polenin uzun eksen ve E: aynı polenin ekvatoriyal (kısa eksen) çapıdır.

2.3. Tohum ve Polen Mikroskopisi

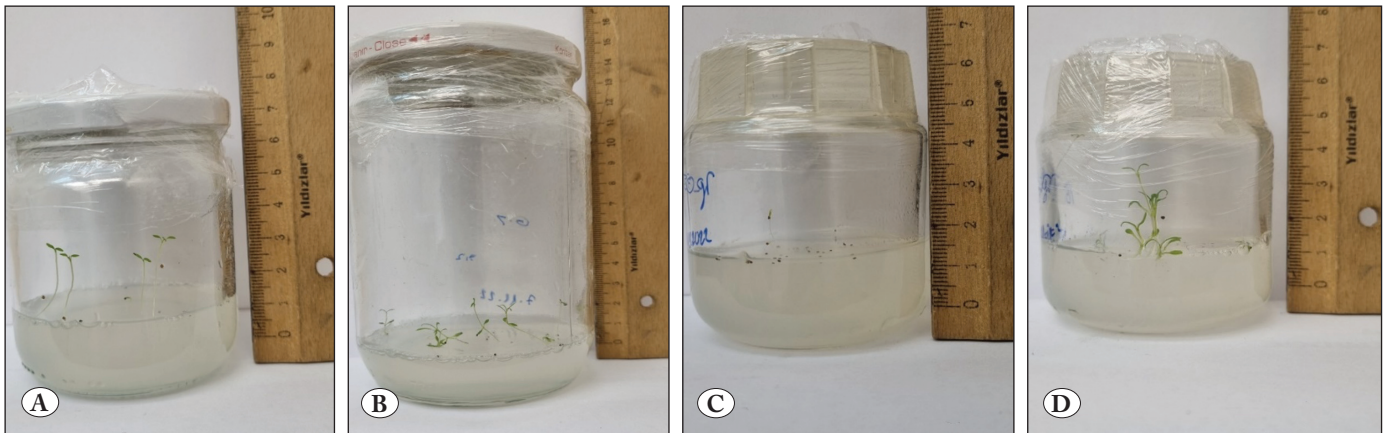
Tohum ve polenin mikromorfolojik özellikleri taramalı elektron mikroskobu (SEM) ile analiz edilmiştir. Daha sonra tüm örnekler, yan ve dorsal yüzeyleri görünecek şekilde çift taraflı yapışkan karbon iletken diskler kullanılarak taplara yapıştırılmıştır. Örnekler, Zonguldak Bülent Ecevit Üniversitesi (ARTMER) bünyesindeki QUANTA 450 Field Emission Gun (FEG) cihazında incelenmiştir.

3. Bulgular ve Tartışma

3.1. Tohum Çimlendirme

Bu çalışmada *Sabulina mesogitana* subsp. *flaccida*'nın tohum ve polenleri *in vitro* koşullarda çimlendirilmiş, polen canlılığı belirlenmiş, polen tüpü oluşumu gözlemlenmiş, tohum ve polen mikromorfolojisi incelenmiştir. Tohum çimlendirme denemelerinde A1 ortamında ilk çimlenme 16.gün, A2 ortamında 7.gün, A3 ortamında 11.gün, A4 ortamında 7.gün gerçekleşmiştir (Şekil 1).

Denemelere göre 20 g/L sükroz ve 5.8 pH ortamının (A2) diğer ortamlara göre daha fazla oranda çimlenme yüzdesine sahip olduğu belirlenmiştir (Çizelge 2).



Şekil 1. *Sabulina mesogitana* subsp. *flaccida* 30 günlük aseptik fideleri a. A1 b. A2 c. A3. d. A4.

Çizelge 2. *Sabulina mesogitana* subsp. *flaccida*'ya ait tohumların çimlenme yüzdesi.

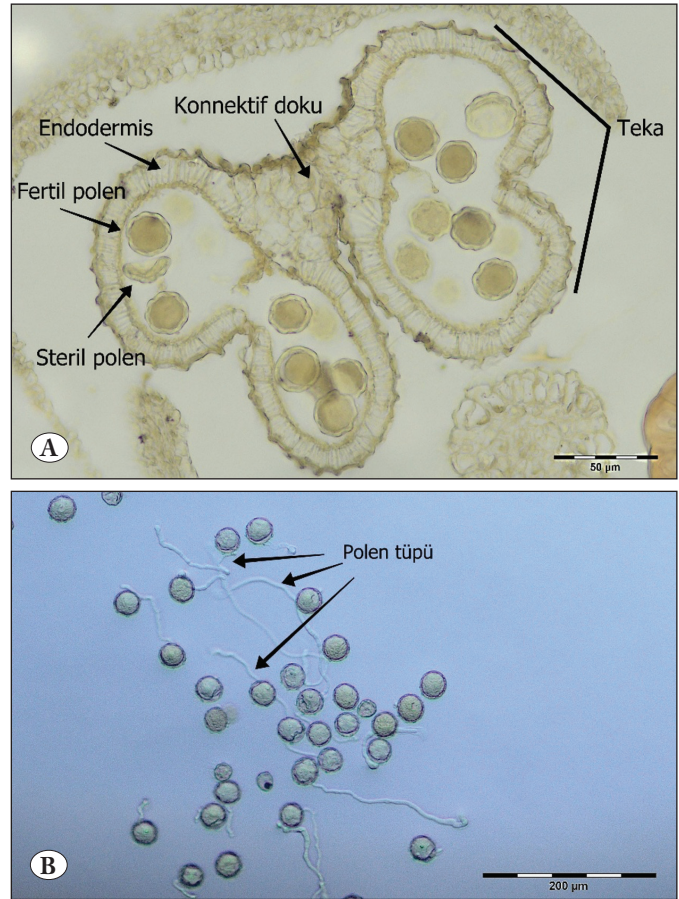
	Sükroz(g/L)	pH	Çimlenme yüzdesi(%)
A1	30	5.8	20.9
A2	20	5.8	34.3
A3	20	7.2	10.1
A4	30	7.2	18.1

Erdoğan (2010) Caryophyllaceae familyasına ait *Silene sangaria* türünde *in vitro* tohum çimlendirme denemeleri yapmıştır. Denemelerde MS ortamı, sükroz (30 g/L), agar (7g/L) ve giberellik asit kullanılmıştır. Giberellik asit uygulaması MS ortamlarında çimlenmeyi az miktarda uyarmıştır. Kum kontrol grubu olarak kullanılmış ve kontrol grubunda çimlenme oranı %37.5 iken MS ortamında sırasıyla bitki büyüme düzenleyicisi içermeyen MS için %35, %1 için %40, %3 için %42.5, %5 için %40'tır (Erdoğan, 2010). Üstüner vd. (2021) yaptığı çalışmada Caryophyllaceae familyasına ait *Silene sangaria* türünde *in vitro* tohum çimlendirmiştir. Çimlendirme denemelerinde GA3 bitki büyüme düzenleyicisinin çimlenme ve gelişime etkisini gözlemlemek amacıyla farklı GA3 konsantrasyonlarına sahip besi yerleri hazırlanmıştır. Bu amaçla bitki büyüme düzenleyicisi içermeyen MS, 1, 3 ve 5 mg/L GA3 konsantrasyonlarında farklı MS besi yerleri ve steril olmayan kum kullanılmıştır. (Üstüner vd., 2021).

3.2. Polen Çimlendirme ve Canlılık

S. mesogitana subsp. *flaccida*'nın polenlerinde ilk çimlenme 15 ve 30 g/L sükroz ortamlarında 2 saat, 20 ve 25 g/L sükroz ortamlarında 20 dk, 35 g/L sükroz ortamında 25 dk sonra gözlemlenmiş polen tüpü gelişimi (Şekil 2b) yüzdesi Çizelge 3'te gösterilmiştir. Fertil ve steril polenler sayılarak toplam polen sayısına oranla canlılık yüzdesi hesaplanmış; %88 fertil, %22 steril polen tespit edilmiştir (Şekil 2a).

Polenlerin P ve E eksenleri $28.20 \pm 0.01 \mu\text{m}$ 'dir. Polenlerin P/E oranı, aynı polenin polar ve ekvator çaplarının bölünmesiyle belirlenmiş, çıkan sonuç polenin şeklinin sferoidal olduğunu doğrulamıştır. Birçok araştırmacı Caryophylla-

**Şekil 2.** *Sabulina mesogitana* subsp. *flaccida*. a. Olgun bir anterin enine kesitinde fertil ve steril polenler. b. 20 g sükroz besin ortamında gelişen polen tüpleri.

ceae familyasının polen morfolojisi üzerine yaptıkları çalışmalarda, bu familyanın polenlerinin 25 ile 50 μm arasında değişen orta büyüklükte olduğunu göstermişlerdir (Sahreen vd., 2008a; Sahreen vd., 2008b; Ullah vd., 2018; Eröz Poyraz & Ataşlar, 2019). Sonuçlar yukarıda incelenenlerle örtüşmektedir.

3.3. Tohum ve Polen Mikroskopisi

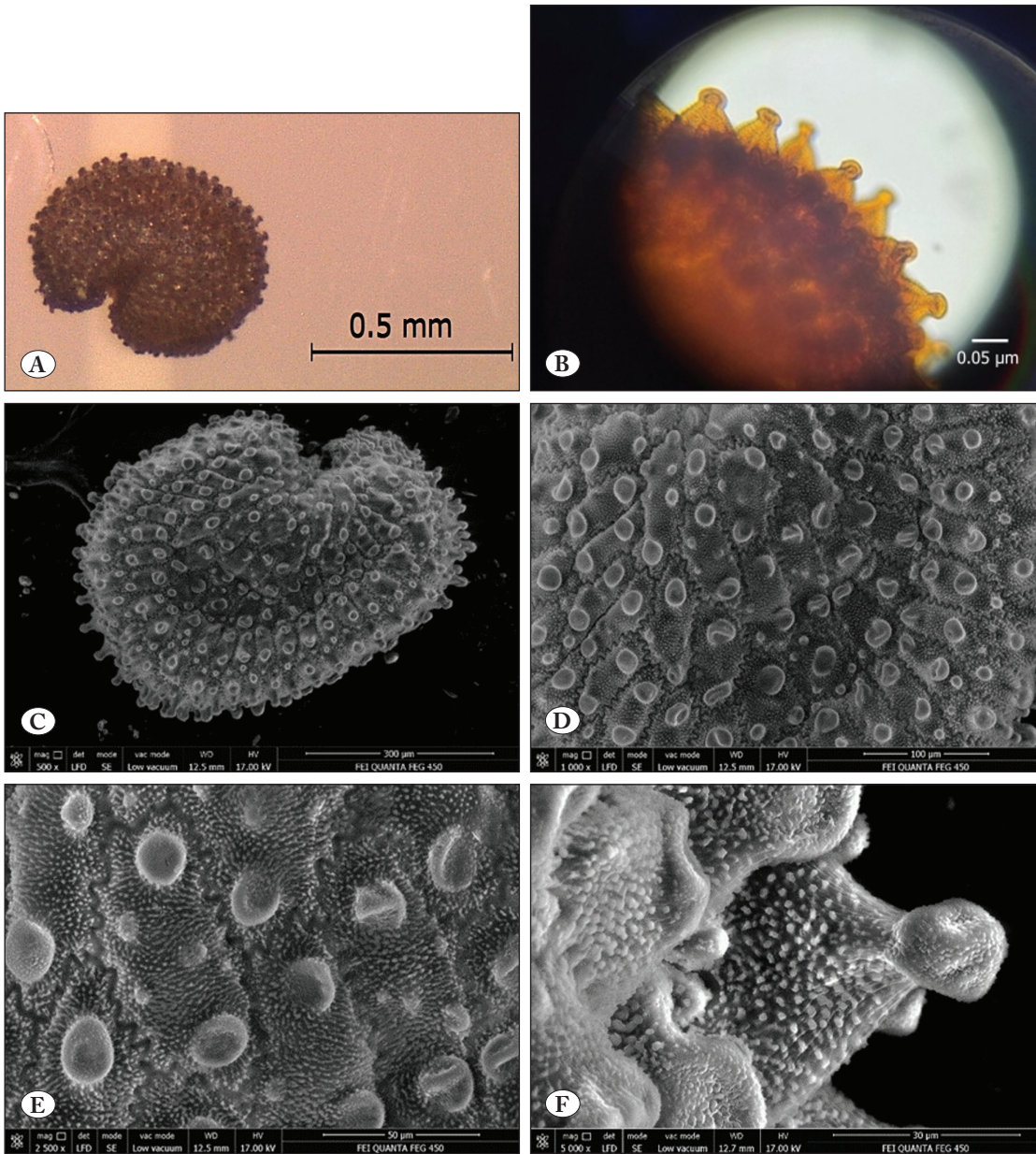
Tohum mikromorfolojisinin bitki taksonomisindeki belirsizliklerin giderilmesinde oldukça bilgilendirici bir kriter olduğu gösterilmiştir. Ancak *Sabulina* cinsi üzerine yapılan

Çizelge 3. *Sabulina mesogitana* subsp. *flaccida*'da polen tüpü gelişimi yüzdesi.

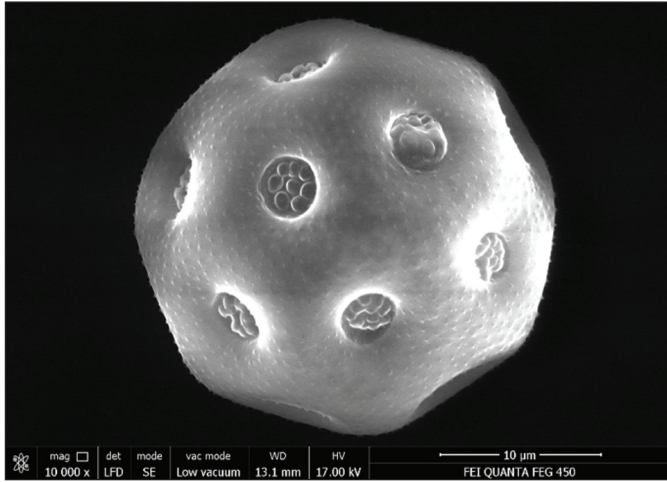
Polen tüpü oluşumu	15 g/L sükroz	20 g/L sükroz	25 g/L sükroz	30 g/L sükroz	35 g/L sükroz
	%4	%30	%18	%15	%1

çalışmalar sınırlı olup, mevcut araştırmalar yalnızca bir veya birkaç türe odaklanmıştır (Koç vd., 2019; Özbek, 2023). Bu çalışma ise *S. mesogitana* subsp. *flaccida*'nın tohum ve polen mikromorfolojisine ilişkin verileri içeren ilk araştırma olma özelliğini taşımaktadır. *S. mesogitana* subsp. *flaccida* tohumlarının ortalama boyutu 0.5 ± 0.2 cm olup, böbrek şeklinde ve koyu kahverengi-siyah renklidir (Şekil 3a,c). Tohumların ventral ve dorsal yüzeyleri papilli ve tuberküllü yapıdadır (Şekil 3b,d,e,f). Caryophyllaceae familyasının diğer türleriyle karşılaştırıldığında ise papillerin baskın olması dikkat çekici bir özellik olarak öne çıkmaktadır (Gücel, 2013; Aktürk & Yılmaz, 2020).

S. mesogitana subsp. *flaccida* polenlerinin yüzeyinde homojen dağılımlı porlar bulunmaktadır (Şekil 4). Polen tipi pantoporat olup por sayısı 15-19 arasında değişmektedir. Polen ornamentasyonu mikroekinat-mikroperforat karakterdedir ve por açıklıklarının boyutu 3.00 ± 0.01 μ m olarak ölçülmüştür. Caryophylloideae alt familyasının polenleri genellikle yarı küresel veya uzun formdadır; por sayısı ise türler arasında farklılık göstermektedir. Örneğin, *Silene conoidea*'da por sayısı 19-35 arasında değişmektedir (Sahren vd., 2008a). *S. mesogitana* subsp. *flaccida* polenleri, pantoporat yapıları ve yüzeyinde görülen ekinatlarla literatürde diğer türler için bildirilen özelliklerle uyum göstermektedir (Ullah vd., 2018).



Şekil 3. *Sabulina mesogitana* subsp. *flaccida* tohumlarının mikroskopik görüntüleri. a-tohum- ışık mikroskobu, b. papiller-ışık mikroskobu, c.tohum-SEM, d-e-f. farklı büyütme ölçeklerinde papiller-SEM.



Şekil 4. *Sabulina mesogitana* subsp. *flaccida* polenin SEM görüntüsü.

4. Sonuç ve Öneriler

Bu çalışma, Caryophyllaceae familyasına ait endemik bir tür olan *S. mesogitana* subsp. *flaccida*'nın tohum ve polen morfolojisini inceleyerek, türün doğru teşhisinde ve taksonomik ayırımında ışık mikroskobu ve taramalı elektron mikroskopisinin önemini ortaya koymaktadır. Türkiye ve dünya literatüründe bu türün tohum ve polen morfolojisine yönelik gerçekleştirilen ilk çalışma olma özelliğini taşımaktadır. Araştırmanın temel amacı, palinomorfolojik verileri genişleterek *S. mesogitana* subsp. *flaccida*'ya ilişkin taksonomik, evrimsel ve ekolojik bilgilerin yanı sıra gelecekte yapılacak çalışmalara katkı sağlamaktır. Ayrıca, tohum yüzey morfolojisinin dağılım stratejileri ve çevresel adaptasyon ile ilişkili olduğu, testa ornamentasyonunun ise türün çevresel koşullara uyumunda rol oynayabileceği düşünülmektedir.

Teşekkür: Bu çalışma, TÜBİTAK 2209-A Üniversite Öğrencileri Araştırma Projeleri Destekleme Programı tarafından desteklenmiştir.

Yazar Katkısı: Havva KARAHAN: araştırma ve hipotez oluşturma, yöntem planlama, veri toplama ve analizi, makale yazma, danışmanlık. Yasin HAZER: veri toplama ve analizi, makale yazma. Gamze ERİKCİ: yöntem planlama, veri toplama, makale yazma. Tuğçe KOÇ: yöntem planlama, veri toplama, makale yazma. Hatice ÇÖLGEÇEN: araştırma ve hipotez oluşturma, yöntem planlama, danışmanlık.

Etik Kurul Onayı: Çalışmanın, etik kurul izni gerektirmeyen çalışmalar arasında yer aldığını beyan ederiz.

Kaynaklar

- Aktürk, C., & Yılmaz, Ö. (2020). Endemik *Gypsophila olympica* Boiss. (Caryophyllaceae) türünün morfolojik, anatomik, palinolojik ve karyolojik özellikleri. *Bağbahçe Bilim Dergisi*, 8(1), 111-120. <https://doi.org/10.35163/bagbahce.806589>
- Bittrich, V. (1993). Families and genera of flowering plants. Kubitzki, K., Rohwer, J.G., Bittrich, V. (eds). II. Volume, Berlin. Heidelberg New York: Springer, pp. 521-522.
- Cao, Y., Almeida-Silva, F., Zhang, W. P., Ding, Y. M., Bai, D., Bai, W. N., Zhang, B. W., Van de Peer, Y., & Zhang, D. Y. (2023). Genomic insights into adaptation to karst limestone and incipient speciation in east asian *Platycarya* spp. (Juglandaceae). *Mol. Biol. Evol.*, 40(6), msad121. <https://doi.org/10.1093/molbev/msad121>
- Cowie, I. D. (2011). Flora of the Darwin Region I. Volume. Sydney: National library of Australia.
- Davis, P. H. (1967). Flora of Turkey. II. Volume Edinburgh, Edinburgh University Press, pp. 99-131.
- Dillenberger, M. S., & Kadereit, J. W. (2014). Maximum polyphyly: multiple origins and delimitation with plesiomorphic characters require a new circumscription of *Minuartia* (Caryophyllaceae). *Taxon*, 63, 64-88. <https://doi.org/10.12705/631.5>
- Erdoğan, U. (2010). Tehlike altındaki *Silene sangaria* Coode & Cullen'nin mikroçoğaltımı. Yüksek Lisans Tezi, Trakya Üniversitesi, 90 s.
- Eröz Poyraz, İ., & Ataşlar, E. (2019). Pollen micromorphology of *Petrorhagia* (Ser.) Link taxa. *Biological Diversity and Conservation*, 12(3), 70-77.
- Gücel, S. (2013). Morphology, anatomy and cytology of critically endangered endemic *Minuartia nifensis* from West Anatolia. *Sains Malaysiana*, 42(10), 1449-1453.
- Greenberg, A. K., & Donoghue, M. J. (2011). Molecular systematics and character evolution in Caryophyllaceae. *Taxon*, 60:1637-52. <https://doi.org/10.1002/tax.606009>
- Harbaugh, D. T., Nepokroeff, M., Rabeler, R. K., McNeill, J., Zimmer, E. A., & Wagner, W. L. (2010). A new lineage-based tribal classification of the family Caryophyllaceae. *Int J Pl Sci*, 171: 185-98. <https://www.jstor.org/stable/10.1086/648993>
- Hernandez-Ledesma, P., Berendsohn, W. G., Borsch, T., Mering, V. S., Akhani, H., & Arias, S. (2015). A taxonomic backbone for the global synthesis of species diversity in the Angiosperm order Caryophyllales. *Willdenowia*, 45, 281-3. <https://doi.org/10.3372/wi.45.45301>
- Koç, M., Hamzaoglu, E., & Aksoy, A. A. (2019). New species and five new combinations of *Sabulina* (Caryophyllaceae) from Turkey. *Folia Geobot*, 54, 279-289. <https://doi.org/10.1007/s12224-019-09348-1>

- Konecna, V., Yant, L., & Kolár, F. (2020). The evolutionary genomics of serpentine adaptation. *Front. Plant Sci.*, 11, 574616. <https://doi.org/10.3389/fpls.2020.574616>
- Lipánová, V., Kabátová, KN., Zeisek, V., Kolář, F., & Chrtěk, J. (2023). Evolution of the *Sabulina verna* group (Caryophyllaceae) in Europe: A deep split, followed by secondary contacts, multiple allopolyploidization and colonization of challenging substrates. *Molecular Phylogenetics and Evolution*, 189. <https://doi.org/10.1016/j.ympev.2023.107940>
- McNeill, J., & Bassett, I. J. (1974). Pollen morphology and the infrageneric classification of *Minuartia* (Caryophyllaceae). *Canadian Journal of Botany*, 52(6): 1225-1231. <https://doi.org/10.1139/b74-158>
- Mosyakın, S. L., & Fedoronchuk, M. M. 2015. New combinations for East European species of *Sabulina* (Caryophyllaceae). *Phytotaxa*, 231(1), 095-098. <http://dx.doi.org/10.11646/phytotaxa.231.1.10>
- Özbek, F. (2023). Palynomorphological observations on the genus *Sabulina* Rchb. (Caryophyllaceae) from Turkey using light microscopy and scanning electron microscopy get access arrow. *Microscopy and Microanalysis*, 29(2), 802-815. <https://doi.org/10.1093/micmic/ozac039>
- Perveen, A., Qaiser, M. (2003). Pollen flora of Pakistan XXII. Oxalidaceae. *Pakistan Journal of Botany*, 35, 3-6.
- Preite, V., Sailer, C., Syllwasschy, L., Bray, S., Ahmadi, H., Krämer, U., & Yant, L. (2019). Convergent evolution in *Arabidopsis halleri* and *Arabidopsis arenosa* on calamine metalliferous soils. *Phil. Trans. R. Soc. B.*, 374, 20180243. <https://doi.org/10.1098/rstb.2018.0243>
- Sahreem, S., Khan, M. A., Meo, A. A., & Jabeen, A. (2008a). Pollen morphology of the genus *Silene* (Sileneae-Caryophyllaceae) from Pakistan. *Biological Diversity and Conservation*, 1(2), 74-85.
- Sahreem, S., Khan, M. A., Meo, A. A., & Jabeen, A. (2008b). Studies on the pollen morphology of the genus *Dianthus* (Caryophyllaceae) from Pakistan. *Biodicon*, 1(1), 89-98.
- Tekebaş, S. (2017). Küre Dağları Milli Parkı'nın Bartın Bölümünde bulunan Zoni Yaylası ve etrafının florası. Yüksek Lisans Tezi, Bartın Üniversitesi 76 s.
- Ullah, F., Zafar, M., Ahmad, M., Dilbar, S., Shah, S. N., Sohail, A., Zaman, W., Iqbal, M., Bahadur, S., & Tariq, A. (2018). Pollen morphology of subfamily Caryophylloideae (Caryophyllaceae) and its taxonomic significance. *Microsc Res Tech.* 81(7), 704-715. <https://doi.org/10.1002/jemt.23026>
- Ulukuş, D. (2018). Morphology, anatomy and palynology study on Turkish endemic species *Saponaria karapinarensis* (Caryophyllaceae). *Phytotaxa*, 374(1), 80-86. <https://doi.org/10.11646/phytotaxa.374.1.7>
- Üstüner, H., Nasırcılar, A., & Yavuz, M. (2021). In vitro germination and vegetative growth characteristics of *Gypsophila pilulifera* (Caryophyllaceae) seeds grown under abiotic stress conditions. *Anatolian Journal of Botany*, 5(2), 91-97. <https://doi.org/10.30616/ajb.935421>
- Xu, Z., & Deng, M. (2017). Caryophyllaceae. in: identification and control of common weeds: II. Volume, Springer, Dordrecht. https://doi.org/10.1007/978-94-024-1157-7_31
- Yildiz, K. (2001). Pollen morphology of Caryophyllaceae species from Turkey. *Pakistan Journal of Botany*, 33, 13-25.
- Yildiz, K. (2002). Seed morphology of Caryophyllaceae species from Turkey (North Anatolia). *Pakistan Journal of Botany*, 34(2), 161-171.