

T.C.
ERZİNCAN BİNALİ YILDIRIM ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

DOKTORA TEZİ

***SCROPHULARIA FATMAE* KANDEMİR & İLHAN
(SCROPHULARIACEAE)-DAĞ GÜZELİ VE *SCROPHULARIA*
ERZINCANICA R. R. MILL (SCROPHULARIACEAE)-SÜREK
SIRACAOTU TÜRLERİNDE POLİNATÖR ÇEŞİTLİLİĞİ,
GENETİK ÇEŞİTLİLİK VE FARKLI POLİNASYON
UYGULAMALARININ ÜREME BAŞARISI ÜZERİNE
ETKİLERİNİN İNCELENMESİ**

Faruk YILDIZ

Danışman: Prof. Dr. Ali KANDEMİR

BİYOLOJİ
ANABİLİM DALI

ERZİNCAN

2021

Her Hakkı Saklıdır.

ÖZET

Doktora Tezi

**SCROPHULARIA FATMAE KANDEMİR & İLHAN
(SCROPHULARIACEAE)-DAĞ GÜZELİ VE SCROPHULARIA
ERZINCANICA R. R. MILL (SCROPHULARIACEAE)-SÜREK SIRACAOTU,
TÜRLERİNDE POLİNATÖR ÇEŞİTLİLİĞİ, GENETİK ÇEŞİTLİLİK VE
FARKLI POLİNASYON UYGULAMALARININ ÜREME BAŞARISI
ÜZERİNE ETKİLERİNİN İNCELENMESİ**

Faruk YILDIZ

Erzincan Binali Yıldırım Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Biyoloji Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Ali KANDEMİR

Bu çalışma, *Scrophularia erzincanica* ve *Scrophularia fatmae* türlerinin polinatör çeşitliliği, populasyonların genetik çeşitliliği ve farklı polinasyon uygulamalarının üreme başarılarına etkilerini belirlemek amacıyla yapılmıştır. Bu amaca ulaşmak üzere türlerin polinatörleri ve polinatör davranışları, farklı polinasyon uygulamalarının üreme başarıları üzerine etkileri, üreme sistemlerinin analizi ve türlerin populasyonlar arası genetik çeşitliliği incelenmiştir. Araştırma sonuçlarına göre; *S. erzincanica* ve *S. fatmae*'nin polinasyon açısından hem kendine hemde karşı tozlaşmaya uyumlu olduğu belirlenmiştir. *S. fatmae*'de fenolojik olayların süresinin *S. erzincanica*'ya göre daha uzun olduğu bulunmuştur. Bu durumun zorunlu alpinik tür olan *S. fatmae*'nin alpinik koşullara uyum amacıyla üreme başarısını artırdığı bir strateji olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Her iki türde polen canlılık oranı yüksek bulunmuştur. Farklı polinasyon uygulamalarından elde edilen tohumların canlılık oranlarının genel olarak *S. erzincanica*'da daha yüksek olduğu görülmüştür. *S. erzincanica*'da *Halictus* sp., *Halictus quadricinctus*, *Lasioglossum pauxillum* etkin polinatörler olarak belirlenmiştir. *S. erzincanica*'da Polinatör Ziyaret İndeksi (PZİ) dikkate alındığında *H. quadricinctus*'un genetik çeşitliliğe katkısının en yüksek olduğu sonucuna ulaşılmıştır. *S. fatmae*'de etkin polinatörün *Bombus niveatus* olduğu anlaşılmıştır. *S. erzincanica*'da polinatör büyüklüğünün daha küçük, çiçek ziyaretlerinin daha sık, çiçekte kalma sürelerinin daha uzun ve ziyaret edilen çiçek sayısının daha az olduğu saptanmıştır. *S. fatmae*'de polinatör ziyareti daha seyrek, çiçekte kalma süresi daha kısa ve ziyaret edilen çiçek sayısının daha fazla olduğu tespit edilmiştir. Rakım ve rakıma bağlı abiotik koşulların yanında türlere ait korolla yöneliminin, staminod pozisyonunun, çiçek mimarisinin ve bitki kokusunun her iki türde polinatör çeşitliliğinde rol oynayan temel karakterler olduğu, polinatörlerin davranışlarının çiçek mimarileriyle ilişkili olduğu sonucuna varılmıştır. *S. erzincanica* ve *S. fatmae*'de populasyonlar arası ve populasyon içi genetik çeşitlilik oranları düşük olmasına karşın *S. erzincanica*'nın genetik çeşitliliğinin daha yüksek olduğu görülmüştür.

2021, 207 Sayfa

Anahtar Kelimeler: Biyolojik koruma, genetik çeşitlilik, *Scrophularia erzincanica*, *Scrophularia fatmae*, tozlaştırıcı, üreme biyolojisi

ABSTRACT

PhD Thesis

**AN INVESTIGATION OF THE EFFECTS OF POLLINATOR VARIETIES,
GENETIC DIVERSITY AND REPRODUCTIVE SUCCESS IN DIFFERENT
POLLINATION APPLICATIONS OF *SCROPHULARIA FATMAE*
KANDEMİR & ILHAN (SCROPHULARIACEAE) AND *SCROPHULARIA*
ERZINCANICA R. R. MILL (SCROPHULARIACEAE)**

Faruk YILDIZ

Erzincan Binali Yıldırım University
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Department of Biology

Supervisor: Prof. Dr. Ali KANDEMİR

This study was carried out to determine the pollinator diversity, genetic diversity of populations and reproductive success in different pollination applications of *Scrophularia erzincanica* and *Scrophularia fatmae*. To achieve this goal, the pollinators and pollinator behavior of the species, the effects of different pollination practices on their reproductive success, analysis of their reproductive systems, the genetic diversity of the species and the variations between their populations were examined. According to the research results, it was determined that *S. erzincanica* and *S. fatmae* were suitable for both self-pollination and cross-pollination. The duration of phenological events was found to be longer in *S. fatmae* than in *S. erzincanica*. It has also been concluded that this is a strategy in which *S. fatmae*, which is an obligatory alpinic species, increases reproductive success in order to adapt to alpinic conditions. Pollen viability rate was found to be high in both species. It has been observed that the viability rates of seeds obtained from different pollination applications are generally higher in *S. erzincanica*. *Halictus* sp., *Halictus quadricinctus* and *Lasioglossum pauxillum* were determined as effective pollinators in *S. erzincanica*. Considering the Pollinator Visiting Index (PVI) in *S. erzincanica*, it was determined that the contribution of *H. quadricinctus* to genetic diversity was the highest. Additionally, it was found that the effective pollinator in *S. fatmae* was *Bombus niveatus*. In *S. erzincanica*, it was determined that the pollinator size was smaller, flower visits were more frequent, the duration of flower stay was longer and the number of flowers visited was lower. For *S. fatmae*, the pollinator probability is lower, the duration of flowering is shorter and the number of flowers visited is higher. It has been concluded that besides altitude and the abiotic conditions related to it, the corolla orientation of the species, the staminod position, the flower architecture and the plant scent are the basic characteristics that play a role in the pollinator diversity in both species and that the behavior of the pollinators is related to the flower architecture. Although the inter-population and intra-population genetic diversity rate is low for both *S. erzincanica* and *S. fatmae*, *S. erzincanica* was found to have a higher genetic diversity.

2021, 207 Pages

Keywords: Biological conservation, genetic diversity, pollinator, reproductive biology, *Scrophularia erzincanica*, *Scrophularia fatmae*

TEŞEKKÜR

Bu araştırmayı doktora tezi olarak belirleyen, araştırmamın başlangıcından bitimine kadar çok değerli eleştiri ve yardımlarını esirgemeyen danışman hocam Prof. Dr. Ali KANDEMİR'e teşekkür ederim. Tez konusu kapsamındaki çalışmalar 218Z002 numaralı proje ile TÜBİTAK tarafından desteklenmiştir. Bu desteğinden dolayı TÜBİTAK'a teşekkür ederiz.

2019-2020 yılları arasında yürütülen tez konumu oluşturan proje çalışmaları T.C. Orman Bakanlığına Bağlı Doğa Koruma ve Milli Parklar Genel Müdürlüğü ve Tarımsal Araştırmalar ve Politikalar Genel Müdürlüğü (TAGEM)'nin izni ile yürütülmüştür. Her iki kuruma teşekkürü borç bilirim. Arazi çalışması süresince Erzincan İl Jandarma Komutanlığına bağlı personelin yakın ilgisi, yardımı ve hoşgörüsü ile karşılaştık. Kendilerine teşekkür ederim. Çalışma sırasında bazı örneklerin fotoğraflanmasında Erzincan Bahçe Kültürleri Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü'nün laboratuvarlarında bulunan mikroskop ve ekipmanlardan yararlanılmıştır. Anlayışı ve desteği için kurum müdürü Birol KARADOĞAN ve Enstitü çalışanlarına, yine tohum canlılık analizlerinde yardımcı olan enstitü çalışanı Ziraat Mühendisi Meral ASLAY'a, DNA izolasyon çalışmalarındaki katkılarından ötürü Prof. Dr. Nalan YILDIRIM DOĞAN ve karşılaştığımız sorunun çözümünde laboratuvarını kullanma nezaketi gösteren Atatürk Üniversitesi Fen Fakültesi Biyoloji Bölüm Başkanlığına ve aynı bölümde görevli Prof. Dr. Güleray AĞAR'a, bazı bulguların istatistiki olarak yorumlanmasında Prof. Dr. Mehmet BEKDEMİR ve Dr. Mert ELVERİCİ'ye, meteorolojik verilerin temininde yardımcı olan Erzincan Meteoroloji İl Müdürlüğü'ne, çalışmalarına sağladıkları katkılardan dolayı tez izleme komitemin değerli üyeleri Doç. Dr. Mustafa KORKMAZ ve Dr. Serap SUNAR'a, araziden böceklerin yakalanması ve teşhisinde destek veren Dr. Engin KILIÇ'a, uzun ve yorucu arazi ve laboratuvar çalışmalarında yanımda olan Araştırma Görevlisi Halil İbrahim TÜRKOĞLU'na teşekkür ederim. Ayrıca bu süreçte kendilerine yeterince vakit ayıramadığım aileme, gösterdikleri sabır ve her daim esirgemedikleri destekleri için teşekkürü bir borç bilirim.

Faruk YILDIZ

Mart, 2021

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖZET.....	i
ABSTRACT.....	ii
TEŞEKKÜR.....	iii
İÇİNDEKİLER	iv
ŞEKİLLER LİSTESİ	vii
TABLolar LİSTESİ.....	xi
SİMGELER ve KISALTMALAR	xiv
1. GİRİŞ.....	1
2. LİTERATÜR ÖZETİ.....	8
3. GEREKÇE VE YÖNTEM	37
3.1. Populasyonların Yaşam ve Yayılış Alanları	37
3.2. İklimsel Veriler	39
3.3. Fenoloji ve Çiçek Morfolojileri.....	39
3.4. Polen Morfolojileri, Sayıları ve Canlılık Oranları	41
3.5. Tohum Morfolojileri, Sayıları, Canlılık Oranları ve Ağırlıkları	43
3.6. Stigma ve Stilus Morfolojileri.....	44
3.7. Tohum Taslağı ve Olgun Tohum Sayıları.....	45
3.8. Nektar Hacimleri ve Nektardaki Toplam Şeker Yoğunlukları.....	46
3.9. Polinatörler / Tozlayıcılar.....	47
3.10. Polinatör Ziyaret İndeksi	49
3.11. Farklı Polinasyon Uygulamalarının Türlerin Üreme Başarılarına Etkisi	50
3.12. Türlerin Üreme Sisteminin Analizi	52
3.13. Genetik Çeşitlilik.....	52
3.13.1. DNA izolasyonu.....	56
3.13.2. PCR protokolü.....	57
3.14. İstatistiksel Analizler	59
4. BULGULAR	61
4.1. Yaşam ve Yayılış Alanları	61
4.1.1. <i>Scrophularia erzincanica</i> 'nin yaşam ve yayılış alanı	61
4.1.2. <i>Scrophularia fatmae</i> 'nin yaşam ve yayılış Alanı.....	63
4.2. İklimsel Veriler	66
4.2.1. <i>Scrophularia erzincanica</i> 'nin iklimsel verileri	66
4.2.2. <i>Scrophularia fatmae</i> 'nin iklimsel verileri.....	76

4.3. Fenoloji ve Çiçek Morfolojileri.....	86
4.3.1. <i>Scrophularia erzincanica</i> 'nın fenolojisi ve çiçek morfolojisi	86
4.3.2. <i>Scrophularia fatmae</i> 'nin fenolojisi ve çiçek morfolojisi	90
4.4. Çiçek Hareketleri.....	95
4.5. Polen Özellikleri.....	97
4.5.1. <i>Scrophularia erzincanica</i> 'nın polen morfolojisi.....	97
4.5.2. <i>Scrophularia erzincanica</i> 'nın polen sayıları ve canlılığı.....	98
4.5.3. <i>Scrophularia fatmae</i> 'nin polen morfolojisi.....	100
4.5.4. <i>Scrophularia fatmae</i> 'nin polen sayıları ve canlılığı.....	101
4.6. Tohum Özellikleri	102
4.6.1. <i>Scrophularia erzincanica</i> 'nın tohum morfolojisi.....	102
4.6.2. <i>Scrophularia erzincanica</i> 'nın tohum sayıları ve canlılığı.....	103
4.6.3. <i>Scrophularia fatmae</i> 'nin tohum morfolojisi	103
4.6.4. <i>Scrophularia fatmae</i> 'nin tohum sayıları ve canlılığı	104
4.7. Stigma ve Stilus Morfolojileri, Stilus Alıcılığı ve Tohum Taslağı Sayıları	104
4.8. Nektar Hacimleri ve Nektar Şeker Konsantrasyonu	108
4.8.1. <i>Scrophularia erzincanica</i> 'da nektar hacimleri ve şeker konsantrasyonu	108
4.8.2. <i>Scrophularia fatmae</i> 'de nektar hacimleri ve şeker konsantrasyonu	108
4.9. Polinatörler / Tozlayıcılar.....	109
4.9.1. <i>Scrophularia erzincanica</i> 'nın polinatörleri.....	109
4.9.2. <i>Scrophularia erzincanica</i> 'da polinatör ziyaret oranları	118
4.9.3. <i>Scrophularia fatmae</i> 'nin polinatörleri.....	129
4.9.4. <i>Scrophularia fatmae</i> 'nin polinatör ziyaret oranları.....	132
4.10. Farklı Polinasyon Uygulamalarının Türlerin Üreme Başarılarına Etkisi ve Üreme Sistemlerinin Analizi	134
4.10.1. <i>Scrophularia erzincanica</i> 'nın üreme başarısı	134
4.10.2. <i>Scrophularia fatmae</i> 'nin üreme başarısı	135
4.10.3. <i>Scrophularia erzincanica</i> 'da üreme sisteminin analizi.....	137
4.10.4. <i>Scrophularia fatmae</i> 'de üreme sisteminin analizi	138
4.11. Genetik Çeşitlilik.....	139
4.11.1. <i>Scrophularia erzincanica</i> 'da genetik çeşitlilik	139
4.11.2. <i>Scrophularia fatmae</i> 'de genetik çeşitlilik	142
5. TARTIŞMA VE SONUÇ	145
5.1. Yaşam ve Yayılış Alanları	145
5.2. İklimsel Veriler	146
5.3. Fenoloji ve Çiçek Morfolojileri.....	147

5.4. Çiçek Hareketleri.....	151
5.5. Polen Özellikleri.....	154
5.6. Tohum Özellikleri	154
5.7. Türlerin Stigma Morfolojileri, Stigma Alıcılığı ve Tohum Taslağı Sayıları	155
5.8. Nektar Hacimleri ve Nektar Şeker Konsantrasyonu	157
5.9. Polinatörler / Tozlayıcılar.....	158
5.10. Farklı Polinasyon Uygulamalarının Türlerin Üreme Başarılarına Etkisi	166
5.11. Üreme Sisteminin Analizi	169
5.12. Genetik Çeşitlilik.....	172
5.13. Verilerin İstatistiksel Analizi.....	176
6. ÖNERİLER.....	183
KAYNAKLAR	184
EKLER.....	202
Ek-1. Bitki Üreme Terminolojisi ve Kavramlar Sözlüğü.....	203

ŞEKİLLER LİSTESİ

Sayfa

Şekil 2.1. <i>Scrophularia erzincanica</i> 'nın genel görünüşü.....	9
Şekil 2.2. <i>Scrophularia fatmae</i> 'nin genel görünüşü.....	10
Şekil 3.1. <i>Scrophularia erzincanica</i> 'nın dağılım haritası (Google Earth).	38
Şekil 3.2. <i>Scrophularia fatmae</i> 'nin dağılım haritası (Google Earth).	38
Şekil 3.3. Arazide çiçek morfolojisi ölçüm çalışmaları.	40
Şekil 3.4. Polenlerin hazırlanıp, ışık mikroskobu altında sayılması.	42
Şekil 3.5. Polen canlılıklarının tespiti.	42
Şekil 3.6. Tohum canlılıklarının incelenmesi çalışmaları.	43
Şekil 3.7. Tohum ağırlıklarının belirlenmesi.	44
Şekil 3.8. Stigma yapısı ve canlılık tespiti çalışmaları (Üstte papilla, altta alıcılık).....	45
Şekil 3.9. Tohum taslaklarının (üstte) ve olgun tohumların sayımı.	46
Şekil 3.10. Nektar ölçümlerinin yapılması.....	46
Şekil 3.11. Araziden böceklerin toplanması ve muhafaza edilmesi.....	47
Şekil 3.12. Böceklerin iğnelenip etiketlenmesi.....	48
Şekil 3.13. Farklı polinasyon gruplarının oluşturulması, <i>S. erzincanica</i> (sol), <i>S. fatmae</i> (sağ).....	51
Şekil 3.14. DNA araştırmalarında kullanılan araç ve gereçler.....	54
Şekil 3.15. DNA izolasyon, PCR ve elektroforez çalışmaları.	59
Şekil 4.1. <i>Scrophularia erzincanica</i> türünün yaşam alanından bir görünüm.....	61
Şekil 4.2. <i>Scrophularia fatmae</i> türünün yaşam alanından görünüm.....	64
Şekil 4.3. <i>Scrophularia fatmae</i> 'nin 2019 (solda) ve 2020 (sağda) temmuz ayı son haftası itibariyle yaşam alanından bir görünüm.	65
Şekil 4.4. <i>Scrophularia erzincanica</i> 'da vejetasyon dönemini kapsayan ayların ortalama sıcaklık, yağış, nem ve rüzgâr değerleri.	67
Şekil 4.5. <i>Scrophularia fatmae</i> 'de 2019 ve 2020 vejetasyon dönemlerini kapsayan ayların ortalama sıcaklık, yağış, nem ve rüzgâr değerleri.	77
Şekil 4.6. <i>Scrophularia erzincanica</i> 'da yaşam döngülerine ait görünüm. Rozet (üstte), çiçek (altta solda), meyve (altta, sağda).	87
Şekil 4.7. <i>Scrophularia erzincanica</i> 'da çiçek kısımlarına ait görünüm. Çiçeğin yandan görünüşü (üstte), korolla girişi (sol altta), erkek organ ve dişi organ (sağ altta).	88
Şekil 4.8. <i>Scrophularia fatmae</i> 'de yaşam döngülerine ait görünüm. Tomurcuk (üstte), çiçek (altta solda), meyve (altta sağda).	92

Şekil 4.9. <i>Scrophularia fatmae</i> 'de çiçek kısımlarına ait görünüm. Çiçeğin yandan görünümü (sol üst), korolla girişi (sağ üst), staminod (sol alt-A), korolla içi (sağ alt; a: ovaryum, b: stilus, c: staminod, d: stamen).	93
Şekil 4.10. <i>Scrophularia erzincanica</i> 'da çiçek hareketleri. <i>S. erzincanica</i> 'da stilusun kendileşmeyi önlemek için anterden uzaklaşması (üst sağ), flamentin kendileşmeyi sağlamak üzere stilus üzerine kıvrılması (üst sol), staminod'un dişi faz için anterleri içeride tutması (alt sol), staminodun anter ve stilusu bastırması (alt sağ).	96
Şekil 4.11. <i>Scrophularia fatmae</i> 'de çiçek hareketleri. Stilus ile stamenin kendileşmeyi önlemesi hareketi (üst sol, alt sol), dişi fazda stilus hareketi (üst sağ), kendileşmeyi sağlamak üzere stilus-flament hareketi (alt sağ).	97
Şekil 4.12. <i>Scrophularia erzincanica</i> polenlerinin taramalı elektron mikroskobu fotoğrafları. a. Ekvatorial görünüş, b. Ornemantasyon (Ekvatorial görünüş), c. Polar görünüş, d. Ornemantasyon (Polar görünüş) (Özbek, 2018).	98
Şekil 4.13. <i>Scrophularia erzincanica</i> 'da polen sayımına ait görüntüler.	99
Şekil 4.14. <i>Scrophularia erzincanica</i> 'da polen canlılığına ait görüntüler.	100
Şekil 4.15. <i>Scrophularia fatmae</i> 'nin polen ve tohum mikromorfolojileri: A- polen yüzey süsleri, B- polen duvar açıklığı, C- tohum genel görünüşü, D- tohum yüzeyi süsleri (Kandemir vd., 2014).	100
Şekil 4.16. <i>Scrophularia fatmae</i> 'de polen sayımını gösteren görüntüsü.	102
Şekil 4.17. <i>Scrophularia fatmae</i> 'de polen canlılığına ait görüntüler.	102
Şekil 4.18. <i>Scrophularia erzincanica</i> tohumlarının LM ve SEM fotoğrafları (MEU 2528). a. Genel görünüş (LM), b. Genel görünüş (SEM), c, d. Yüzey ornemantasyonu (SEM), (Özbek, 2018).	103
Şekil 4.19. Türler ait stigma ve stilus morfolojileri (<i>Scrophularia erzincanica</i> solda, <i>Scrophularia fatmae</i> sağda).	105
Şekil 4.20. Türler ait tohum taslakları. <i>Scrophularia erzincanica</i> (üstte), <i>Scrophularia fatmae</i> (altta).	106
Şekil 4.21. <i>Scrophularia erzincanica</i> (sol üst ve sol alt) ve <i>S. fatmae</i> 'de (sağ üst ve sağ alt) stigma alıcılığı. Üstte alıcı olmayan stigmalar, altta alıcı olan stigmalar gösterilmiştir.	107
Şekil 4.22. <i>Scrophularia erzincanica</i> polinatörleri. <i>Halictus quadricinctus</i> (üstte), <i>Lasioglossum pauxillum</i> (ortada), <i>Halictus</i> sp. (sol altta), <i>Eristalis tenax</i> (sağ alt).	114
Şekil 4.23. 2019 yılında <i>Halictus</i> sp.'nin "az", "orta" ve "yüksek" yoğunlukta ziyaret oranları ve yüzdeleri.	118
Şekil 4.24. 2019 yılında <i>Halictus</i> sp.'nin "az", "orta" ve "yüksek" yoğunlukta ziyaretlerinin saatlere göre değişimi.	119
Şekil 4.25. <i>Scrophularia erzincanica</i> 'da 2019 yılında <i>Halictus</i> sp.'nin saat dilimine göre toplam ziyaretleri.	119
Şekil 4.26. <i>Scrophularia erzincanica</i> 'da 2019 yılı <i>Eristalis tenax</i> 'ın "az", "orta" ve "yüksek" yoğunlukta ziyaret oranları ve yüzdeleri.	120
Şekil 4.27. 2019 yılında <i>Eristalis tenax</i> 'ın ziyaret periyodundaki her bir saat dilimindeki yoğunluğuna göre toplam ziyaret oranları.	120

Şekil 4.28. <i>Scrophularia erzincanica</i> 'da 2019 yılında <i>Eristalis tenax</i> 'ın saat dilimine göre toplam ziyaretleri.....	121
Şekil 4.29. <i>Scrophularia erzincanica</i> 'da 2019 yılı <i>Lasioglossum pauxillum</i> ziyaret oranı ve yüzdelikleri.	121
Şekil 4.30. <i>Scrophularia erzincanica</i> 'da 2019 yılında <i>Lasioglossum pauxillum</i> 'un ziyaret periyodundaki her bir saat diliminde ki yoğunluğuna göre toplam ziyaret oranları.	122
Şekil 4.31. <i>Scrophularia erzincanica</i> 'da 2019 yılında <i>Lasioglossum pauxillum</i> 'un saat dilimine göre toplam ziyaretleri.	122
Şekil 4.32. 2019 yılında <i>Scrophularia erzincanica</i> 'yı ziyaret eden polinatörlerin toplam ziyaret oranları ve yüzdelikleri.....	123
Şekil 4.33. <i>Scrophularia erzincanica</i> 'da 2020 yılı <i>Lasioglossum pauxillum</i> 'un “az”, “orta” ve “yüksek” yoğunlukta ziyaret oranları ve yüzdeleri.	124
Şekil 4.34. <i>Scrophularia erzincanica</i> 'da 2020 yılında <i>Lasioglossum pauxillum</i> 'un her bir saat dilimindeki yoğunluğuna göre ziyaret oranları.	124
Şekil 4.35. <i>Scrophularia erzincanica</i> 'da 2020 yılında <i>Lasioglossum pauxillum</i> 'un saat dilimine göre toplam ziyaretleri.	125
Şekil 4.36. <i>Scrophularia erzincanica</i> 'da 2020 yılı <i>Halictus quadricinctus</i> 'un “az”, “orta” ve “yüksek” yoğunlukta ziyaret oranları ve yüzdeleri.	125
Şekil 4.37. <i>Scrophularia erzincanica</i> 'da 2020 yılında <i>Halictus quadricinctus</i> 'un her bir saat dilimindeki yoğunluğuna göre toplam ziyaret oranları.....	126
Şekil 4.38. <i>Scrophularia erzincanica</i> 'da 2020 yılında <i>Halictus quadricinctus</i> 'un saat dilimine göre toplam ziyaretleri.	126
Şekil 4.39. 2020 yılında <i>Scrophularia erzincanica</i> 'yı ziyaret eden polinatörlerin toplam ziyaret oranları ve yüzdelikleri.....	127
Şekil 4.40. <i>Gymnetron villosulum</i>	129
Şekil 4.41. <i>Cionus hortulanus</i>	129
Şekil 4.42. <i>Bombus niveatus</i>	131
Şekil 4.43. 2019 çiçeklenme döneminde <i>Bombus niveatus</i> 'un saat dilimine göre toplam ziyaret oranları.....	133
Şekil 4.44. 2020 çiçeklenme dönemi <i>Bombus niveatus</i> 'un saat dilimine göre toplam ziyaret oranları.....	133
Şekil 4.45. <i>Scrophularia erzincanica</i> 'da 2019 ve 2020 yılları farklı tozlaşma/üreme gruplarında olgun tohum sayısı ve tohum canlılık oranları.....	135
Şekil 4.46. <i>Scrophularia erzincanica</i> 'da canlı (sağda) ve cansız (solda) tohum görüntüleri.	135
Şekil 4.47. <i>Scrophularia fatmae</i> 'de 2019 ve 2020 yılları farklı tozlaşma/üreme gruplarında olgun tohum ve tohum canlılık oranları.....	136
Şekil 4.48. <i>Scrophularia fatmae</i> 'de canlı-cansız tohum görüntüleri (ok işareti ile gösterilen cansız).....	137
Şekil 4.49. <i>Scrophularia erzincanica</i> Kemah popülasyonunun UBC 827 primerine karşı oluşturduğu amplifikasyon ürünleri.	140

Şekil 4.50. <i>Scrophularia erzincanica</i> Erzincan – Sakaltutan arası popülasyonunun UBC 827 primerine karşı oluşturduğu amplifikasyon ürünleri.....	140
Şekil 4.51. Nei (1972)'ye göre <i>Scrophularia erzincanica</i> popülasyonları arasındaki genotipik bağlantı.....	142
Şekil 4.52. <i>Scrophularia fatmae</i> Ergan Dağı 1. popülasyonunun UBC 834 primerine karşı oluşturduğu amplifikasyon ürünleri.	144
Şekil 4.53. Nei (1972)'ye göre <i>Scrophularia fatmae</i> popülasyonları arasındaki genotipik bağlantı.	144
Şekil 5.1. Türlerle ait boy, çiçek durumu uzunluğu, birey ve gövde başına düşen çiçek ortalamalarının sütun grafiklerle gösterimi.....	150
Şekil 5.2. Türlerle ait boy, çiçek durumu uzunluğu, birey ve gövde başına düşen çiçek ortalamalarının örümcek grefiği ile gösterimi.	150
Şekil 5.3. Çalışmaya konu olan tüm böcek türlerine ait toplam uzunluk verilerinin kutu grafikleri ile karşılaştırılması.....	163
Şekil 5.4. <i>Scrophularia</i> cinsinden iki türe ait bireylerin PCA düzleminde kümelenmesi: bireylerin metinde adı geçen özellikler kullanılarak kümeleme analizi (PCA-Temel Bileşen Analizi) ile karşılaştırılması.	179
Şekil 5.5 <i>Scrophularia</i> cinsinden iki türe ait bireylerin PCA düzleminde kümelenmesinde etkili olan özelliklerin eksenler üzerindeki yönelimleri.	180

TABLÖLAR LİSTESİ

Sayfa

Tablo 2.1. Çiçek hareketleri ve hareketlerin amacı (Ruan ve Silva, 2011).	24
Tablo 3.1. Kullanılan cihazlar ve modelleri.	53
Tablo 3.2. ISSR primerleri baz dizilimleri ve DNA'ya yapışma sıcaklıkları (Y= C, T).57	
Tablo 4.1. <i>Scrophularia erzincanica</i> yayılış alanı koordinatları.	63
Tablo 4.2. <i>Scrophularia fatmae</i> yaşam alanı koordinatları.	65
Tablo 4.3. Erzincan-Sakaltutan Geçidi arasında <i>Scrophularia erzincanica</i> 'nın çiçeklenme öncesi, sırası ve sonrası aylardaki ortalama sıcaklık, nem ve rüzgâr durumu.	66
Tablo 4.4. <i>Scrophularia erzincanica</i> 'nın 2019 yılı gözlem süresince günlük sıcaklık değerleri (°C).	68
Tablo 4.5. <i>Scrophularia erzincanica</i> 'nın 2020 yılı gözlem süresi periyodunda saatlik sıcaklık değerleri (°C).	69
Tablo 4.6. <i>Scrophularia erzincanica</i> 'nın 2019 yılı gözlem süresince saatlik % nem oranları.	70
Tablo 4.7. <i>Scrophularia erzincanica</i> 'nın 2020 yılı gözlem süresince saatlik % nem oranları.	71
Tablo 4.8. <i>Scrophularia erzincanica</i> 'nın 2019 yılı gözlem süresince saatlik yağış miktarı (mm=kg÷m ²).	72
Tablo 4.9. <i>Scrophularia erzincanica</i> 'nın 2020 yılı gözlem süresince saatlik yağış miktarı (mm=kg÷m ²).	73
Tablo 4.10. <i>Scrophularia erzincanica</i> 'nın 2019 gözlem süresince saatlik rüzgâr oranları (m/sn).	74
Tablo 4.11. <i>Scrophularia erzincanica</i> 'nın 2020 yılı gözlem süresince saatlik rüzgâr oranları (m/sn).	75
Tablo 4.12. <i>Scrophularia fatmae</i> 'nin çiçeklenme öncesi, sırası ve sonrası aylardaki ortalama sıcaklık, nem ve rüzgâr durumu.	76
Tablo 4.13. <i>Scrophularia fatmae</i> 'nin 2019 yılı gözlem süresince saatlik sıcaklık değerleri (°C).	78
Tablo 4.14. <i>Scrophularia fatmae</i> 'nin 2020 yılı gözlem süresince saatlik sıcaklık değerleri (°C).	79
Tablo 4.15. <i>Scrophularia fatmae</i> 'nin 2019 yılı gözlem süresince saatlik % nem oranları.	80
Tablo 4.16. <i>Scrophularia fatmae</i> 'nin 2020 yılı gözlem süresince saatlik % nem oranları.	81
Tablo 4.17. <i>Scrophularia fatmae</i> 'nin 2019 yılı gözlem süresince saatlik yağış miktarı (mm=kg÷m ²).	82
Tablo 4.18. <i>Scrophularia fatmae</i> 'nin 2020 yılı gözlem süresince saatlik yağış miktarı (mm=kg÷m ²).	83

Tablo 4.19. <i>Scrophularia fatmae</i> 'nin 2019 yılı gözlem süresince saatlik rüzgâr oranları (m/sn).	84
Tablo 4.20. <i>Scrophularia fatmae</i> 'nin 2020 yılı gözlem süresince saatlik rüzgâr oranları (m/sn).	85
Tablo 4.21. <i>Scrophularia erzincanica</i> ' da fenolojik olayların takvimi.....	86
Tablo 4.22. <i>Scrophularia erzincanica</i> 'da morfolojik değerler (bitki boyu, birey başına çiçek sayısı, gövde başı ortalama çiçek sayısı, çiçek durumu uzunluğu). ...	89
Tablo 4.23. <i>Scrophularia erzincanica</i> 'da korolla tüpü boyutu.	90
Tablo 4.24. <i>Scrophularia fatmae</i> 'de fenolojik olayların takvimi.	91
Tablo 4.25. <i>Scrophularia fatmae</i> 'de morfolojik değerler (bitki boyu, birey başına çiçek sayısı, gövde başı ortalama çiçek sayısı, çiçek durumu uzunluğu).	94
Tablo 4.26. <i>Scrophularia fatmae</i> 'de korolla tüpü boyutu.....	95
Tablo 4.27. <i>Scrophularia erzincanica</i> 'da bir çiçeğe ait polen sayım sonuçları ve canlılık oranları.	99
Tablo 4.28. <i>Scrophularia fatmae</i> 'de bir çiçeğe ait polen sayım sonuçları ve polen canlılık oranları.	101
Tablo 4.29. <i>Scrophularia erzincanica</i> 'da nektar miktarı (µl).	108
Tablo 4.30. <i>Scrophularia fatmae</i> 'de nektar miktarı (µl).	109
Tablo 4.31. 2019-2020 çiçeklenme dönemlerinde <i>Scrophularia erzincanica</i> türünü ziyaret eden polinatörler, ziyaret zamanları ve ziyaret sıklıkları.	110
Tablo 4.32. <i>Scrophularia erzincanica</i> polinatörlerinin çiçekte kalma süreleri ve çiçek ziyaret amaçları.	115
Tablo 4.33. Koleksiyon haline getirilen polinatörlerin vücut büyüklükleri.....	117
Tablo 4.34. 2019'da <i>Scrophularia erzincanica</i> 'da polinatörlerin ziyaret süreleri, Ziyaret Frekansları ve Polinatör Aktivite Oranları (PAO) ve Polinatör Ziyaret İndeksleri (PZİ).	117
Tablo 4.35. 2020'de <i>Scrophularia erzincanica</i> 'da polinatörlerin ziyaret süreleri, Ziyaret Frekansları ve Polinatör Aktivite Oranları (PAO) ve Polinatör Ziyaret İndeksleri (PZİ).	118
Tablo 4.36. <i>Scrophularia erzincanica</i> 'nın yaşam ortamında belirlenen böcek çeşitleri (* <i>S. erzincanica</i> ile ilişkili olan böcekler).	127
Tablo 4.37. <i>Scrophularia fatmae</i> türünde çiçeklenme döneminde polinatör ziyaret sıklığı.	130
Tablo 4.38. <i>Bombus niveatus</i> çiçekte kalma süreleri.	132
Tablo 4.39. <i>Bombus niveatus</i> vücut uzunlukları.	132
Tablo 4.40. <i>Scrophularia fatmae</i> 'de polinatörlerin ziyaret süreleri, Ziyaret Frekansları ve Polinatör Aktivite Oranları (PAO) ve Polinatör Ziyaret İndeksleri (PZİ).	132
Tablo 4.41. <i>Scrophularia erzincanica</i> 'da farklı tozlaşma/üreme gruplarında olgun tohum ve tohum canlılık oranları.	134
Tablo 4.42. <i>Scrophularia fatmae</i> 'de farklı tozlaşma/üreme gruplarında olgun tohum ve tohum canlılık oranları.	136

Tablo 4.43. <i>Scrophularia erzincanica</i> 'da kendine uyumsuzluk indeksi (ISI).	137
Tablo 4.44. <i>Scrophularia fatmae</i> 'de kendine uyumsuzluk indeksi (ISI).	138
Tablo 4.45. Çalışılan ISSR primerleri ve baz büyüklükleri.	139
Tablo 4.46. <i>Scrophularia erzincanica</i> populasyonları için genetik varyasyon verileri.	141
Tablo 4.47. <i>Scrophularia erzincanica</i> populasyonları arasındaki benzerlik indeksi.	142
Tablo 4.48. <i>Scrophularia fatmae</i> populasyonları için genetik varyasyon verileri.	143
Tablo 4.49. <i>Scrophularia erzincanica</i> ve <i>Scrophularia fatmae</i> populasyonlarına ait toplam genetik çeşitlilik ve toplam genetik farklılaşma değerleri.	143
Tablo 4.50. <i>Scrophularia fatmae</i> populasyonları arasındaki benzerlik indeksi.	144
Tablo 5.1. <i>Scrophularia erzincanica</i> ve <i>Scrophularia fatmae</i> türlerinde polinatörlerin etkin olduğu maksimum-minimum günlük sıcaklık, nem, yağış ve rüzgâr hızı değerleri.	146
Tablo 5.2. Kendine uyumsuzluk indeksi (ISI/Index of Self Incompability).	169
Tablo 5.3. Türlerin polen ovül oranlarına göre üreme sistemleri ölçeği (Cruden, 1977).	170
Tablo 5.4. Türlerin polen ovül oranlarına göre üreme sistemleri ölçeği (Cruden, 1977).	170
Tablo 5.5. Türlerin P/O değerleri.	171
Tablo 5.6. <i>Scrophularia fatmae</i> ve <i>Scrophularia erzincanica</i> türlerinin genetik çeşitliliğine ait veriler.	172
Tablo 5.7. Scrophulariaceae familyasına ait türlerle yapılan bazı populasyon genetik çalışma sonuçları.	173
Tablo 5.8. <i>Scrophularia erzincanica</i> ve <i>Scrophularia fatmae</i> türlerinin özet karşılaştırma tablosu.	177
Tablo 5.9. Analizde kullanılan özelliklerden etki günü yüksek olanların eksenlere etkileri.	180

SİMGELER ve KISALTMALAR

Simgeler

%	Yüzde
β	Beta
CR	Kritik tehlikede
Cu	Bakır
°C	Derece
D	Genetik uzaklık değeri
DD	Yetersiz verili
Dntp	DNA nükleotit bazları
EN	Tehlikede
Et-Br	Etidyum bromür
F	Frekans
Fe	Demir
Gst	Genetik farklılaşma değeri
H	Nei's (1973) genetik çeşitliliği
H ₂ O	Su
HCl	Hidroklorik aist
Hs	Populasyonlar arası genetik çeşitlilik
HT	Toplam genetik çeşitlilik
I	Shannon's indeksi
K	Potasyum
m/s	Metre/saniye
m ²	Metrekare
Mg	Magnezyum
MgCl ₂	Magnezyum klorür
μ	Mikro
μ g	Mikrogram
μ l	Mikrolitre
μ m	Mikrometre

<i>Na</i>	Gözlenen allel sayısı
<i>Na₂S₂O₅</i>	Sodyum metabisülfid
<i>NaCl</i>	Sodyum klorür
<i>NaHSO₃</i>	Sodyum bisülfid
<i>NaOCl</i>	Sodyum hipoklorit
<i>NaOH</i>	Sodyum hidroksit
<i>Ne</i>	Beklenen allel sayısı
<i>Nm</i>	Populasyonlar arasındaki tahmini gen akışı
<i>P/O</i>	Polen / Ovül
<i>pH</i>	Hidrojen konsantrasyonunun kologaritması, bir çözeltinin asitlik ve bazlık derecesini gösterir
<i>Pmol</i>	Pikomol
<i>S</i>	Standart sapma
<i>v</i>	Hacim
<i>v/v</i>	Hacimce 100 birim çözeltide bulunan çözünenin hacimce kesri
<i>w/m²</i>	Watt/metrekaare
<i>X</i>	Enlem
<i>xg</i>	Times gravity
<i>Y</i>	Boylam
<i>Z</i>	Yükseklik

Kısaltmalar

<i>A</i>	1. Absorsans 2. Adenin
<i>Ad.</i>	Adet
<i>AFLP</i>	Amplified Fragment Length Polymorphism
<i>Bp</i>	Base pairs
<i>C</i>	Citozin
<i>cm</i>	Santimetre
<i>CTAB</i>	Cetyltrimethylammonium bromide
<i>D</i>	Doğu
<i>Dk.</i>	Dakika

DNA	Deoksiribo Nükleik Asit
EDS	Ethylene dimethane sulfonate
EDTA	Ethylenediamine tetraacetic acid
g	Gram
G	Guanin
GLVs	Green leaf volatiles
GPS	Global Positioning System
IPBES	The Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services
ISI	Index of Self Incompability
ISSR	Inter-Simple Sequence Repeats
ist	İstasyon
IUCN	International Union for the Conservation of Nature
K	Kuzey
kg	Kilogram
km	Kilometre
km ²	Kilometrekare
Kmz	Korelate Map Zipped
m	Metre
M	MOL
mg	Miligram
ml	Mililitre
mm	Milimetre
Nm	Nanometre
OMGİ	Otomatik Meteoroloji Gözlem İstasyonu
Ort.	Ortalama
PAO	Polinatör Aktivite Oranları
PC1	Principal component 1
PC2	Principal component 2
PCA	Principal component analysis (Temel bileşen analizi)
PCR	Polymerase Chain Reaction

PIE	Hurlbert's Pollinator diversity Index
PLS	Polimorfik lokus sayısı
PLY	Polimorfik lokus yüzdesi
PVP	Polivinilpirolidon
PZİ	Polinatör Ziyaret İndeksi
RAPD	Random Amplified Polymorphic DNA
RNaz	Ribo nükleaz
S	Güney (South)
Sn.	Saniye
SS	Standart sapma
T	Timin
TBE	Tris borate EDTA
TE	Tris EDTA
TTC	2,3,5-Triphenyltetrazolium chloride
UBC	University of British Columbia
USA	United States of America
UV	Ultra Viyole
V	Volt

1. GİRİŞ

Dünyada üç floristik bölgenin ve o bölgelere ait iklimlerin hüküm sürdüğü nadir ülkelerden olan Türkiye, ılıman iklim kuşağında flora açısından en zengin ülkelerden birisi konumundadır (Güner ve Ekim, 2014). Türkiye’de 171 ekzotik, 70 tarım ve 11.466 adeti doğal olmak üzere 11.707 adet bitki taksonu bulunur. Doğal taksonlardan 3.649 tanesi endemiktir (Güner, 2012). Türkiye’den çoğu endemik olmak üzere bilim dünyasına her yıl yeni türler tanımlanmaktadır. 2019 yılında bilim dünyasına yeni taksonların tanıtıldığı makale sayısında Türkiye’nin dünyada onuncu sırada yer alması (Cheek vd., 2018) ülkemizde keşfedilmeyi bekleyen yeni bitki taksonlarının bulunduğunu göstermektedir. Başka ülkelerde yayılış gösterdiği bilinen taksonlardan bazılarının da ülkemiz için yeni kayıt olarak verilmeye devam edildiği düşünüldüğünde ülkemiz florasının bilinenden daha zengin olduğunu söyleyebiliriz.

Ülkemizde endemik türlerin dağılımlarına bakıldığında (Şenkul ve Kaya, 2017) belli alanlarda yoğunlaştığı görülmektedir. Yoğunlaştığı alanlardan birisi de çalışmanın yürütüldüğü Erzincan ve çevresidir. Türkiye’deki endemik taksonların önemli bir kısmı geniş bir dağılıma sahip iken bazıları araştırmamızda konu edilen *Scrophularia erzincanica* R. R. Mill (Sürek Sıracaotu) ve *Scrophularia fatmae* Kandemir & İlhan (Dağ Güzeli) türlerinde olduğu gibi küçük popülasyonlar halinde lokal yayılışa sahiptir. Küçük popülasyonlu türler; 1- Genetik çeşitlilik kaybı, ona bağlı soyiçi çöküş ve genetik sürüklenme, 2- Popülasyona katılan yeni bireyler ile canlılığını yitirenler arasındaki oranın rastgele değişimleri sonucu görülen nüfus dalgalanmaları, 3- Rekabet, hastalık ve beklenmedik doğa olayları gibi etkiler nedeniyle tehdit altındadır. Ayrıca küçük popülasyonlu taksonlarda etkili popülasyon büyüklükleri (üremeye katılan birey sayısı) düşük ve evrimsel esneklik kaybı yüksektir. Bütün bu nedenlerden dolayı böyle türlerin *Yok Oluş Girdabına* yakalanma riski oldukça fazladır (Primack, 2012).

Ülkemizin endemik bitki çeşitliliği botanik açıdan bir zenginlik olarak kabul edilirken bu zenginliğin korunmaması halinde başta lokal endemik türler olmak üzere yok olmaya aday çok sayıda takson olduğu kabul edilmelidir.

Dünyanın biyoçeşitliliği, habitat tahribatı, parçalanması, bozulması ve kirlenmesi, küresel iklim değişikliği, aşırı sömürme, işgalci türler ve hastalıklar nedeni ile tehlike altındadır. Başta tehlike altındaki taksonlar olmak üzere biyoçeşitliliğin sürdürülebilir kullanılması ve korunması büyük önem arz etmektedir. Bu konu büyük oranda Koruma Biyolojisinin ilgi alanına girmektedir. Koruma biyolojisinin 3 temel amacı vardır. Bunlar; 1. Biyoçeşitliliği belirlemek, 2. Biyoçeşitlilik üzerindeki tehditleri ve bu tehditlerin etkilerini araştırmak, 3. İnterdisipliner bir çalışmayla koruma çalışmalarını başlatıp yürütmektir (Primack, 2012). Türkiye’de koruma biyolojisinin birinci amacına yönelik olarak yapılan çalışmalar oldukça iyi düzeydedir. Bunun yanında koruma biyolojisinin diğer amaçları konusunda çalışmaların yetersiz olduğunu söylemek mümkündür.

Gerçekleştirilen bu çalışma ile Koruma Biyolojisi’nin ikinci amacına yönelik olarak hem yayınlanmış literatürlerden hem arazi hem de laboratuvar çalışmalarından yararlanılarak *S. erzincanica* ve *S. fatmae* türlerinin morfolojileri, populasyonu, dağılımları, polinatör ilişkileri, farklı polinasyon uygulamalarının üreme başarılarına etkileri ve genetik çeşitlilikleri üzerinde incelemelerde bulunulmuştur.

Bir taksonun koruma çalışmalarına başlamadan önce onun çevresi, dağılımı, biyolojik etkileşimi, morfolojisi, fizyolojisi, nüfusu, davranışı, genetik çeşitliliği ve insanla etkileşimi konusunda verilere ihtiyaç olduğu bilinmektedir. Yayınlanmış ve yayınlanmamış literatürlerin yanında arazi ve laboratuvar çalışmaları korunması planlanan taksonlar hakkında veri elde edilebilecek kaynaklardır (Primack, 2012).

Korunmaya ihtiyaç duyulan bitki türlerinde araziden gerekli bilgileri elde etmek onların fenolojilerini ortaya koymakla mümkün olabilir. Fenoloji, bir bitkinin yaşamı süresince gerçekleştirdiği çimlenme, tomurcuk oluşturma, yaprak gelişimi, çiçeklenme, dölllenme, tohum oluşumu, meyve gelişimi, tohum ve meyve dağılımı olaylarının zamana bağlı olarak ortaya konmasıdır. Fenolojik çalışmalar türün yaşamını ve komünitedeki ilişkilerini ortaya koyması bakımından oldukça önemlidir. Bitkinin hayatı boyunca gerçekleşen olaylar belli zamanda ve belli sırada ortaya çıkar. Bu zaman ve sırada ortaya çıkan değişimleri anlamadan türün biyolojik ilişkilerini ortaya koymak mümkün değildir (Fenner, 1998).

Çiçekli bitki türlerinin üreme başarılarında ve dağılımında en etkili olan faktörlerin başında bitki-polinatör ilişkileri gelmektedir. Fonksiyonel polinatör gruplarına göre bitkilerin üreme başarısı, çiçek fenolojileri ve eşey dağılımları da farklılıklar göstermektedir (Makrodimos vd., 2008).

Çiçekli bitkilerde tozlaşma; yaşayabilen, yani gelişip yeni bir organizmaya dönüşebilecek tohumların meydana gelmesi için ilk adım olmaktadır. Başta arılar olmak üzere, böcekler tarafından oluşturulan tozlaşma sonucu elde edilen ürün, insan gıdasının yaklaşık %35'ini oluşturmaktadır (Free, 1993; Buchmann ve Nabhan, 1996).

Polinasyon çiçekli bitkilerin tohumlarını ve gelişmelerini garantiye alan bir mekanizma olup, ayrıca bitki ve bitki popülasyonları arasında gen akışını sağladığı düşünülmektedir (Klug ve Büneman, 1983; Kevan, 1999). Özellikle otsu bitkilerin gösterişli çiçekleri böceklerle tozlaştığı, çiçek ziyaretçisi ergin böceklerin büyük bir kısmını arılar, sinekler, kelebekler, güveler ve kınkanatlılar olduğu bildirilmekte, bu böceklerin besinlerini nektar, polen ve biraz da çiçeğin petal dokusundan elde ettiği belirtilmektedir (Free, 1993).

Küresel iklim değişiklikleriyle beraber, habitat tahribatı ve değişiklikleri, çevre kirliliği ve yoğun pestisit ve insektisit kullanımı sebebiyle bitki polinatör ilişkileri bozulmakta ve böcek biyoçeşitliliğinin de tehlikeye girdiği ifade edilmektedir (Batra, 1995). Son yıllarda yapılan analizler sonunda; dünya çapında bir polinasyon krizine doğru gidildiği rapor edilmekte, bu sebeple endemik ve nadir bitki birliklerinin tehlikeye girdikleri, koruma önlemleri çerçevesinde öncelikli olarak polinatörlerinin belirlenmesine yönelik çalışmalara önem verilmesi gerekliliği vurgulanmaktadır (Ögür ve Tuncer, 2011). Keza, bitkiler ve onların polinatörleri arasındaki ilişkilerin korunmasıyla ekosistemin devamlılığına katkıda bulunulması mümkün olabilmektedir (Şahin vd., 2015).

Yapılan çalışmalarda yetiştiriciliği yapılan bal arılarının yabani akrabaları kadar bitkilerin polinasyonunda etkili olmadıkları belirlenmiştir (Tylianakis, 2013). Küresel ısınmanın etkilerini, polinatörlerin azalmasının sebeplerini, polinatör ve bitkiler arasında iletişim

ağlarının yapısını ve polinatörlere bağlı gıda üretiminin verimliliğini anlamak için bitki-polinatör ilişkileri üzerine çalışmanın yapılması büyük önem arz etmektedir.

Tozlaşmanın çiçekli bitkilerin üreme döngüsünün en temel olaylarından birisi olduğu bilinmektedir. Erkek ve dişi gametlerin bir araya gelip döllenme döngüsünü başlatan bu olay temel olarak rüzgâr, böcekler, kuşlar, diğer hayvanlar, su, insan faktörü ve diğer çevresel faktörlerin yardımıyla polenlerin dişi organa taşınmasını kapsamaktadır. Bitkinin bu olayı kolaylaştırmak için sahip olduğu morfolojik yapının yanında, tozlaştırıcıların ilgisini çekecek adaptasyonlar da önemli bir etkiye sahiptir. Bitkilerin bunu kolaylaştırmak için sahip olduğu yapı ve davranışların önemi kadar, çevredeki tozlaştırıcı faktörlerin de ortamda etkili bir şekilde var olması da gerekmektedir.

Koruma çalışmalarında populasyonların genetik çeşitliliğinin ve etkin populasyon büyüklüklerinin bilinmesi gerekmektedir. Bir populasyonda $H=1-1/[2EPB]$ dir. Bu formülde H: heterozigotluk yüzdesini, EPB: üremeye katılan birey sayısını (etkili populasyon büyüklüğünü) belirtmektedir. Bu formüle göre bir populasyondaki heterozigotluk (genetik çeşitlilik) zaman içinde azalmaya devam eder. Buna göre izole olmuş küçük ve parçalanmış habitatlarda yaşayan populasyonlarda genetik çeşitlilik kaybı daha fazladır. Etkin populasyon büyüklüğünün küçük olması o populasyondaki nadir allellerin hızla kaybolmasına yol açar. Bu bakımdan üzerinde çalışılan populasyonun genetik çeşitliliğinin belirlenmesi koruma çalışmalarının planlanmasında önemlidir. Populasyon büyüklükleri bazı türlerde kuşaktan kuşağa çarpıcı değişkenlikler gösterir. Populasyon büyüklüğündeki bu dalgalanmalar etkin populasyon büyüklüğünü ciddi oranda değiştirerek “populasyon darboğazı” denen nadir allellerin kaybolduğu bir olaya neden olur. Bu bakımdan korunacak türlerin genetik çeşitliliğinin ve populasyon büyüklüğündeki dalgalanmaların da hesap edilmesi gerekmektedir (Primack, 2012).

Günümüze kadar Türkiye Florası ile ilgili çok sayıda çalışma yapılmıştır. Bu çalışmaların genellikle flora elemanlarını (olguları) belirleme üzerine yoğunlaştığı görülmektedir. Son yıllarda ülkemiz florasının anlaşılmasına yönelik olarak ileri teknikler kullanılmaya başlamasına karşın, bu çalışmaların daha çok revizyon niteliğinde sistematik çalışmalara

odaklandığını söyleyebiliriz Ülkemizin floristik zenginliğinin ortaya konmasında revizyon çalışmaları da kuşkusuz son derece önemlidir.

Türkiye’de polinatör böcek türlerinin sayısı ile ilgili net bir bilgi bulunmasa da 25.000 üzerinde olduğu tahmin edilmektedir (Özbek, 2008). Dünyada bitki-polinatör ilişkileri üzerine yapılmış önemli çalışmalar bulunmasına karşın, Ülkemizde daha çok orman ekosistemimize dair böceklerin belirlenmesine yönelik çalışmalar öne çıkmıştır (Gülperçin ve Tezcan, 2016). Ayrıca meyve bahçelerinde bitki-polinatör ilişkilerinde rol oynayan karakterleri analiz etmeden polinatör türlerini belirlemeye yönelik bazı çalışmalar da bulunmaktadır (Özbek, 1979, 1983, 1988, 2002, 2008; Duman vd., 2013).

Bu çalışmalar genel olarak böceklerin yararlı-zararlı şeklinde gruplandırıldığı envanter çalışması veya polinatörlerin ziyaret ettikleri bitki çeşitlerine ait genel gözlemler niteliğinde olup, bitki-polinatör ilişkilerine dair detaylı verileri içermemektedir. Son zamanlarda tür temelli polinasyon çalışmaları (Celep vd., 2014; Hasbenli ve Ersoy, 2012a ve 2012b) ortaya konmaya başlanmıştır. Ülkemizde hem tür temelli hem de komünite düzeyinde bitki-polinatör ilişkilerine yönelik çalışmalarda önemli sayılabilecek bir boşluk bulunmaktadır. Bu bakımdan gerçekleştirilen bu çalışmanın ülkemizde bitki-polinatör ilişkilerine dair boşluğun giderilmesine katkıda bulunacağı tahmin edilmektedir.

Araştırmada Erzincan'a özgü birisi zorunlu alpinik ve lokal (*Scrophularia fatmae*) diğeri il içinde daha yaygın olan (*Scrophularia erzincanica*) iki *sıraca otu* türü ile çalışılmıştır.

Scrophularia L. 220 cins ihtiva eden Scrophulariaceae familyasının yaklaşık 350 tür içeren en geniş cinslerinden birisidir. Tıbbi ve aromatik özelliğe sahip ve geleneksel tedavide kullanılan çok sayıda tür içerir (Pasdaran ve Hamed, 2017). *Scrophularia* cinsi ülkemizde 77 taksonla (61 tür, 1 alttür ve 15 varyete) temsil edilmektedir. Bu taksonlardan 37’si endemiktir ve endemizm oranı %48’dir (Uzunhisarcıklı vd., 2019).

S. fatmae türü, *S. erzincanica* türü ile kıyaslandığında oldukça dar yayılışlı bir tür konumundadır. *S. erzincanica* türüne 1200-2800 m aralarında serpantinden oluşan

sahalarda seyrek bireyler halinde de olsa rastlanmaktadır. Bu iki türün üreme başarısı ve genetik çeşitliliğine ilişkin bugüne kadar herhangi bir çalışma yapılmamıştır.

Çalışmanın amacı; *S. fatmae* ve *S. erzincanica* türlerinin tozlaştırıcı çeşitliliği, populasyon genetik çeşitliliği ve farklı polinasyon uygulamalarının üreme başarılarına (tohum taslaklarının tohuma dönüşüm yüzdeleri, tohum canlılığı ve populasyon büyüklüğü) etkilerini belirlemektir. Bu amaca yönelik aşağıda belirlenen hedeflere ulaşılmaya çalışılmıştır.

Hedef 1: Türlerin polinatör (tozlaştırıcı) çeşitliliğini belirlemek,

Hedef 2: Polinasyon tiplerinin türlerin üreme başarısı üzerine etkilerini saptamak,

Hedef 3: ISSR yöntemi ile çalışılan türlerin populasyonlarına ait genetik çeşitliliği belirlemek.

Bu hedeflere yönelik olarak aşağıdaki sorulara cevap bulunmaya çalışılmıştır.

Her bir türün;

Fenolojik takvimi nasıldır?

Etkin polinatörleri (tozlaştırıcıları) ve polinatör davranışları nasıldır?

Farklı polinasyon (tozlaşma) uygulamalarının türlerin üreme başarısına etkisi ne düzeydedir?

Türler hangi polinasyon çeşidine daha yatkındır?

Genel morfolojik karakterler ve çiçek özellikleri ile etkin polinatörleri arasında nasıl bir ilişki bulunmaktadır?

Türlerin populasyon içi ve populasyonlar arası genetik çeşitliliği ne düzeydedir?

Tez konusu araştırma, arazi ve laboratuvar çalışmaları olarak yürütülmüştür. Arazi çalışmasında türlerin polinatör davranışları izlenmiş, farklı tozlaşma denemeleri gerçekleştirilmiş, populasyon büyüklükleri belirlenmiş ve laboratuvar çalışmaları için materyal toplanmıştır. Laboratuvar çalışmalarında türlerin nektar hacimleri saptanmış, polen ve tohum sayıları ile canlılık oranları belirlenmiş, polinatörlerin teşhisleri gerçekleştirilmiş ve genetik çeşitlilik analizleri tamamlanmıştır. Arazi ve laboratuvar sonuçları literatürler ışığında irdelenerek bir değerlendirmede bulunulmuştur.

Bu tez giriş, literatür özeti, gerekçe ve yöntem, bulgular, tartışma ve sonuç, öneriler bölümlerinden oluşmaktadır. Ayrıca Campbell ve Reece (2006), Graham vd. (2004), Karol vd. (2010), Klug vd. (2009), Mauseth (2012), Olivencia ve Alcaraz (1993a), Primack (2012), Simpson (2012), Ünal (2006), Yıldırım (2015) ve Zhang vd. (2003)'den yararlanılarak, tez içeriğini oluşturan bölümlerde adı geçen bazı temel biyolojik kavramlar ve bitki üreme terminolojisi ile ilgili bir biyoloji sözlüğü oluşturularak Ekler bölümünde sunulmuştur.



2. LİTERATÜR ÖZETİ

Avrupa, Asya ve Amerika'nın kuzey sınırları dışında dünyanın hemen hemen her bölgesine yayılış gösteren Scrophulariaceae (Sıracotugiller) familyasının yaklaşık 220 cinse ait 5.800 türü bulunur (Heywood vd., 2007). Moleküler verilerin ışığında geleneksel olarak Scrophulariaceae familyası altında bulunan taksonlar 5 farklı familyaya dağılmıştır (Olmstead vd., 2001). Bu familyalar; Calceolariaceae, Orobanchaceae, Scrophulariaceae, Stilbaceae ve Veronicaceae familyalarıdır. Yazılmakta olan Resimli Türkiye Florasında bu ayırım kabul edilmiştir (Güner, 2012). Günümüzde familya'nın 59 cinse ait 1.880 türü olduğu kabul edilir (APG, 2021).

Scrophularia cinsinin dünyada Avrupa, Asya, Kuzey ve Tropikal Amerika'da yaklaşık 200 türü bulunur. İran ve Afganistan cinsin çeşitlenme merkezi olarak kabul edilir (Fistcher, 2004).

Türkiye Florasına Lall ve Mill (1978) tarafından yazılan *Scrophularia* cinsi son yıllarda yeniden revize edilmiştir. Büyük oranda İran-Turan fitocoğrafi bölgede yayılış gösteren ve Türkçe *Sıracotu* olarak bilinen cinsin ülkemizde 76 taksonu bulunur (Davis, 1978). Türkiye taksonlarından %48'i endemiktir (Uzunhisarcıklı vd., 2018).

S. erzincanica (Şekil 2.1) İlk olarak 1890 yılında Sintenis tarafından Sürek (Kemah)-Alp (Kemah) köyleri ve Avşin (Şahintepe-Kemah) arasından toplanmıştır (Lall ve Mill, 1978). Bütün aramalara rağmen bulunamayan tür Türkiye Bitkileri Kırmızı Kitabı'na göre (Ekim vd., 2000) DD kategorisinde değerlendirilmiştir. *S. erzincanica* örnekleri 2014 yılı içinde tip lokalitesine yakın Beşikli Köyü (Kemah) girişinde, Eriç (Kemah), Yücebelen arası (Kemah) 2. km'de, Erzincan- Sivas karayolunun yaklaşık 18. km'sinde ve Keşiş Dağı'nda (Çadırtepe köyü üstü-Üzümlü) kaydedilmiştir. Beşikli Köyü girişinde 2, Eriç-Yücebelen arasında 6, Erzincan-Sivas yolunun 18. km'sinden 11 ve Keşiş Dağı'ndan 22 birey sayılabilmektedir. Beşikli Köyü girişinde yol kenarında birikinti topraklar üzerinde gelişen türün diğer populasyonlarının serpantin ana kayadan oluşan yamaç döküntü topraklarında geliştiği saptanmıştır. Çok zayıf populasyonlar halinde dağılım gösteren türün saptanan lokalitelerinin birleştirilmesiyle oluşan poligon alanının

859,76 km² olduğu hesaplanmıştır. Muhtemelen türün, yakın çevredeki benzer habitatlarda da yayılış gösterebileceği belirtilmiştir. Türün dağılımıyla ilgili başka veriye ulaşılamadığı vurgulanmıştır. Yapılan çalışmada populasyonlarının hiçbirinde 225 den fazla bireyin sayılamadığı belirtilmiştir. Ayrıca yıllara bağlı olarak populasyonu oluşturan birey sayılarında dalgalanmaların tespit edildiği ifade edilmiştir. Toplamda 10.000’den az ergin bireyden oluştuğunun tahmin edilmesi (arazi çalışmasında gövde oluşturmayan ve rozet formunda çok sayıda birey tespit edilmiştir) ve hiçbir alt populasyonda 1.000’den fazla ergin bireyin bulunmaması nedeniyle IUCN kategorisinin EN [B2ac(i,iv); C2a(i)] olması önerilmiştir (Kandemir vd., 2015). Uzunhisarcıklı vd. (2015) tarafından türün tehdit kategorisinin CR olması gerektiği rapor edilmiştir.



Şekil 2.1. *Scrophularia erzincanica*’nın genel görünüşü.

S. fatmae (Şekil 2.2) Erzincan Ovası’nın güneyinde yer alan Ergen Dağı’ndan bilinen Erzincan’a özgü gösterişli görünüşü ile sıra dışı bir türdür. 2014 yılında bilim dünyasına tanıtılan türün 3000 m yükseklikte 500’den az birey ihtiva eden tek bir populasyonla temsil edildiğinden söz edilmiştir (Kandemir vd., 2014). Erzincan’a özgü türler üzerine yürütülen bir çalışmada (Kandemir vd., 2015) pratik gözlem sonuçlarına göre türe ait IUCN kategorisinin CR ([B2ab(i,ii,iii)]) olması önerilmiştir.



Şekil 2.2. *Scrophularia fatmae*'nin genel görünüşü.

Dünyadaki çiçekli bitkilerin en az %90'ında hayvanlara bağlı tozlaşma görülür. Hayvanlara bağlı tozlaşma, karşı tozlaşmayı sağlaması bakımından bitki popülasyonlarının değişen çevre koşullarına bağlı uyum yeteneğini artırarak genetik çeşitliliğinin artmasına neden olur. Bu bakımdan polinatörler bitki ve ekosistem çeşitliliği bakımından oldukça önemlidir. Tozlaşma, tohum oluşumundaki birincil adımdır. Polenler bir stigmaya çok az, çok fazla, çok geç, bileşimi çok fazla karışmış veya kalitesi çok düşük olarak ulaşırsa bitkilerde ciddi tozlaşma hatalarına neden olurlar ve bu durum “polen başarısızlığı” olarak ifade edilir. Polen başarısızlığı aynı zamanda “tozlaşma öncesinde” (polenlerin çevresel faktörlerce parçalanması, diğer canlılara yem olması, canlılığının düşük olması, hibritleşme sonucu oluşmasının neden olduğu anomaliler vb.), “tozlaşma sırasında” (polinatörlerin az olması, çevre koşullarının polinatörleri etkilemesi, habitat parçalanmasına bağlı olarak polenlerin dağıtılmasının zorlaşması vb.) veya “tozlaşma sonrasında” (stigmaya çok az, çok fazla, çok geç, bileşimi çok fazla karışmış veya kalitesi çok düşük polen ulaşması) da ortaya çıkabilir. Tozlaştırıcıların bitkiye özelleşmiş olmaları bu hataların düşük seviyelerde olmasını sağlar. Populasyonda bireyleri çok seyrek dağılım gösteren, popülasyon sayısı az ve küçük popülasyonlu türlerde genetik çeşitlilik tek düze olur. Bitkilerdeki tozlaşma başarısızlığının nedenlerini anlamak, nadir bitkilerin başarılı bir şekilde korunmasına ve geri kazanılmasına, bitkiye dayalı üretimin veriminin korunmasına yardımcı olabilir. Özellikle risk altında bulunan ve popülasyonu parçalanmış bitki türlerinde; olgun birey sayısının azlığı, bireyler arasındaki mesafelerin uzaklığı ve kaynak yetersizliğine bağlı polinatörlerin azalması

durumlarında polen başarısızlığı daha fazladır. Bu bakımdan koruma çalışmalarında böyle bitki türlerinin polen başarısızlığının belirlenmesine yönelik uzun dönemli araştırmalara ihtiyaç bulunmaktadır (Wilcock ve Neiland, 2002).

Yakın tarihte yapılan bir araştırma, küresel tozlama hizmetlerinin yaklaşık %80'inin polinatör türlerinin yaklaşık %2'si tarafından gerçekleştirildiğini göstermiştir (Senapathi vd., 2015). Bitkileri ziyaret etmeyen tozlayıcı türler doğal ekosistemlerde kritik roller oynayabilirler; bu da yabani bitki tohumunu ve meyve tutumunu gerçekleştirerek trofik ağlar boyunca daha geniş biyoçeşitliliği sürdürebilir hale getirir. Tozlaşma sadece bitkilerde üreme başarısını artırmakla kalmayıp, dolaylı olarak ekosistemlere eşsiz katkılar sağlamaktadır.

Belli polinatörlere özelleşmiş bitki türleriyle polinatörlerin populasyonları arasında sıkı bir ilişki bulunmaktadır. Yapılan çalışmalarda polinatör arı populasyonlarının azalmasına bağlı olarak bitki populasyonlarının da azaldığına ilişkin araştırmalar bulunmaktadır. İklim değişikliğinin polinatör yaşamını etkilediğini gösteren araştırmaları da dikkate aldığımızda bitki-polinatör ilişkilerinin önemi daha da artmaktadır (IPBES, 2018).

Kapalı tohumlularda çiçek; eşeyli üremenin birimidir. Bu yüzden üreme ekolojilerine ait çalışmalar çiçeklerin yapısal ve fonksiyonel yönlerinin anlaşılması ile başlamalıdır. Türlerin tozlaşma ekolojisinin kapsamlı bir şekilde anlaşılması, türlerin fenolojisinin, floral morfolojisinin ve cinsiyetlerinin iyi bilinmesini gerektirir. Populasyonların/komünitelerin fenolojileri ile ilgili araştırmalar, türlerin üreme başarılarında, hâkim çevresel koşullara uzun dönemli adaptasyonlarını ve hayvanlarla bitkiler arasındaki ilişkileri anlamada çok önemlidir (Shivanna ve Tandon, 2014).

Gibson vd., (2006)'ne göre dünyada bitki türlerinin yaklaşık %12,5'i yok olma riski altında olup, bitkilerin uzun süre hayatta kalmalarını sağlayan bitki-polinatör ilişkilerinin sağlıklı olmasının oldukça önemli olduğunu belirtmektedir. Özellikle dünyada nadir türlerin polinatörleri ile ilgili yapılan çalışmaların oldukça az olduğu ve nadir bitki tozlayıcıları hakkında çok az şey bilindiğine değinmişlerdir. Ortamda yaygın türlerin bolluğu, tozlaştırıcıların da bolluğuna neden oldukları için bu durumun ortamı paylaşan nadir türlerin de hayatta kalma şanslarını artırdığı sonucuna ulaşılmıştır.

Polinatörlerin ekosistem üzerine etkileri üzerine yapılan bir çalışmada türlerin yok olmasıyla biyoçeşitlilik ve tozlaşma kaybı gibi endişe verici sonuçların ortaya çıkabildiği belirtilmektedir. Kirlilik gibi insan baskılarının polinatör çeşitliliğini nasıl etkilediği ve bunun tür çeşitliliğini, ekosistem işlevselliğini ve insan refahı ile nasıl bağlantılı olduğunu belirlemeye yönelik çalışmaların eksik olduğu belirtilmekte ve bu yönde çalışmalara ihtiyaç olduğu vurgulanmaktadır (Crenna vd., 2017).

Biyolojik çeşitliliğin etkin yönetimi önümüzdeki yıllarda en büyük sorun olacaktır (Sodhi ve Ehrlich 2010; Shaanker vd., 2010; Bawa vd., 2011). Biyoçeşitliliğin yönetimi; biyoçeşitliliğin dokümantasyonunu, korunmasını ve sürdürülebilir tüketilmeyi kapsar. Özellikle gelişen ülkelerde şu ana kadar gerçekleştirilen koruma çalışmalarıyla başarılı sonuçlara ulaşılamamıştır. Türlerin yok olmasında başlıca faktörler habitat bozulması, aşırı tüketim ve iklim değişikliği olsa da son faktör üreme başarısızlığıdır. Türlerin devamlılığı ve hayatta kalmaları etkin bir şekilde üremelerine ve düzenli aralıklar ile yeni bireylerin popülasyonlara katılmasına bağlıdır. Türlerin üreme ekolojileriyle ilgili bilgiler, yönetilmelerinde, korunmalarında ve sürdürülebilir tüketilmelerinde hayati öneme sahiptirler. Türlerin üreme ekolojilerine ait bilgiler eksik olduğunda, herhangi bir koruma eylemi de etkisiz kalacaktır (Shivanna ve Tandon, 2014).

Alpin bitkilerin düşük seviyelerde yaşayan bitkilerle kıyaslandığında ortalama boyları daha kısa, birey başına düşen yaprakları daha az, yaprak ayasının alanı daha küçük ve yaprak sapı daha kısadır. Yükseklerle çıkıldıkça çiçek durumu kısalır ve otogami becerileri fazladır (Körner vd. 1989; Körner, 2003). Genel literatürlere göre alpin bitkilerde yüksekliğe bağlı olarak polinatör yoğunluğunun ve aktivitesinin düştüğü ve bunun da bitkiler için bir sorun olduğu bilinmektedir. Bununla birlikte bu hipotezi desteklemeyen yaygın olmasa da bazı çalışmalar da bulunmaktadır (Erhardt, 1993; Körner, 2003).

Yine alt seviyelerden alpin bölgeye kadar dağılım gösteren 6 bitki türünün çiçekte kalma süreleri üzerine yapılan bir araştırmanın (Trunschke ve Stöcklin, 2017) sonuçlarına göre; türlerin düşük seviyelerden ziyade alpin bölgelerde daha uzun süre çiçekte kaldığı sonucuna ulaşılmıştır. Bunun; alpin bölgelerde böceklerin yaşamasının güçlüğüne bağlı

polinatör yoğunluğu ve çeşidinin azlığı sebebiyle polinasyon için daha uzun süreye ihtiyaç duyulmasından kaynaklanan bir adaptasyondan ileri geldiği ifade edilmiştir.

Yüksekliğe bağlı olarak polinatörlerin dağılımlarının değiştiğini gösteren çok sayıda çalışma bulunmaktadır. Örnek olarak *Campanula rotundifolia* L. ile yapılan çalışmada (Bingham ve Orthner, 1998) yüksekliğe bağlı olarak polinasyon başarısında anlamlı farklar olmadığı ortaya konmuştur. Bunda yükseklerde stigma alıcılığının daha fazla, çiçeklenme periyodunun daha uzun ve polen miktarlarının daha fazla olmasının önemli olduğu belirlenmiştir. Düşük rakımlardaki *Campanula* L. populasyonlarında stigma alıcılığı ortalama 1,46 gün, yükseklerde 2,36 gün. Çiçekte kalma süresi (prolonged flower duration) Şili And Dağları'nda (Arroyo vd., 1981) türde 2310 m'de 4.1, 3500 m'de 9,0 gün. Buna ilave olarak And boyunca çiçeklenme periyodu 3.2 haftadan 10.8 haftaya kadar değişim gösterir. Yüksekliğe bağlı olarak stigma alıcılığının süresi artar.

Literatür özetlerinden; doğadaki bitki çeşitliliğinin azalmasında ve üreme başarısının düşmesinde en önemli etkenlerden birisinin bitki-tozlaştırıcı (polinatör) arasındaki biyotik ilişkilerde görülen sorunlar olduğu görülmektedir. Özellikle polinatörlerin zaman içinde azalması bu sorunların başında gelmektedir. Yine literatürlere göre bazı türlerin nadir olmasının nedenlerinden birisinin de genetik çeşitliliğin azlığından kaynaklandığı bilinmektedir.

Scrophulariaceae üyelerinin tamamı çoğunluğu böceklerden oluşan hayvan türleri ile tozlaşır. Polinasyon sendromuna göre familya üyeleri arı, kelebek, güveler, kuşlar ve kedine tozlaşma olmak üzere 5 gruba ayrılırlar. Kelebekle tozlaşan türler genellikle uzun tüplü, korolla dudağı düzenli, korolla rengi pembe, krem beyazı ve turuncu renkli çiçeklerden oluşur. Familyada güvelerin polinatör olduğu az sayıda cins bulunur. Güvelerle tozlaşan türleri 50 mm'yi bulan silindirik korolla tüplerine sahiptir. Bu türlerde korolla beyaz, krem veya parlak sarıdır. Sarı kırmızı çiçekli, bol nektar üreten, geriye kıvrık veya indirgenmiş korolla dudağına sahip olanlar da ise polenler genellikle kuşlar tarafından yayılırlar. Scrophulariaceae üyelerinin çoğu yaban arıları ve Bombuslar tarafından tozlaştırılırlar. Bu tozlaşma biçiminde anterin pozisyonuna göre polenler, polinatörün ya üst ya da alt yüzüne yapışır. Daha küçük arılarla tozlaşan türlerde çiçek

sapları uzun ve zayıftır. Bu tür çiçeklere “Micromelittophily” denir. Çiçeklerde renk ve koku arılar için cezbedici olarak iş görür. Çiçek parçalarının yanında bazı türlerde brakte gibi yapılar da renk cezbedicisi olarak rol alır. *Pedicularis* L. gibi cinsler de Bombuslar aktif polinatör olarak görev yaparlar. Polenler ve nektarlar familyada ödül besinler olarak iş görür. Nektarlar ovaryumun veya çiçeğin tabanındaki disklerce üretilir. Bazı türlerde disk yerine salgı tüyleri de nektar üretebilir. Bu tüyler filament veya staminod tabanında bulunabilir. Familyada *Calceolaria* L. cinsi polinatörler için yağ asitleri de üretebilir. Bu yağ asitleriyle beslenen özel arı türleri bulunur. *Digitalis* L. gibi cinslere ait türlerde stigma henüz alıcı olmadan anterler açılır. Otogam özellik gösteren *Euphrasia* L. (*E. minima* Schloss, *E. frigida* Pugsley) cinsinde extrem bir protorandri (erkek organın dışı organa göre daha önce olgunlaşması) görülür. Bu durumda çiçekler açılmadan önce küçük çiçek tomurcuklarında kendi kendine tozlaşma meydana gelir. Familyada dışı organın erkek organdan daha önce olgunlaşması (protogini) daha yaygındır. Türlerin çoğu kendine tozlaşma, polinatörlerin olmadığı durumlarda üremeyi güvence altına alır. *Collinsia verna* Nutt. türünde polinatör olmadığında kendine tozlaşma geciktirilir. Polinatörün gelmemesi halinde kendine tozlaşarak tohum üretimi gerçekleşir. Zor koşullar altında otogami üremeyi garanti altına alan ekolojik bir adaptasyon olarak görülür. Çoğu türde çiçeklenmenin başlangıcındaki ilk günlerde kendine tozlaşma engellenir. İlerleyen günlerde korolla uzayarak anterleri stigmaya doğru yaklaştırarak kendine tozlaştırmayı gerçekleştirir. Apomiksis familyadaki poliploid *Cistanche* Hoffmanns & Link cinsinde görülür. Familyanın çoğu cinsleri değişik şekilde açılan kapsül tipi meyveye sahiptir. Tozzia ve Madagaskarda yetişen *Leucosalpa* Scott Elliot & Humbert cinslerinde “drupa” tipi, *Radamaea* Benth. ve *Teedia* Rudolphi. cinslerinde ise “çilek tipi” meyve bulunur. Familyada taksonların çoğunun tohumları rüzgârlar tarafından yayılırlar. *Melampyrum* L. türlerinde şekil olarak karınca larvalarına benzeyen tohumlar karıncalar tarafından dağıtılabilir. Tanenler, saponinler, flavinoidler ve iridoidler familyada yaygın sekonder bileşiklerdir. Familyanın türlerinin çoğu kozmopolittir. Bununla birlikte Alplerde ve Asyadaki dağlar lokal türler bakımından zengindir (Fistcher, 2004). İber Yarımadası ve Macaronesia cinsin çeşitlilik gösteren ikinci alanı olarak değerlendirilmektedir (Scheunert ve Heubl, 2014).

Scrophulariaceae familyasının çiçek çeşitliliği ve polinasyonu üzerine yazılmış en önemli eserlerden birisi Kampny (1995) tarafından yayınlanmıştır. Bu çalışmada çiçeklerin

çoğunun yaban arılarının baş yapısı ile uyumlu olduğu, staminodların arıların baş kısımlarını aşağıya zorlayarak stigma ve anterlere sürtünmesinde rol oynadığı belirtilmiştir. Araştırmada tüpsü ve zigomorf çiçeklerin polinatörün özelleşmesinde önemli olduğu vurgulanarak bu tip çiçeklerin Scrophulariaceae familyasında yaygın olduğundan söz edilmiştir. Bu familyada çiçek kısımlarının hemen hemen hepsi büyük varyasyon göstermektedir. En büyük çeşitlilik gösteren çiçek yapısı korolladır. Aktinomorf çiçeklerde polinatörler çiçeğin herhangi bir kısmına dokunabilir. Bununla birlikte Scrophulariaceae gibi familyalardaki zigomorf çiçekler polinatörleri eşey organlarına yönlendirmede oldukça başarılıdır. Zigomorf çiçeklerin özellikle arılar tarafından çiçeklerin tanınması, fark edilmesi, nektar ve diğer çiçek ödülleri için kılavuz görevi yapması ve polinatörün çiçeğe giriş yönünü saptaması, çiçek organlarının birbirine karşı pozisyonlarını belirlemesi ve polinatör davranışlarını etkilemek gibi görevleri bulunduğunu gösteren çalışmalar da mevcuttur (Giurfa ve Neal, 1999; Neal vd., 1998). Scrophulariaceae familyasında genel olarak karşı tozlaşma görülür. Bunun için dişi ve erkek organlar farklı zamanlarda olgunlaşır. Erkek ve dişi organların uzunlukları birbirinden farklıdır veya pozisyonları birbirine temas etmeyecek şekildedir. Stilus anterlerden uzak olduğu için polinatör ilk önce stigmaya dokunur ve getirdiği polen ile stigmayı buluşturur. Scrophulariaceae familyasındaki *Gratiola* L. cinsi (günümüzde Plantaginaceae familyasında) üyeleri 2 loblu stigmaya sahiptir. Stigmaya dokunulduğunda kapanır, eğer polenle yeterince yüklenmez ise yeniden açılır. Scrophulariaceae familyasında nektarlar genel olarak ovaryum tabanında bulunan asimetric nektar bezleri tarafından üretilir. Nektarlar çoğunlukla sukroz bakımından zengindir. Familyanın bütün üyeleri nektar üretmez bir kısmı polinatörleri çekmek için polenlerden yararlanır. *Verbascum* L. türlerinde polinatörler üst stamen çiftlerinden ödül olarak beslenirler ve familyada başka cinsler polinatör çekmek için yağlar ve lipid kompleksleri salgılayabilir (Kampny, 1995).

Scrophulariaceae familyasında etkisiz polinatörleri devre dışı bırakan bazı mekanizmalar vardır. Özellikle çan şeklindeki çiçeklerde küçük böceklerin tozlaşmaya katkıda bulunmadan nektara ulaşma ihtimali bulunmaktadır. *Penstemon* Mitch. cinsinde tüylü ve korolla tüpünün orta kısmında bulunan staminodlar bu tip küçük böceklerin nektara ulaşmasında engel teşkil eder. Verimsiz polinatörleri dışarıda tutmanın diğer bir yolu da

kavisli korolla girişleridir. Bu girişlerden güçlü olan polinatörler dişi ve erkek organlara ulaşabilir (Kampny, 1995).

Scrophularia üyelerinin bazıları polinatör gelmediğinde kendi kendini tozlaştırabilir. Bu durumda stigma öndeki uzun stamen çiftinin birkaç mm önüne yaklaşır. Belirli bir süre sonra korolla veya stamen uzayarak stigma ile temas eder ve stigma tarafından polen alımı gerçekleşir. Bazı türlerde stigma anterlere doğru kıvrılır. *Antirrhinum* L., *Linaria* Mill. ve *Vandellia* L. cinslerinde olduğu gibi bazı çiçekler yağmurlu mevsimlerde, kuraklıklarda, gölge ve aşırı ışıktaki kendileşmeyi sağlayan ve hiç açılmayan çiçekler (Cleistogamous) oluşturur (Knuth ve Müller, 1908). *Scrophularia arguta* Soland. bu şekilde küçük kleistogam çiçeklere sahip türlerden birisidir (Scheunert ve Heubl, 2014).

Scrophulariaceae familyasında polenlerin polinatörün vücut kısımlarına bulaşması bakımından iki durum söz konusudur. Birincisinde anterlerin polinatörün üst kısmına temas ederek polen transferinin olduğu, “nototribik” tip, ikincisinde ise anterlerin polinatörün alt kısımlarına temas ederek gerçekleşen polen transferinin olduğu “sternotribik” tiptir. Familyada kısa tüplü çiçeklerin (*S. erzincanica* ve *S. fatmae* türlerinde olduğu gibi) daha çok arı ve Syrphid türü sineklere uygun olduğu belirtilmektedir. Familyada yüzük gibi nektar salgı bezi bulunan ve dişi organın daha önce alıcı olduğu küçük çiçeklerde (Olivencia ve Alcaraz, 1993a) stamenler kıvrık iken stigma alıcı olur. Polinasyondan sonra stigma kıvrılır ve stamenler düzleşerek anterlerden polen dışarı çıkar. Daha sonra yaban arıları, küçük arılar ve Syrphid türü sinekler tarafından polen alımı gerçekleşir. Polinatörlerin olmadığı durumlarda stilus uzun stamen çiftinin birkaç mm yakınına konumlanır. Belli bir zaman içinde filamentler veya korolla uzayarak polenlerin stigmaya ulaşması sağlanır. Bu şekilde kendine tozlaşma gerçekleşir (Kampny, 1995).

Scrophularia cinsinde olduğu gibi gerek Scrophulariaceae familyasında gerekse başka familyalarda staminodların polinasyonda rol oynayan önemli yapılardan birisi olduğu belirlenmiştir. Staminodlar, çiçekte erkek organ sayısını azaltır ve toplam polen üretimini düşürerek ikincil görevler üstlenmiş olabilirler. İkincil görevler üstlenmeyen staminodlar zamanla küçülür. Kendileşmeyi önlemek ve hareketi sonucu anterlerden ani polen salımlarında rol aldığı ikincil görevi olabilir. Polenleri ışık, rüzgâr, yağmur, nektar hırsızları ve nektar yiyicilerine karşı korumada stamenler ve farklılaşmış staminodlar

önemli rol oynayabilir (Walker-Larsen ve Harder, 2000). Ayrıca staminodların nektar kılavuzu olma, polinatörün pozisyonunu kontrol etme ve ovaryumu koruma gibi görevleri de bulunmaktadır.

Bugüne kadar *Scrophularia* türlerinin polinasyonu ile ilgili olarak Akdeniz havzasında yayılış gösteren türler üzerinde çalışılmıştır.

Olivencia ve Alcaraz (1993a) İber yarımadası ve Balear adalarında yayılış gösteren *Scrophularia* cinsine ait türlerle yaptıkları çalışmalarda *S. canina* L. seksiyonları içinde yer alan türlerde çiçekler tarafından polinatörleri çeken çiçek özelliklerini çalışmışlardır. Bu çalışmada dişi ve erkek fazlarda polen üretimi ile nektar üretimlerini incelemişler, nektar üretiminin çiçek büyüklüğü, polen üretiminin de anter büyüklüğü ile korelasyon gösterdikleri sonucuna ulaşmışlardır. Çalışmada ayrıca *Scrophularia* seksiyonuna ait türlerdeki nektar üretiminin daha fazla olduğu sonucuna varılmıştır. Ovaryum başına tohum taslağı üretiminin de birinci grupta ovaryum büyüklüğü ile korolasyon gösterecek şekilde daha fazla olduğu rapor edilmiştir.

Rodríguez-Riaño (2015) polinasyonda önemli bir role sahip staminodların *Scrophularia* cinsindeki durumunu incelemiştir. Steril stamenlerin farklılaşmasıyla ortaya çıkan bu yapının Scrophulariaceae familyası üyelerinin %30'unda olduğu belirtilmiştir. *Scrophularia* cinsinin 71 taksonunda staminodların yapısal özelliğinin incelenmesi sonucunda bilinenin aksine cinsten staminodların polinatör davranışlarını ve nektar hırsızlığını önlemediği, geniş staminodların korolla tüpü içine yağmurlarda su girmesini engelleyerek nektarın seyreltilmesini engellediği sonucuna ulaşılmıştır. Oysa Angiospermelerde staminodun evrimi ile ilgili başka bir çalışmada (Walker-Larsen ve Harder, 2000) Scrophulariaceae familyasının da içinde yer aldığı grupta staminodların nektar kılavuzu, nektar hırsızlığını önleyici, çiçek ile polinatörler arasında polen değişiminde kaldıraç (manivela) görevi (örnek olarak *Penstemon palmeri* A. Gray Scrophulariaceae) gibi fonksiyonları olduğu vurgulanmaktadır. Derleme niteliğindeki bu çalışmada aktinomorf çiçeklerde verimli stamenlerden bazılarının staminodlara dönüşmesinin polen verimini düşürdüğü belirtilmiştir. Buna bağlı olarak çiçeklerin küçülmesinin üretilen toplam polen miktarını azaltmasına rağmen küçük böcek gibi polinatörlerin anter ve stigmaya temas oranını artırarak polenlerin etkin dağılımına neden olduğu belirtilmektedir. Ayrıca Scrophulariaceae familyasının içinde bulunduğu grupta

zigomorf çiçeklerin özelleşmeyi artırıp polinatörlerin korolla tüpüne girişini kontrol ederek etkin tozlaşmayı sağladığı rapor edilmiştir.

Scrophularia cinsinde çiçekler tozlaşma bakımından kendi kendine uyumludur. Bununla birlikte dişi organların erkek organlardan önce olgunlaşması karşı tozlaşmayı teşvik eden bir mekanizma olarak karşımıza çıkmaktadır. Bunun yanında merkezden uzaklaşacak bir şekilde stilusun kavisli kıvrılması polen saçılımı esnasında eşey organlarının birbiriyle temas etmesini engellemektedir. Çiçekler türlerin polinatörlerinden bağımsız bir şekilde sükroz bakımından zengin nektar içeriğine sahiptir. *Scrophularia* türlerinin çoğu yaban arılarına uyumlu çiçekler taşır. Bunun yanında polinatörler Syrphid üyesi sineklerden, yaban arıları ve Bombuslara kadar geniş bir yelpaze içerir. *Scrophularia* türlerinin çoğunda polinatörlere kapatılan çiçeklerde meyve başına düşen olgun tohum oranı azalmıştır. Bunun yanında *Scrophularia peregrina* L. türünde kendileşmeye bağlı olarak kapsül başına üretilen tohum miktarının yüksek olduğu görülmüştür (Olivencia, vd. 2012; Olivencia ve Alacaraz D., 1993a,b; Shaw, 1962; Scheunert, 2017).

İber yarımadasında *Scrophularia* türlerinin bazıları (*S. sambucifolia* L., *S. grandiflora* DC., *S. lyrata* Willd., *S. scorodonia* L. ve *S. canina*) ile ilgili yapılan çalışmada polinatörlerin (Bombuslar, yaban arısı ve küçük arılar) çiçek ziyaretleri incelenmiştir. *Scrophularia* türlerinde dişi organın erkek organdan daha önce olgunlaştığı ve çiçeklerde dişi ve erkek faz şeklinde ayırım görüldüğü vurgulanmıştır. Polinatörlerin aynı noddaki çiçeklerdeki hareketi “yatay hareket”, çiçek durumu boyuncaki hareketleri de “dikey hareket” olarak isimlendirilmiştir. Yatay hareketlerin daha çok çiçek büyüklüğü ile ilgili olduğu ve polinatörlerin aynı seviyedeki çiçeklerden büyük olanı tercih ettiği görülmüştür. Dikey hareketlerde *Bombus* (Latreille, 1802) arılarının daha aktif olduğu sonucuna varılmıştır. Ayrıca dikey hareketlerde erkek ve dişi fazdaki çiçeklerin çiçek durumundaki dağılımının polinatörlerin dikey hareketlerinde etkili olduğu belirlenmiştir. Bunun yanında *Scrophularia* cinsi ile yapılan diğer çalışmalar desteklememiş olmasına rağmen çiçek yapısının geitonogamiye (bir bireyin farklı çiçeğindeki polenin aynı çiçekteki dişi organı döllemesi) uygun olduğu vurgulanmıştır (Valtueña vd., 2013). Araştırmada İber Yarımadasındaki *Scrophularia* türleri için *Apis mellifera* L., *Chrysotoxum* sp. (Meigen, 1803), *Episyrphus balteatus* (De Geer, 1776), *Eupeodes* sp. (Osten-Sacken, 1877), *Paragus* sp. (Latreille, 1804), *Platycheirus clypeatus* (Meigen,

1822), *Scaeva pyrastris* (Linnaeus, 1758), *Sphaerophoria* sp. (Lepeletier ve Serville, 1828), *Syricta* sp. (Lepeletier ve Serville, 1828), *Anthophora* sp. (Latreille, 1803), *Andrena* sp. (Fabricius, 1775), *Bombus* sp., *Lasioglossum* sp. (Curtis, 1833), *Halictus* sp. (Latreille, 1804), *Panurgus* sp. (Panzer, 1806), *Sphecodes* sp. (Hübner, 1822), *Symmorphus gracilis* (Brulle, 1832), *Dolichovespula* sp. (Rohwer, 1916), *Polistes* sp. (Latreille, 1802), *Vespa crabro* (Linnaeus), *Vespula* sp. (Thomson, 1869) taksonlarının fonksiyonel polinatör grupları olduğu rapor edilmiştir.

Akdeniz türlerinden olan *Scrophularia sambucifolia* L. ve *S. grandiflora*'nın üreme biyolojisi üzerine yapılan çalışmada her iki türünde tozlaşma bakımından kendileşmeyi azaltıcı mekanizmaya sahip olduğu ve karşı tozlaşma oranının çiçek yaşı ilerledikçe düştüğü anlaşılmıştır. Ayrıca aynı seviyedeki çiçeklerde tohum tutum oranının aynı olduğu belirlenmiş ve bu durumun çiçek mimarisinin bir yansıması olduğu belirtilmiştir (Navarro-Pérez vd., 2019).

Bombus niveatus Kriechbaumer türünün Doğu Anadolu'da yayılış gösterdiği, Fabaceae ve Lamiaceae üyeleri gibi zigomorf çiçeklerde polinatör olduğu belirtilmiştir (Rasmont vd., 2009). Türün 3.000 m rakımlara kadar dağılım gösterdiği bilinmektedir (Rasmont, vd., 2005). *B. niveatus* türünün Erzincan'da da yayılış gösterdiği, Scrophulariaceae familyasına ait *Pedicularis*, *Linaria* ve *Digitalis* türlerinde polinatör olduğu belirtilmiştir. Yine familyaya ait *Bombus argillaceus* (Scopoli, 1763), *B. persicus* (Radoszkowski, 1881), *B. mesomelas* (Gerstäcker, 1869), *B. subterraneus* (Linnaeus, 1758) türlerinin de polinatörler arasında olduğu vurgulanmıştır (Özbek, 1983, 1998, 2002). Buna ilave olarak Erzincan başta olmak üzere arılardan *Halictus patellatus* (Morawitz, 1873), *Halictus cochlearitarsis* (Dours, 1872), *Halictus scabiosae* (Rossi, 1790), *Halictus sexcinctus* (Fabricius, 1775), *Halictus squamosus* (Lebedev, 1911), *Halictus quadricinctus* (Fabricius, 1776), *Halictus pentheri* (Blüthgen, 1923), *Halictus sajoi* (Blüthgen, 1923), *Halictus tetrazonianellus* Strand, 1909, *Halictus tetrazonius* (Klug, 1817), *Halictus georgicus* (Blüthgen, 1936), *Halictus asperulus* (Pérez, 1895), *Halictus maculatus* (Smith, 1848), *Halictus simplex* (Blüthgen, 1923), *Lasioglossum pauxillum* (Schenck, 1853) = *Halictus pauxillus* ile sineklerden *Eristalis tenax* (Linnaeus, 1758)'ın Doğu Anadolu'da yaygın polinatörlerden olduğu rapor edilmiştir (Özbek, 1979; Dikmen ve Aytekin 2011; Okur vd., 2020).

Diptera grubu sinekler Hymenoptera grubu gibi çiçekleri sıklıkla ziyaret eden böceklerdir. Hatta yüksek rakımlarda ve enlemlerde baskın çiçek ziyaretçisi olarak da görev yaparlar. Çekya’da yapılan bir çalışmada Eristalinae familyası üyelerinden *Eristalis* cinsi başta olmak üzere *E. arbustorum* (Linnaeus, 1758), *E. horticola* (De Geer, 1776), *E. intricaria* (Linnaeus, 1758), *E. nemorum* (Linnaeus, 1758), *E. pertinax* (Scopoli, 1763), *E. similis* (Fallén, 1817) ve *E. tenax* birçok Syrphidae üyesinin polinatör olduğu belirlenmiştir. Eristalinae üyelerinin polinatör olduğu familyalardan birisinin de Scrophulariaceae olduğu rapor edilmiştir (Klecka vd., 2018).

Scrophularia cinsine ait bazı türler Hymenoptera takımına ait sosyal yaban arıları tarafından tozlaştırılır. *S. umbrosa* Dumort.’da polinatörleri çekmek için çiçeklerde görsel ve kokuya ait çekici özellikler bulunur. Yapılan kimyasal ve elektrtofiziksel analizler ile böceklerin antenleri tarafından algılanabilen koku içindeki moleküller analiz edilmiştir. Analiz sonuçlarına göre kokuya neden olan karışımın ‘green leaf volatiles’ (GLVs) adı verilen ve hemen hemen bütün yeşil bitlilerde bulunan ve polinatörler için oldukça cazip olan 6 karbonlu aldehitler, alkol ve asetatlar ve diğer organik uçucu maddelerden oluşan bir karışım olduğu saptanmıştır. Bu kimyasalların yanında çiçeklerin arının ilgisini çekecek renksel özelliklere de sahip olduğu sonucuna ulaşılmıştır (Bordmann vd., 2012).

Bitki türlerinin yetiştirme ortamı ve hayat formları ile polinasyon mekanizması ve çiçek karakterleri arasında korolasyonun bulunduğu ilişkin araştırmalar da bulunmaktadır. Bu araştırmalardan birisinde (Chouteau vd., 2008) Araceae familyasına ait 54 türün 12 çiçek karakteri farklı parametreler yönünden (iklimsel koşullar, polinasyon tipi, hayat formu) incelenmiştir. İnceleme sonunda, kendi kendine tozlaşanlarla tozlaşamayanlar arasında polen/ovül oranının farklılık gösterdiği, herdem yeşil tropikal iklime uyum sağlamışlarda gamet oranlarının ılıman kuşaklarda yetişenlerden daha büyük olduğu, polinasyon tipine bağlı olarak çiçek sayılarının, çiçeklerdeki eşey dağılımlarının ve çiçek büyüklüklerinin farklı olduğu belirlenmiştir.

Tozlaştırıcılar çiçeklenme periyodu boyunca günün her saatinde aktif değildir. Bu bakımdan arazi çalışmasında polinatörlerin faaliyet zamanlarını içerecek gözlem periyodunun bilinmesi gerekmektedir. *Brassica rapa* L. (Cruciferae) ile yapılan çalışmada, türün 19 farklı polinatörünün olduğu, bunlardan sadece 3 tanesinin üreme başarısına önemli katkılarının bulunduğu belirlenmiştir. Türlerde polinatör

yoğunluğunun periyotlarına dikkat çekilmiş ve *B. rapa*'da 8:30- 10:30 aralığında polinatör yoğunluğunun daha fazla olduğu belirlenmiştir (Atmowidi vd., 2007).

Dar bir endemik bitki olan *Erysimum popovii* Rothm. (Brassicaceae)'nin üreme başarısını etkileyen faktörlerin araştırıldığı bir çalışmada (Fernandez vd., 2015) çiçeklenme dönemi boyunca 11.00-17.00 saatleri arası tozlaştırıcılar gözlenmiş ve kimlikleri tespit edilmiştir. Gözlemler yaklaşık 100 çiçek içeren bitki grupları üzerinde yapılmış, populasyon başına toplam araştırma süresi tozlayıcıya bağlı olarak 190 ila 795 dakika arasında değişmiştir. Çalışmada çiçeğin yalnızca üreme organına temas eden böcekler kaydedilmiş ve toplamda 5.169 böcek tespit edildiği çalışmada ayrıca topluluktan rastgele seçilen iki bireyin farklı türe ait olma ihtimalini ölçen Hurlbert's PIE endeksini kullanarak polinatör çeşitliliği hesaplanmıştır.

Bazı bitkilerde populasyon büyüklüğü ile ana tozlaştırıcı çeşidi arasında doğrusal bir ilişki olduğu belirtilmektedir. Peterson vd. (2007) *Anterichium liliago* L. (Anterivcaceae) türünün ana tozlaştırıcılarını belirlemek üzere yaptıkları bir çalışmada *Merodon rufus* (Meigen, 1838) (Syrphidae) türünün ana tozlaştırıcı olduğunu belirlemişlerdir. Bu tozlaştırıcı çeşidinin büyük populasyonlarda yaygın olduğu, orta populasyonlarda az bulunduğu ve küçük populasyonlarda hemen hemen hiç gözlenmediği görülmüştür. Ayrıca çalışmada populasyon büyüklüğü ile ana tozlaştırıcı *M. rufus*'un çiçek ziyaret sıklığı arasında doğrusal bir ilişki bulunmuştur.

Polinatör ziyaret sıklığı hipotetik olarak tozlaşma başarısını artırmaktadır. Bununla birlikte Bishop vd. (2016) yaptıkları bir çalışmada tozlaştırıcıların baklagildeki ziyaret sayısının tozlaşmada hiçbir etkisi olmadığını bulmuşlardır.

Biyoyakıt kaynağı olarak kullanılan *Jatropha curcas* L. (Euphorbiaceae) türü ile yapılan çalışmada bazı polinatörlerin tohum verimine daha fazla katkıda bulunduğu ortaya konulmuştur (Rianti vd., 2010). Yine Güney Çin'e özgü bir endemik ağaç olan *Michelia coriacea* Hung T. Chang & B. L. Chen (Magnoliaceae) türünde populasyondaki bireylerin normal çiçek oluşturdıkları ancak meyve ve verimli tohum oranlarının düşük

olduğu görülmüş, çalışma sonunda bunun önemli nedenlerinden birisinin etkin polinatörlerin azlığı olduğu sonucuna ulaşılmıştır (Zhao ve Sun, 2009).

Polenlerin dağılıp polinatörlere bulaşmasında polinatörlerin kimliği oldukça önemlidir. Bu konuda çok ilginç örnekler “vızıltı” şeklinde kanat hareketi çıkaran polinatörlerin polinasyonda rol aldığı türlerde görülebilir. Tüm *Scrophularia* üyelerinde olduğu gibi “vızıltı” şeklinde titreşim çıkaran polinatörlerle bitki arasında sıra dışı ilişkiler olabilmektedir. Buna örnek olarak *Oenothera drummondii* Hook. (Onagraceae) tür ile yapılan çalışma verilebilir. Bu türün polinatörlerinden *A. mellifera*’nın kanatlarının neden olduğu vibrasyonun etkisiyle bitki çiçeklerinin üç dakika içinde nektar ürettiği belirlenmiştir (Veits vd., 2019). Bu mekanizma, bitkinin polinasyonda kaynaklarını ekonomik kullanması bakımından önemlidir.

Hymenopterlerin içinde bulunduğu ve vızıltı çıkararak çiçek ziyareti gerçekleştiren polinatörlerin oluşturduğu vibrasyon polenlerin polinatörler tarafından alımında önemli rol oynadığı belirlenmiştir. Polenleri, anterleri titreştirerek dışarı çıkarmak arılardan (Hymenoptera: Apoidea) oluşan bir polinatör gerektirerek gamet transferini teşvik eden bir bitki stratejisidir. Vızıltı ile tozlaşma, onu kullanan 20.000’den fazla türün bulunduğu angiospermelerde yaygın olmasına rağmen, vızıltı titreşimlerindeki doğal varyasyon ile anterlerden elde edilebilecek polen miktarı arasındaki işlevsel bağlantı hakkında çok az şey bilinmektedir. *Bombus terrestris* (Linnaeus, 1758) gibi *Bombus* arılarının ürettiği titreşimlerdeki değişkenliği, *Solanum rostratum*’dan (Solanaceae) polen toplarken saptanmıştır. Araştırmada *Bombus* arılarının neden olduğu vibrasyona benzer yapay vibrasyonlar oluşturulmuş, saçılan polen miktarının titreşimin genlik ve süresiyle ilgili olduğu, frekansın ise ikinci derece etkili olduğu saptanmıştır (De Luca vd., 2013).

Dört *Bombus* türünün polinatör olduğu farklı *Solanum* L. türlerinde polinatörlerin neden olduğu vibrasyonun anterlerin ucundaki deliklerden polenlerin saçılımına neden olduğu gösterilmiştir (Arroyo-Correa vd., 2019). Araştırmada polinatörlerin çıkardıkları vibrasyonun etkilerinin farklı çiçek büyüklüklerinde, anter uzunluklarında farklı olduğu ifade edilmiştir. Yine vızıltı çıkaran *B. terrestris*, *Solanum rostratum* Dunal türünde polinatör olarak rol alır. Yapılan çalışmada polinatör abdomen büyüklüğünün erkek ve

dişi organlar arasındaki mesafeye göre polinasyondaki etkinliği araştırılmıştır (Solís-Montero ve Vallejo-Marín, 2017). Araştırmada polinatör vücut büyüklüğünün erkek ve dişi organ arasındaki mesafeden daha büyük olması halinde stigma üzerine daha fazla polen ulaşır. Kompleks çiçeklerde polinatörle çiçeğin fiziksel uyumuna göre polinatörün, polen transferinde etkin mi veya polen hırsız olup olmadığına karar vermede etkili olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Çiçek- polinatör uyumunun önemine dair başka çalışmalar da bulunmaktadır (Koch, 2017). Bu çalışmada *Scrophularia* türleri gibi zigomorf çiçeklere sahip bazı *Salvia* türlerinde yapılan çalışmalarda polinatörün fiziksel büyüklüğüne bağlı olarak hangi vücut kısımlarının daha fazla polen alabildikleri ortaya konmuştur. Arıların çiçek üzerinde polen temizleme çalışmalarının da polen yüklenmesinde etkili oldukları belirlenmiştir.

Mimikri hayvanlarda olduğu gibi bitkiler âleminde de bulunur. Başka bitkilere veya hayvanlara benzemek veya onlar gibi kokmak bitkilerdeki mimikrilere örnek olarak verilebilir. Mimikri polinatörleri çekmek veya istenmeyen böcekleri uzaklaştırmak için de iş görebilir (Wiens, 1978). Bitkiler Syrphid gibi polen yiyici polinatörler ve arılar gibi polen toplayıcıların neden olduğu polen kayıplarını önlemek amacıyla mimik stamenler geliştirmişlerdir. Bir kısmı staminodlara dönüşmüş mimik stamenler Scrophulariaceae familyasının bazı üyelerinde olduğu gibi polinatörlere verimsiz çiçek parçalarını (ör. verimsiz stamenler) ödül olarak sunarak verimli parçaların korunmasını sağlarlar. Bazen de çekici olmayan çiçeklere polinatörlerin ilgisini artırırılar. Ayrıca mimik stamenler polen yiyici polinatörleri nektarlara yönlendirerek polenlerin zarar görmesini de engelleyebilir (Lunau, 2006).

Scrophularia türlerinin çoğunda staminod bulunur. Staminodlardan büyük olanlar polinatörleri çiçeklere çeken bir yapı olarak rol almaktadır. Bununla birlikte bu staminodların çiçek kısımlarını doğru pozisyona zorlayarak veya korollanın ağız kısmının açılmasını kontrol ederek polinatörlerin çiçek organlarına temasını sağladığına ilişkin bulgulara da ulaşılmıştır (Lopez vd., 2016).

Türlerin polinasyonunda etkili olan mekanizmalardan birisi de çiçek hareketleridir. Bu hareketler; 1- Böcek kaynaklı hareketler ve 2-Aktif çiçek hareketleri olmak üzere iki gruba ayrılır (Ruan ve Silva, 2011). Bu hareketler ve amacı Tablo 2.1’de gösterilmiştir.

Çiçek hareketlerine ilginç bir örnek *Eremurus himalaicus* Baker (Xanthorrhoeaceae) türünde tespit edilmiştir (Verma vd., 2004). Türde stilus kendi kendine tozlaşmayı önlemek için dış tozlaşmayı teşvik etmek ve kendi poleni ile karşılaşmamak için polinatörlerin uçuş yolunu kapatmayacak şekilde polinatör ziyaret saatlerinde konumlanır. Malvaceae ve Marantaceae gibi çok sayıda familya üyelerinde kendi kendine veya karşı tozlaşmayı sağlayacak şekilde hareketi kolaylaştıran stilus kavislenmesi görülür. Lamiaceae familyasının bazı üyelerinde olduğu gibi stamenler stigmanın alıcı olduğu dönemlerde stigma üzerine doğru kıvrılır veya stilus anterlere doğru uzar (Ruan ve Silva, 2011).

Tablo 2.1. Çiçek hareketleri ve hareketlerin amacı (Ruan ve Silva, 2011).

	Hareket eden çiçek kısımları	Hareketin amacı
A.Böcek Kaynaklı Çiçek Hareketleri	Pistil (Stilus) hareketi	Karşı çaprazlama ve/veya kendi kendine tozlaşmadan kaçınma, *İkincil polen sunumu
	Stamen (Flament, Anter, Polen) hareketi	Karşı çaprazlama ve/veya kendi kendine tozlaşmadan kaçınma, *İkincil polen sunumu
B.Aktif Çiçek Hareketleri	Pistil (Stilus) hareketi	Karşı çaprazlama ve/veya kendi kendine tozlaşmadan kaçınma, çiçekler arası dişi-erkek etkileşimini azaltma, kendi kendine tozlaşmayı geciktirme
	Stamen (Flament, Anter, Polen) hareketi	Karşı çaprazlama ve/veya kendi kendine tozlaşmadan kaçınma, çiçekler arası dişi-erkek etkileşimini azaltma, kendi kendine tozlaşmayı geciktirme
	Korolla hareketi	Kendi kendine tozlaşmayı geciktirme, kötü çevresel koşullara toleransı artırma
	Çiçek sapı hareketi	Kötü çevresel koşullara toleransı artırma

* İkincil polen sunumu, polenlerin anterlerden başka bir çiçek organına taşınması ve daha sonra bu organın polen sunma organı olarak işlev görmesi. Angiospermelerde 9 farklı ikincil polen sunum çeşidi görülür (Howell vd., 1993).

Bütün türlerde çiçek hareketlerinin mekanizması tam olarak anlaşılmamışsa da bu hareketler bazı türlerde ayrıntılı olarak çalışılmıştır. Örneğin *Alpinia blepharocalyx* K. Schum. (Zingiberaceae) türünde stilus hareketleri üzerine yapılan çalışmada (Zang vd., 2003) ilginç sonuçlara ulaşılmıştır. Bu türde 2 farklı çiçek morfolojisi görülür. Cataflexistylous morfolojisinde, stilus çiçeklenme başladığında sabah saatlerinde açılan

anterlerin üstünde dik durur. Öğleden sonra anterlerin altına doğru kıvrılmaya başlar. Anaflexistylous morfolojisinde ise alıcı stigma ilk önce açılmamış anterlerin altında aşağıya doğru kıvrık pozisyonda bulunur. Öğleden sonra polen dağılımı başladığında anterlere doğru yönelim gösterir. Cataflexistylous çiçekler Anaflexistylous çiçeklere göre daha geniş olup polen ve tohum taslağı oranında birbirinden oldukça farklıdır. Cataflexistylous morfoloji gösteren çiçeklerde polen sayısı fazla, tohum taslağı sayısı daha az, öğleden önce nektar konsantrasyonu daha düşüktür.

Bitkilerde çiçek parçalarının gün içinde polinatör ziyaretlerine senkronize bir şekilde hareket ettiklerine dair çalışmalar da bulunmaktadır. Bu çalışmaların birisinde (Haverkamp vd., 2019) *Nicotiana attenuata* Steud. türünde polinatör kelebekler çiçekler yukarı yöneldiğinde çiçek ödüllerine ulaşırken, aşağıya yöneldiğinde ulaşamadığı saptanmıştır. Çiçekler yukarı dönükken anter sıcaklığının 7 °C'den fazla, aşağıya dönük olduğunda az olduğu rapor edilmiştir. Bu sıcaklık farkının polinasyonun derecesini etkilediği vurgulanmıştır. Ayrıca bu hareket biçiminin polenlerin korunması veya uygun polinatörlerin nektarlara ulaşmasını kontrol ettiği de ifade edilmiştir. Sonuç olarak çiçek ve çiçeğe ait parçaların kendileşmeyi, kendi kendine tozlaşmayı ya da karşı tozlaşmayı teşvik edici veya engelleyici birçok hareketi bulunmaktadır.

Stigma hareketlerine bağlı ayrıntılı çalışılmış örneklerden birisi de Scrophulariaceae familyasına ait *Mimulus aurantiacus* Curtis türü ile yapılan çalışmadır (Fetscher ve Kohn, 1999). Bu çalışmada uçta iki kollu olan stilus polinasyon öncesi açık pozisyonda durur. Polinatör ziyaretine bağlı olarak stiluslar polen alımı gerçekleştiğinde kelebek gibi kapanır. Tohum taslağını dölleyecek yeterli polen alınmadığında yeniden açılır ve gerekli polen yükü sağlandıktan sonra tekrar kapanır. Marantaceae üyelerinde staminod stilus üzerine baskı uygulayarak stilusu gergin tutar. Nektar almak için çiçeğin içine uzanan polinatör baş kısmıyla staminodu hareket ettirir. Staminodun gerginliğinden kurtulan stilus polinatörün üzerine sürtünme hareketi yaparak başka çiçeklerden getirdiği polenleri alır (Ruan ve Silva, 2011).

Çiçekli bitkilerin polinasyonunda ve üreme başarılarında çiçek mimarileri de önemli yer tutmaktadır. Çiçek mimarisi polinatörlerin çiçeklere çekiminde, tomumların dağılımında,

iç ve dış tozlaşmayı teşvik veya engellemesinde rol oynayarak çiçekli bitkilerin daha sağlıklı bireyler oluşturmada önemli rol oynamaktadır (Wyatt, 1982).

Çiçek mimarisi üzerine ayrıntılı araştırmalar mevcuttur. Bu araştırmalara örnek olarak İngiltere’de bir çalışmada yaban arılarının (*Dolichovespula* ve *Vespula* sp.) protogynous *Scrophularia aquatica* L.’nin salkımında nektar ararken çoğunlukla aşağıdan yukarı doğru çalıştığı tespit edilmiştir. Nektar alan *Bombus* arılarının (*B. terrestris*) genellikle aşağıdan yukarı doğru çiçekleri dolaştığı belirtilmiştir. *S. aquatica*’da işaretlenen *Vespula gerrnanica* (Fabricius, 1793) ve *V. vulgaris* (Linnaeus, 1758) arı türlerinin gün boyu çiçekler üzerindeki hareketleri izlenmiş ve çoğunlukla (60%) aşağıdan yukarıya bir davranış sergiledikleri gözlenmiştir. Diğer hareketler ise “yukarıdan aşağıya” ve “aynı seviyede” çiçekler arasında olarak sınıflandırılmıştır. Aynı çalışmada incelen bir diğer bitki *Linaria vulgaris* Mill.’in yukarı bakan çiçeklerinde nektar hırsızlığı yapan *B. terrestris* bireylerinin, çiçek salkımlarında ağırlıklı olarak baş aşağı doğru uçarak çalıştığı gözlenmiştir. Çiçek durumu içi hareketlerin böceklerin yoğunluğunu artırarak yukarı veya aşağı yönlülüğü de kontrol ettiği vurgulanmıştır. Araştırmada *L. vulgaris*’te çiçeklerin aşağıya doğru duruşunun arıların yukarı doğru uçuş hareketinde etkili olduğu da rapor edilmiştir. Böcek ziyaretçileri, en genç çiçekler en tepede olacak şekilde, protandrous çiçeklerden oluşan bir salkımda yukarı doğru hareket ettiğinde, çapraz tozlaşmanın teşvik edildiği sonucuna da ulaşılmıştır (Corbet vd., 1981).

Diğer taraftan çiçek mimarisinin (yükselme biçimi, yüksekliği vb.) tohumların dağılımı üzerine etkili olduğuna ilişkin araştırmalar da bulunmaktadır (Rodríguez-Riaño vd., 2017).

Çiçek mimarisi ile ilgili yapılan başka bir çalışmada; *Bombus hypocrita* subsp. *sapporoensis* Cockerell beslenme alanı içindeki bitkilerin çiçek mimarisi ile polinatör ziyaret sıklıkları karşılaştırılmıştır. Buna göre ortamda bulunan bitkilerin çiçek durumları, çiçek durumunun büyüklüğü, çiçek grupları ve çiçekler arasındaki mesafeler, çiçeklerin konumları ve çiçek büyüklükleri dikkate alınmıştır. Arıların büyük çiçekleri daha fazla tercih ettiği fakat bu tercihin çiçek durumundan çiçek durumuna değiştiği görülmüştür. Rasem çiçek durumunda büyük çiçeklere arıların ziyareti daha fazla olmuştur. Arılar bir

çiçek durumundaki büyük çiçekleri küçük çiçeklere, çiçekler arasındaki mesafenin fazla olduğu çiçekleri birbirine çok yaklaştığı çiçeklere daha fazla tercih ettiği görülmüştür. Çiçek durumu daha büyük olanlar, daha fazla tercih edilmektedir. Arıların çiçek durumundaki hangi çiçekleri öncelikle tercih ettiği çiçek durumundan çiçek durumuna ve çiçek durumunun pozisyonuna göre değişim gösterdiği vurgulanmıştır. Bu değişimden çiçek mimarisinin arının beslenmesini kolaylaştırıp kolaylaştırmadığıyla ilgili olduğu sonucuna ulaşılmıştır (Ishii vd., 2008).

Çiçek durumu mimarisinin polinatörlerin ziyaret davranışlarını değiştirebildiği bilinmektedir. Konu ile ilgili yapılan bir çalışmada (Jordan vd., 2016) *Delphinium glaucum* S. Watson türünde çiçek durumu ekseninin her tarafında çiçeklerin bulunduğu bir çiçek mimarisi ile tek taraflı çiçeklerin dizilim gösterdiği çiçek mimarisine (secund) sahip bireyler ile polinatör davranışları mukayese edilmiştir. Çiçek mimarisinin polinatörlerin ziyaret sıklığını değiştirmede, fakat çiçek durumu üzerindeki hareket rotasında değişikliğe neden olduğunu göstermiştir. Tek taraflı dizilim gösteren çiçeklerde polinatör arıların yukarıdaki çiçekleri, diğer çiçek durumlarında ise daha aşağıdaki çiçekleri tercih ettikleri ortaya konmuştur.

Stigma alıcılığı tozlaşma başarısı için hayati önemde olup, tozlaşma zamanlarında stigma alıcı olmadan, polen tanecikleri çimlenemez ve sonuç olarak döllenme gerçekleşemez. Başarılı bir döllenme için tohum taslağı alıcılığı da önemli olup, tozlaşma tohum taslağı alıcılığını stimüle eder. Tozlaşma ve döllenme arasındaki zaman periyodu birkaç haftadan, aya kadar değişim gösterir. Henüz tamamen anlaşılamasa da çeşitli türlerin alıcı tohum taslakları, mikropilar bölgelerinde eksüda salgırlar. Son zamanlarda yapılan araştırmalarda (Sengupta ve Tandon, 2010), yumurtalıklardaki alıcı tohum taslaklarının toplam tohum taslağı sayısından daha az olduğu gösterilmiştir. Daha ilginç, alıcı tohum taslaklarının, döllenemeden dolayı alıcı olmayan tohum taslakları ile karşılaştırıldığında, az sayıda tohum gelişimini işaret eden tohum tutumu yüzdesi arasında pozitif bağlantı tespit edilmiştir (Shivanna ve Tandon, 2014).

Stigma alıcılığı çiçekli bitkilerde çiçeklerin olgunlaşmasında bir aşamadır. Stigma alıcılığı bitki hayat döngüsünde; gametofit seçilimi, bitki polinatör ve erkek dişi üreme hücreleri arasındaki ilişkiyi etkileyerek kendi kendine polinasyonu veya diğer polinasyon

tiplerinde polinasyon başarısını etkileyen kritik bir durumu teşkil eder. Alıcı stigmada birkaç enzim oldukça yoğun aktivite gösterir. Buna göre stigmanın alıcılığını belirlemede birkaç yöntem geliştirilmiştir. Bu testlerin 3 tanesi enzimatik aktivite, bir tanesi de peroksit ile ilgilidir. Bunlar; “Baker Prosedürü” olarak bilinen alkol dehidrogenaz enziminin varlığının belirlenmesine yönelik sarı rengin gözlenmesi; hidrojen peroksit varlığını belirlemeye yönelik “Pereks Testi” ile portakal rengin oluşumunun gözlenmesi; %6 hidrojenperoksit etkisi ile stigmadan çıkan kabarcıkların gözlenmesi ve peroksidaz test kâğıdı ile stigmada mavi rengin gözlenmesine yönelik testlerdir (Dafni ve Maués, 1998).

Stigmalaradaki morfolojik varyasyonlara bakmadan, stigmaların alıcı yüzeyleri daima hücre dışı matriks içerir ve bu matriksler polen-dişi organ etkileşimlerinde önemli roller oynarlar. Tozlaşma kısıtlılığı, türdeş uygun polenlerin stigma üzerinde yetersiz depo edilmesinden dolayı tohum üretimindeki azalmayı işaret eder. Bazı çalışmalar belirli koşullar altında türlerin %60'ının polen kısıtlılığı gösterebileceğini işaret etmiştir (Burd, 1994; Wilcock ve Neiland, 2002; Knight vd., 2005). Bu durum popülasyonları savunmasızlığa iten en büyük baskılardan biridir (Shivanna ve Tandon, 2014).

İklimsel parametrelerin polinatör davranışlarını etkileyen önemli bir faktör olduğuna ilişkin çok sayıda araştırma mevcuttur. Örnek olarak aşağıda birkaç çalışma özetlenmeye çalışılmıştır.

Scrophulariaceae familyası için önemli polinatörlerden olan sosyal bal arıları ve Bombuslarla yapılan bir çalışmada böceklerin aktivitelerinde mikroklimanın önemli olduğu rapor edilmiştir. Araştırmada *A. mellifera* ile içlerinde *B. terrestris*'inde olduğu 4 *Bombus* türü karşılaştırılmıştır. Bombusların düşük sıcaklıklara daha toleranslı olduğu vurgulanmıştır (Corbet vd., 1993). Ortam sıcaklığının, bağıl nemin, güneş radyasyonunun ve rüzgâr hızının pollinator aktivitesini etkilediğine ilişkin başka çalışmalar da mevcuttur (Abrol, 1988; Corbet, 1990). Elma bahçelerinde aktif olan *Osmia cornuta* ve *A. mellifera* (Hymenoptera) polinatörlerinin ve diğer böcek gruplarına ait türlerin ortam sıcaklığı, güneş radyasyonu ve rüzgâr hızına bağlı aktiviteleri incelenmiştir (Vicens ve Bosch, 2000). Böceklerin ortam sıcaklığının 9 °C - 22 °C, radyasyon oranının 34-779 w/m²

aralıklarda aktif olduğu belirtilmiştir. *O. cornuta* (Latreille, 1805) için en uygun radyasyon aralığının 100-200 w/m², *A. mellifera* için 474.5 w/m² den daha fazla radyasyona ihtiyaç olduğu rapor edilmiştir. Bu radyasyon oranlarında rüzgârın *A. mellifera* aktivitesi için önemli olduğu da vurgulanmıştır. Bütün böceklerin aktif olmasında nisbi nemin %90’dan, rüzgâr hızının 6 m/s den düşük olması gerektiği belirtilmiştir. 50 m/s rüzgâra kadar aktif olabilen tek böceğin *O. cornuta* olduğu kaydedilmiştir. Elma ağaçlarında stigma alıcılığının kısa sürmesi, ovüllerin canlılık süresinin düşüklüğü ve polinatörlerin günün her saatlerinde aktif olmaması polinasyon başarısını düşürmektedir. Bunun için böyle türlerde evre koşullarına daha dayanıklı olan *O. cornuta* gibi polinatörlerin kullanılmasının verimi artıracadı belirtilmiştir.

S. fatmae gibi alpin sınırlar içinde yetişen bitkilerin küresel ısınmadan etkilendikleri, ısınmanın etkisi ile bu tip bitkilerin çıkabileceği başka yükseklik olmadığı üzerinde durulmuş, *Campanula punctata* Lam. ve *Prunella vulgaris* L.’in iek boyutunun, yüksekteki popülasyonlar arasında farklı olduğu ve iek yapılarının yükseklik derecesi ile değişen polinatör boyutuna uyum gösterdiği saptanmıştır. Ayrıca yetişme ortamı ve polinatör çeşitliliği ile tür genetik çeşitliliğinin ilişkili olduğu sonucuna ulaşılmıştır (Itino ve Hirao, 2016).

Yunanistan’ın en yüksek dağı olan Olympus Dağı’nda gerçekleştirilen çalışmada (Makrodimos vd., 2008) ise dağların üst seviyelerine sıkışmış alpin vejetasyonun küresel iklim değişikliğinde en fazla etkilenen ekosistemlerin başında geldiği vurgulanarak, yapılan araştırmada iek fenolojileri, iek morfolojileri, bitki türlerinin dağlımları ve bollukları, türleri ziyaret eden polinatörler ve türlerin polinasyon sendromları incelenmiştir. Sonuçlara göre alpinik türlerin erken iek açtığı ve çiçeklenme süresinin daha uzun olduğu, bölgede Hymenopterlerin baskın polinatörler olarak tespit edildiği, bunu dipterlerin takip ettiği, iek ziyaretlerinin bitki türlerin yoğunluğu ve çiçekte kalma süreleriyle ilişkili olduğu sonucuna varılmıştır.

Hayvanlarla tozlaşan bitkilerde polinatörleri çeken unsurları iki guruba ayırılır. Birinci grup çekiciler; nektar, polen ve diğer iek ödülleri, ikinci grup; tozlayıcılara yönelik görsel, koku, tat ve dokunma sinyalleridir. Polinatörler iekleri veya iek ödülleri

görebilir, tadabilir, koklayabilir veya hissedebilir. Fakat bunların bazılarını insandan çok farklı yapar. Örneğin arılar veya bazı sinekler tadları ayakları ile algılayabilir. Böceklerin tad ve dokunsal sinyalleri çiçeğe temasla algılarken, görsel sinyaller ışık hızında polinatöre ulaşabilir. Bunun yanında kokuya ilişkin sinyallerin ulaşması rüzgâr hızına ve yönüne bağlı olarak değişim gösterir. Çiçek kokuları farklı konsantrasyonda maddelerin bir karışımını ihtiva ettiği için polinatör için değişik anlamlar ihtiva eder. Hayvanların bazı sinyalleri nasıl algıladıkları hala bilinmemektedir. Arılar gibi polinatörler çiçek parçalarındaki mikro düzeydeki yapıları algılayabilirler. Hatta bazı nano düzeydeki farklılıklar bile polinatörler tarafından fark edilebilir. Çiçeklerdeki kimyasal ve görsel sinyallerin farklılık göstermesi farklı algılama sistemlerine sahip polinatörlerinde çeşitli olmasını sağlar. Polinatörler rüzgârla ulaşan kokuyu filtre ederek bazı sinyalleri algılayabilirler. Tozlaşma sonrası çiçeklerde meydana gelen değişimler (renk değişimi, nektar üretiminin durması, çiçek parçalarının solması veya dişi-erkek organların üzerinin kapatılması vb.) polinatörler tarafından algılanabilir ve polinatörler tozlaşmamış çiçeklere yönlendirilir. Günümüzde bazı sinyallerin polinatörler tarafından nasıl algılandıkları henüz tam olarak açıklığa kavuşturulamamıştır. Polinatörlerin çiçek parçalarında elektriksel alanları algılıyor olmaları konusu buna örnek olarak verilebilir (Wester ve Lunau, 2017).

Bitki polinatör haberleşmesinde önemli rol oynayan etkilerden birisi de renktir. Bitkilerde hâkim renk yeşildir. Renklerin değişik amaçları bulunmaktadır. Renk pigmentleri bitkide genel olarak fotosentez ve değişik sinyaller olarak iş görmektedir. Sinyal olarak iş gören renk pigmentleri genellikle yeşil rengin dışındaki diğer renklerdir. Özellikle çiçeklerde bulunan pigmentler bitkilerin böceklerle olan ilişkisini organize etmektedir. Rüzgârlarla tozlaşan bitkilerde çiçekler renksiz, polinatörlere özgü çiçeklerde ise renklidir. Renkler polinatörlerin hangi çiçekleri seçeceği konusunda kılavuzluk yapmaktadır. Bir yerdeki çiçeklerin üreme başarısında çiçek renkleri oldukça önem arz etmektedir. Sıcaklık, pigmentlerin birbirlerine oranları, pH, elementler, antosiyaninler, şekerler ve hücre şekilleri çiçeklerde renklenmeyi etkileyen önemli faktörler arasında sayılmaktadır. Fe, Mg, Cu genellikle yeşil, mavi-yeşil ve kırmızı renklenmede, pH, metaller, şekerler, organik asitler, hücre şekli, çiçeklerin renksiz, beyaz, solgun sarı, kırmızı, mor ve mavi renklerin ortaya çıkmasında etkilidir. Arılarla tozlaşan bitkilerde petaller genellikle mavi

ve sarı, nadiren kırmızıdır. Arılar insanda olduğu gibi ana renkleri değil daha çok ultraviyole ışınları algılamaktadır. Coleoptera grubu böcekler daha çok beyaz, sineklere uyumlu böcekler donuk kırmızı ve kahverengi, güveler beyaz ve sarı, kelebekler arılardan daha fazla renk algıladıklarından daha geniş yelpazede renkli çiçekleri tercih etmektedir. Çiçek parçalarının farklı renkleri, farklı dalga boylarını absorblaması bakımından başta arılar olmak üzere renklere duyarlı polinatörler ile bitkiler arasında önemli mesajcı olarak iş görürler (Miller vd., 2011; Varassin vd., 2001).

Böcek-bitki ilişkilerinde öne çıkan çok sayıda özellik bulunmaktadır. Çiçeklerin sahip olduğu bu özellikler bitkiler için polinatör seçiciliğini ortaya çıkarmaktadır. Çiçekli bitkilerin polinatörlerle olan ilişkilerinde çiçek renkleri önemli olmakla birlikte nektarın içeriği ve kokusu bitkinin polinatör seçiciliğinde öne çıkan önemli bir unsur olarak kabul edilmektedir. Çiçek yüzeyinin tekstürü, polinatörlerin koku alıcı reseptör tipleri, göz yapıları, vücut büyüklükleri ile şekilleri polinatör-bitki ilişkisinde anahtar rol oynayan diğer farklılıklardır (Wester ve Lunau, 2017).

Çiçeklerin nektar üretimlerinde hava koşulları belirleyici bir unsurdur. Hava sıcaklığı bitkileri, fotosentez kapasitesinin değişimi, fenolojik gelişimleri ve nektar salınımı gibi birçok yönden etkilemektedir. İklim elemanlarından sıcaklığın nektar salınımına etkileri bazı Akdeniz bitki türleri üzerinde araştırılmıştır (Takkis vd., 2018). Özellikle geç ilkbahar ve yaz aylarında çiçek açan türlerin nektar salınımının sıcaklık artışından olumsuz etkilendikleri, sıcaklığın yağış ve nem gibi başka faktörlerle ilişkili olduğu düşünüldüğünde sorunun Akdeniz türleri için daha ciddi olduğu ifade edilmiştir.

Lavandula latifolia Medik. ile yapılan polinasyon çalışmasında gün içinde nektar üretimi ile polinatör gruplar arasındaki ilişki incelenmiştir. Tür, gün boyu kesintisiz nektar üretmekle birlikte nektar üretimi sabah erken saatlerde ve öğleden sonra maksimuma çıkar. Polen ve nektar oranlarının gün ortasında daha yoğun olduğu, polen taşıyan, nektarsız erkek fazla çiçeklerin oranının gün içinde arttığı belirlenmiştir. Bu artışın gün doğumunda minimumdan başlayarak gün ortasından kısa bir süre sonra iki kez yükseldiği, polensiz, nektar üreten dişi faz çiçeklerin oranının gün içinde genellikle sabit olduğu ve 16.00'dan sonra keskin düşüş gösterdiği belirlenmiştir. Hymenopterlerin

ziyaretlerinin sabah, öğlen ve gün sonu olmak üzere 3 kez yoğunlaştığı, Dipterlerin sabah saatlerinde öğlene kadar ziyaretlerinin sıklaştığı ve daha sonra düştüğü, gün sonuna doğru hafif artış gösterdiği ve Lepidopterlerin ise öğlen saatleri dışında aktivitelerinin düşük kaldığı anlaşılmıştır. Araştırmada böcek büyüklükleri ile güneş radyasyon miktarı arasındaki ilişki literatür ışığında tartışılmış, büyük vücutlu arıların düşük sıcaklıklarda vücut sıcaklıklarını termoregülasyonla ayarlayabilme kapasiteleri nedeniyle küçük vücutlulara göre daha düşük sıcaklık seviyelerinde çalışabildikleri ifade edilmiştir. Gün ortalarında *Bombus* gibi kütleli polinatörler için aşırı ısınma riski bulunduğu da rapor edilmiştir. Bu gibi arıların sabah ve öğleden sonraki saatlerde daha aktif oldukları bildirilmiştir. Gün ortasında nektar dâhil çiçek ödülllerinin fazla olmasına rağmen kütleli arıların aktivitesi yavaşlar. Ayrıca kurak iklimlerdeki arılar için nektarın su içeriği önemlidir. Gün ortasında *L. latifolia*'nın ürettiği nektarlardaki su oranının düşük olması kütleli arıların ihtiyacını karşılayamamaktadır. Sıcak saatlerde rüzgâr hızı da önemlidir. Rüzgâr termoregülasyonla sıcaklığı düşürerek nektar konsantrasyonunu etkileyebilir (Herrera, 1990).

Üç grup *Scrophularia* türleri ile yapılan bir çalışmada erkek ve dişi fazdaki çiçeklerin nektar miktarı arasında önemli bir farkın olmadığı, bununla birlikte dişi fazdaki çiçeklerin sükröz konsantrasyonunun erkek faz çiçeklerinden daha yüksek olduğu sonucuna ulaşılmıştır (Rodríguez-Riaño vd., 2013).

Scrophularia cinsine ait küçük orta ve büyük çiçekli olmak üzere 3 gruba ayrılmış türlerle ilgili yapılan çalışmada nektar içerikleri ve miktarları araştırılmıştır. Bu araştırma sonuçlarına göre *Scrophularia calliantha* Webb & Berthel. türü hariç araştırılan diğer türlerde sükröz içeriğinin yüksek, nektar miktarının büyük çiçeklilerde daha fazla olduğu görülmüştür. Fonksiyonel olarak dişi ve erkek çiçekler arasında nektar içerikleri ve konsantrasyonları bakımından bir fark olmadığı, buna karşın dişi fazda üretilen nektar miktarının erkek faza göre daha fazla olduğu tespit edilmiştir (Rodríguez-Riaño vd., 2014).

Şeker konsantrasyonu oldukça değişken olan nektar, biyotik tozlaştırıcılar için önemli bir ödül olup, bir ölçüde tozlaştırıcının doğasını yansıtır. Nektar salgılayanın dinamiklerini

ve çiçeklerdeki yerlerini anlamak, tozlaşma ekolojisi açısından çok önemlidir (Shivanna ve Tandon, 2014).

Polen üretiminin belirlenmesi polen biyolojisinin birçok yönü bakımından değerli bilgiler sunar. Bu yüzden polen üretimine tahsis edilen kaynaklar türler arasında oldukça değişkendir. Polen üretimi aynı zamanda türlerin tozlaşma tiplerine ve polen sayılarının yumurtalık sayılarına oranların hesaplanması bir ölçüye kadar türlerin muhtemel üreme sistemlerine dair bilgiler verir (Cruden, 1977; Shivanna ve Tandon, 2014).

Polinasyonda polenlerin morfolojik özellikleri de oldukça önemlidir. Polen özellikleri stigma ve polen aracısının kimliği ile yakın ilişkilidir. Polinatörün kimliğine örnek olarak yapılan çalışmalardan birisinde (Sannier vd., 2009) Araceae ve Arecaceae familyalarında polenlerin morfolojik özellikleriyle polinasyon tipleri karşılaştırılmıştır. Çalışmada pissilat, verrikulat, striat, ekinulat, faveolat-retikulat ve perfurat-regulat polenlerin polinasyon sendromları (rüzgâr, arı, sinek, yaras, kınkanatlı) mukayese edilmiştir. Araceae familyasında polen ornemantasyonu ile polinatör böcekler arasında bir ilişki belirlenirken (pissilat/verrukat polenler kın kanatlılarla; ekinulat polenler sineklerle) Arecaceae familyasında belirlenen ilişkinin zayıf olduğundan söz edilmiştir. Arecaceae familyasında polinasyon çalışmalarının yetersizliğinin ve polinatör çeşidinin çok az olmasının bunda etkili olabileceği vurgulanmıştır. Hydrocharitaceae familyasında yapılan başka bir çalışmada ise 11 cinse ait birer örneğin polen morfolojileri araştırılmış, böceklerle tozlaşan türlerde polenlerin dikencikli ve çokaksı çıkıntılı, rüzgarlarla tozlaşanlarda retikulat, suyla tozlaşanlarda ekzinin indirgenmiş yapılı olduğu açıklanmıştır (Tanaka vd., 2004).

Polen morfolojisi ile polinasyon tipi arasında ilginç ilişkiler vardır. Örneğin Scrophulariaceae familyasının diğer bir cinsi *Pedicularis* ile yapılan çalışmada K. Amerika'da yayılış gösteren 23 türün polen morfolojileri incelenmiştir. Araştırmada korollanın uzun-kısa tüpsü, dişli dişsiz olup olmadığı, polen transferinin nototribik veya sternotribik türde olup olmadığı ile polen morfolojisinin korelasyonuna bakılmıştır. İnceleme sonunda polenlerin apertür tipi bakımından iki gruba, ekzin süsleri bakımından ise üç gruba ayrıldığı görülmüştür. Ayrıca daha önce yapılmış çalışmalar da dikkate

alınmıştır. Polinasyon sendromları ve korolla şekilleri ile polen apertür tipi arasında bir ilişki olduğu belirtilmiştir. Ekzin süsleri ile korolla tipleri arasında farklılıklar belirlenmiş fakat bu farklılıklar anlamlandırılmamıştır. Araştırmaya göre tricolpate polenlerin kısa tüplü-gagalı ve dişsiz korolla tiplerinde, trysincolpate polenlerin tüplü-gagalı, dişsiz ve dişli korolla tiplerinde, bysincolpate tiplerin ise en çok kısa tüplü ve gagalı korollolarda görüldüğü belirlenmiştir (Wang vd., 2009). Polen morfolojileri ile polinatör çeşitleri arasında ilişki olabileceğini gösteren başka çalışmalar da bulunmaktadır (Hesse, 2000; Basso-Alves vd., 2011).

Çiçekli bitkilerde tozlaştırıcı çeşitliliği ve bunun neden olduğu üreme başarısı / başarısızlığı ve genetik çeşitlilik arasındaki ilişki bilinmeden koruma çalışmalarının yeterli olamayacağı ve eksik kalacağı aşikârdır.

Genetiğin koruma biyolojisindeki önemi her geçen gün artmaktadır. Biyoçeşitliliğin genetik çeşitliliğe bağlı olduğu ve genetik çeşitlilik kaybedildiğinde uzun vadede biyoçeşitlilikte devamlılığın mümkün olmadığı bilinmektedir. Korunması gerekli olan populasyonların genetik çeşitliliğinin bilinmesi koruma programlarının tasarlanmasında değerli veriler sağlayabilir (Cornwell vd., 2019).

Koruma çalışmalarında bitkilerin genetik çeşitliliklerinin belirlenmesi oldukça önemlidir. *Scrophularia* cinsinin sistematiği, polinasyonu, kimyasal içeriği gibi konularda çok sayıda araştırma olmasına rağmen şaşırtıcı bir şekilde populasyon genetiği üzerine çok az çalışma yapılmıştır. Birkaç çalışmadan birisi olan *Scrophularia ningpoensis* Hemsl.'te genetik markerlar kullanılarak farklı kültüvarlar genetik çeşitlilik bakımından karşılaştırılmıştır (Chen vd. 2012). Bununla birlikte familyanın diğer cinslerine ait türler üzerinde yapılmış populasyon genetik çeşitliliğine ilişkin çok sayıda çalışma bulunmaktadır.

Scrophulariaceae familyasına ait *Antirrhinum microphyllum* Rothm., *Antirrhinum subbaeticum* Güemes, Mateu & Sánchez-Gómez, *Striga hermonthica* (Delile) Benth. ve *Digitalis minor* L. türleri üzerine yapılan çalışmalar bu araştırmalardan bazılarıdır (Torres, E. vd. 2003; Jiménez vd., 2002; Olivier vd., 1998; Sales vd., 2001). Bitkilerde

genetik çeşitliliğin tozlaşma biçimiyle ilgili olduğuna dair birçok çalışma mevcuttur. Örnek olarak *Bromelia hieronymi* Mez (Bromeliaceae) türünde karşı tozlaşmanın gen akışını artırarak popülasyonda genetik çeşitliliği artırdığı deneysel olarak gösterilmiştir (Godoy vd., 2018). Karşı tozlaşmanın genetik çeşitliliği artırdığına, kendine tozlaşmanın azalttığına dair Fattorini ve Glover (2020), Matsuki vd. (2008) ve Blambert vd. (2016)'nin çalışmaları diğer örnekler olarak gösterilebilir. Matsuki vd. (2008) *Magnolia obovata* Thunb. türünde *Bombus* ve küçük Coleopterlerin geitonogam polen akışı gerçekleştirdiğinde soyiçi çöküşe neden olduğu, başka bireylerden polen taşıdıklarında ise genetik çeşitliliği artırdığını göstermişlerdir.

Clarkia breweri Greene ve *Clarkia concinna* Greene Onagraceae familyasına ait Koliforniya eyaletinde iki endemik türdür. Bu türlere ilişkin yapılan çalışmada ana tozlayıcıların farklı olduğu görülmüş, mikrosatellit DNA'larla yapılan çalışmalarda ve kendi kendine tozlaşan çiçeklerden oluşan bireylerin daha az genetik çeşitliliğe sahip olduğu sonucuna varılmıştır. Ayrıca polinatör çeşidine bağlı olarak popülasyonun genetik çeşitlilik oranlarının farklılık gösterdiği belirtilmiştir (Donaldson ve Fan, 2017).

Ülkemizde endemik bitkiler başta olmak üzere birçok türün yayılışı ve tehdit kategorilerine ilişkin durum tespitine yönelik birçok çalışma yapılmıştır. Yapılan literatür taramasına göre çalışmada amaçlanan ve türlerin yayılışlarını dolayısı ile üreme başarısını ortaya koyan çalışmaların, ülkemiz için çok yeni olduğu görülmektedir. Ayrıca çiçekli bitki tozlayıcıları-bitki ilişkileri konusunun detaylı olarak araştırılması ve tozlayıcıların genetik çeşitliliğe etkisi ilk kez bu kadar kapsamlı ele alınmaktadır. Tozlayıcılarla yapılan çalışmaların sonucunda tehlike altındaki bitki türlerinin koruma çalışmalarında belki de böcek tozlaştırıcıların çeşitleri, zararları, davranışları ve sayılarının tespiti kilit rol oynayacaktır. Bu araştırmadan elde edilen sonuçlar, ülkemizin birçok yerinde bulunan ve tehlike altındaki türlerin korunmasına katkıda bulunabilecektir.

Kandemir vd. (2015) Erzincan'a özgü bitkilerin IUCN tehdit kategorileri üzerine detaylı bir araştırma yapmıştır. Yaptıkları çalışmada birçok türün yaşam alanlarının daralmasından ve buna bağlı birey sayılarındaki azalmaları tespit ederek yok oluş seviyelerini güncellemişlerdir. Erzincan'a özgü bitkilerle ilgili yapılan bu çalışmanın

dışında, bu türlerin niçin dar yayılışlı oldukları ve üreme başarılarına ilişkin başka da bir çalışma bulunmamaktadır. Çalışma ile bu yönde bir eksikliğin giderilmesine yönelik veriler de elde edilmiştir.

Erzincan genelinde ile özgü birçok tür bulunmaktadır. Bu türlerin sınırlı yayılışlarında başta üreme başarıları olmak üzere hangi faktörlerin etkili olduğuna dair bazı genel gözlemlerin dışında herhangi bir çalışma bulunmamaktadır. Seçilen türlerden *S. fatmae* CR kategorisinde olup tek popülasyondan bilinmektedir. Türün yaşam alanının kenarına dağ evi ve kayak pisti yapılmıştır. *S. erzincanica* ise EN kategorisinde yer almaktadır. Maden yatakları üzerinde yetişmesi ve ilde yoğun madencilik faaliyetlerinin yapılması nedeni ile popülasyonları risk altındadır. *S. fatmae* türüne göre seyrek bireyler halinde olsa da il içinde daha geniş yayılışa sahiptir. Her iki türe ait üreme başarısının daha önceden belirlenmemiş olması ve yakın akraba iki türden birinin göreceli olarak niçin daha yaygın olduğunun (taksonomik ayrıcalık, tehditlere duyarlılık, tehditlerin büyüklüğü, kurtarılma potansiyeli, çiçek fenolojisi, böcek pollinator ilişkisi ve çeşitliliği, genetik çeşitlilik, tohum canlılık oranı farklılıkları vb.) ortaya konması açısından her iki tür birlikte çalışılmıştır. Bu durum çalışmanın özgünlüğünü artırmaktadır. Bunun yanında her iki tür için de Orman ve Su İşleri Bakanlığı, Doğa Koruma ve Milli Parklar Genel Müdürlüğü tarafından tür koruma eylem planına başlanmıştır.

Ülkemizde bazı lokal endemik türlerin korunmasına yönelik çalışmalar yapılmaktadır. Fakat bunların çok azı türlerin üreme biyolojisi anlaşıldıktan sonra planlanmaktadır. Primack (2012)'a göre koruma çalışmasına başlamadan önce bitki türlerinin başta tozlaştırıcıları olmak üzere diğer türlerle olan ilişkilerinin ortaya konması gerektiği vurgulanmaktadır. Bu tez çalışması ülkemizde koruma çalışmalarına ilişkin bu yöndeki eksikliği gidermesine katkıda bulunacak olması nedeni ile de özgündür. Yine bu çalışmada; dar yayılışlı bir tür yayılışı geniş olan akraba bir türle birlikte ele alınarak sonuçlar kıyaslanmıştır. Böylece türlerden birisinin dar diğerinin daha geniş yayılışlı olmasında polinatör etkisinin araştırılmış olması bakımından da çalışma ülkemizdeki ilk çalışmalar arasında yer almaktadır.

3. GEREKÇE VE YÖNTEM

S. erzincanica ve *S. fatmae* türlerine ait bireyler ve bireylerden elde edilen polen, tohum ve DNA örnekleri araştırmanın temel içeriğini oluşturmaktadır. Ayrıca türlerin yaşam alanı içinde yer alan polinatör ve zararlı böcekler de çalışmada materyal olarak kullanılmıştır. Araştırmanın hedeflerine yönelik iş paketlerini gerçekleştirmek için aşağıda verilen yöntemler takip edilmiştir.

3.1. Populasyonların Yaşam ve Yayılış Alanları

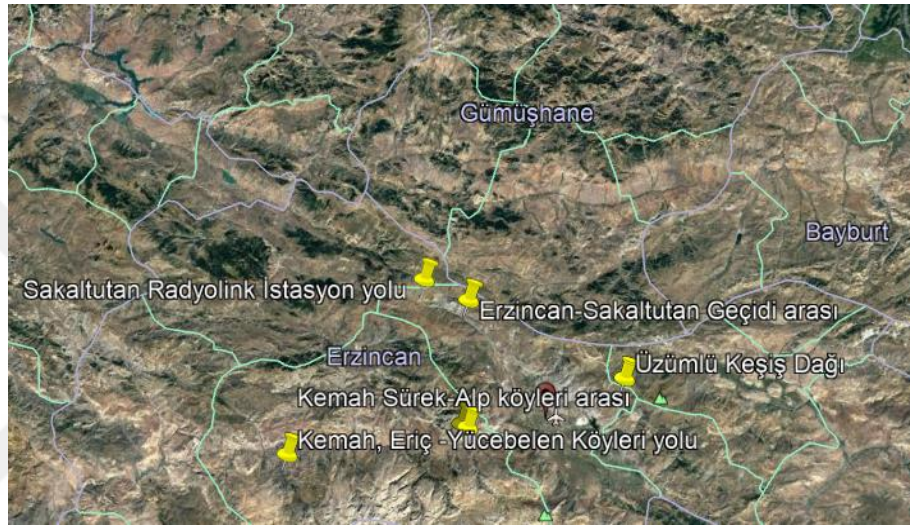
Arazi çalışmaları 2019-2020 vejetasyon dönemlerinde Mart-Ekim aylarını kapsayacak şekilde yürütülmüştür. Türlerin fenolojileri dikkate alındığında Mart-Haziran aylarında *S. erzincanica*, Haziran-Ekim aylarında ise *S. fatmae* türü üzerine yoğunlaşmıştır.

S. erzincanica türünün hem literatür hem de ön arazi çalışmaları sonunda Erzincan-Sivas istikametinde şehir merkezi ile Sakaltutan Geçidi arasında (Şekil 3.1), Kemah ilçesi Beşikli ve Sürek köyleri çevresinde, Kemah ilçesi Eriç-Yücebelen köyleri arasında ve Üzümlü İlçesi, Keşiş Dağı'nda yayılış gösterdiği belirlenmiştir. Tüm lokalitelerde türün dağılımı incelenmiş, Sürek Köyü çevresinden toplamda 10, Keşiş Dağı'ndan 20'den az bireye rastlanmıştır. Eriç-Yücebelen köyleri arasındaki yayılış alanının yol yapımı ile büyük oranda ortadan kaldırılmış olduğu görülmüştür. Populasyonun nispeten daha iyi olduğu Erzincan, Sakaltutan Geçidi güzergâhında 2019 yılında tür izleme alanları oluşturulmuştur. 2020 yılı vejetasyon döneminde bir önceki yıla ait alanda hemen hemen hiçbir bireyin gelişmediği saptanmıştır. İlk deneme alanından kuş uçuşu 2 km Sivas yönünde yeterli bireyin bulunduğu başka bir alt populasyona rastlanmıştır. Bu alt populasyon 2020 yılında ikinci deneme alanı olarak belirlenmiştir. *S. erzincanica* serpantin anakayadan oluşmuş hareketli yamaçlarda havalandırması iyi genç topraklarda yayılış gösterir. Sürek Köyü çevresinde ise killi genç toprakların oluşturduğu yamaçlarda gözlenmiştir.

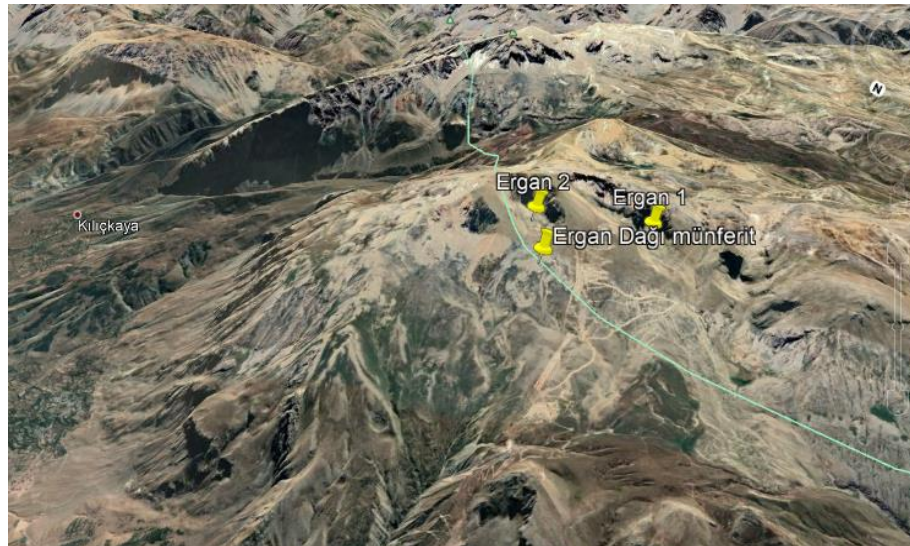
S. fatmae Erzincan Ovası'nın güneyinde bulunan Ergen Dağı'na özgü alpinik bir türüdür. Türün kireçtaşı parçalarının oluşturduğu çöküntülerden müteşekkil kar yataklarında yayılış gösterdiği saptanmıştır. Araştırma sırasında tip lokalitesinin doğu tarafında başka

bir çöküntü alanında da ikinci bir alt populasyonu tespit edilmiştir (Şekil 3.2). Her iki alanda da tür takibi yapılmıştır.

S. erzincanica'da, belirlenen örnek alanlarda birey sayıları tek tek sayılmıştır. Google Earth aracılığı ile türün yayılış alanı km² olarak hesap edilerek örnek alandaki birey sayısı toplam alana oranlanarak yaklaşık populasyon büyüklüğü belirlenmiştir. *S. fatmae* türünün yaşam alanının küçük olması nedeniyle bireyler tek tek sayılarak populasyon büyüklüğü ortaya konmuştur.



Şekil 3.1. *Scrophularia erzincanica*'nın dağılım haritası (Google Earth).



Şekil 3.2. *Scrophularia fatmae*'nin dağılım haritası (Google Earth).

Her iki türün Yaşam Alanı ve Yayılış Alanlarının köşe noktalarından alınan GPS kayıtları kmz uzantılı dosyalara işlenmiş, daha sonra Yaşam Alanı ve Yayılış Alanı büyüklükleri Google Earth kullanılarak hesap edilmiştir. Türlerin habitatlarını paylaşan diğer bitki taksonları da her arazi çalışmasında kayıt altına alınmıştır.

3.2. İklimsel Veriler

Her iki türe ait popülasyonları takip süresince ortamın sıcaklığı, rüzgâr durumu ve havanın kapalı olup olmaması kaydedilmiştir. Ayrıca her iki türe ait izleme alanlarına çok yakın iki noktada bulunan Otomatik Meteoroloji Gözlem İstasyonu (OMGİ) verilerinden yararlanılmıştır. Bu verilerden saatlik, günlük, aylık, yıllık sıcaklık, yağış, nem ve rüzgâr hızı verileri ile polinatör davranışları arasında bir ilişki olup olmadığı değerlendirilmiştir. Bu değerlendirmede arazi çalışmasında polinatörlerin ziyaret saatlerine ilişkin tutulan kayıtlardan yararlanılmıştır. Her iki tür için rüzgâr, yağış, sıcaklık ve nem tabloları ayrı ayrı verilmiş, tablolar üzerinde polinatör yoğunluğuna bakılmaksızın polinatör ziyaretlerinin görüldüğü alanlar gri karelerle gösterilmiştir. Verilerin analizi için ayrıca pasta ve sütun grafiklerden yararlanılmıştır.

3.3. Fenoloji ve Çiçek Morfolojileri

2019 yılı içinde türlerin literatürlerde belirtilen çiçeklenme zamanlarından birer ay önce her iki türün bilinen lokalitelerine ön geziler yapılmıştır. Türlerin taban yapraklarının görülmesinden itibaren düzenli arazi çalışmalarıyla gövde uzamasının başladığı zamanlar, çiçeklenme ve meyvelenme dönemleri takip edilmiştir. Çiçeklenme dönemi boyunca popülasyonlardaki çiçeklenme düzeyleri (bol/orta/az) ve çiçeklenme süresi (gün olarak) kaydedilmiştir. Tutulan kayıtlara ve aşağıdaki ölçütlere dayanarak popülasyonlarda çiçeklenmenin başlangıcı, “en yoğun olduğu”, “sonunda olduğu” ve “tamamlandığı” tarihler saptanmıştır. Meyve gelişiminin başlangıcı olgunlaşmalarına kadar geçen süreler kaydedilmiştir. Olgun meyvelerin belirgin olarak görüldüğü tarihler ve olgunlaşma süreleri not edilmiştir. Popülasyonlardaki herhangi bir fenolojik olayın; bireylerin %10’unda görüldüğünde; başlangıcında, %50 sinden fazlasında görüldüğünde; zirvesinde, %10 undan daha azında görüldüğü zaman; olayın sonuna yaklaşıldığı varsayılmıştır. Fenolojik olay, artık popülasyonun hiçbir bireyinde görülmüyorsa

tamamlandığı kabul edilmiştir. Bu veriler oluşturulan yıllık fenoloji takviminde gösterilmiştir.

Çiçek fenolojisi çalışmalarında tomurcuklar periyodik olarak gözlemlenerek, büyüklük, renk gibi morfolojik karakterlerdeki değişimler, renkleri ve çiçeklerin açılma biçimleri kaydedilmiştir. Anter, filament, stilus uzunluğu ölçülerek, erkek organın pozisyonu (korolladan uzun, kısa gibi) ve çiçeğin rengi ile kokusunun olup olmadığı kaydedilmiştir. Anter açılmalarının zamanı ve süresi belirlenmiştir. Bireylerde dişi ve erkek fazların dönemleri saptanmaya çalışılmıştır. Fenolojik özelliklerin yanında çiçeklere ait morfolojik ölçümler farklı ortamlarda yaşayan iki akraba türün polinatör çeşitliliğinin ve ziyaret sıklıklarında karşılaştırılmasında önemli veri kaynakları olabileceği düşünülerek polinatörler tarafından ziyaret edilen olgun çiçeklerde korolla tüpü derinliği ve çapları ölçülerek kaydedilmiştir (Şekil 3.3).



Şekil 3.3. Arazide çiçek morfolojisi ölçüm çalışmaları.

Yapılan bu işlemlerde populasyonlardan rastgele seçilen bitkilerden 20 açmış çiçek kullanılmıştır. Gerçekleştirilecek tüm ölçümlerin ortalamaları alınarak standart sapma ve standart hataları belirlenmiştir.

Populasyonu temsil edecek şekilde bireylerin gövde sayıları, olgunlukta boyları, çiçek sayıları ve çiçek durumu uzunlukları saptanmıştır. Bireylerin kokulu olup olmadığı, varsa kokunun yoğun olduğu zamanlar kayıt altına alınmıştır. Ayrıca gerek arazi gerek toplanarak herbaryum materyali halinde getirilen örneklerde çiçek durumu özelliklerine ait karakterler kaydedilmiştir. Ortaya çıkan karakterler tablolarla ve R programında analiz edilerek şekillerle gösterilmiştir.

3.4. Polen Morfolojileri, Sayıları ve Canlılık Oranları

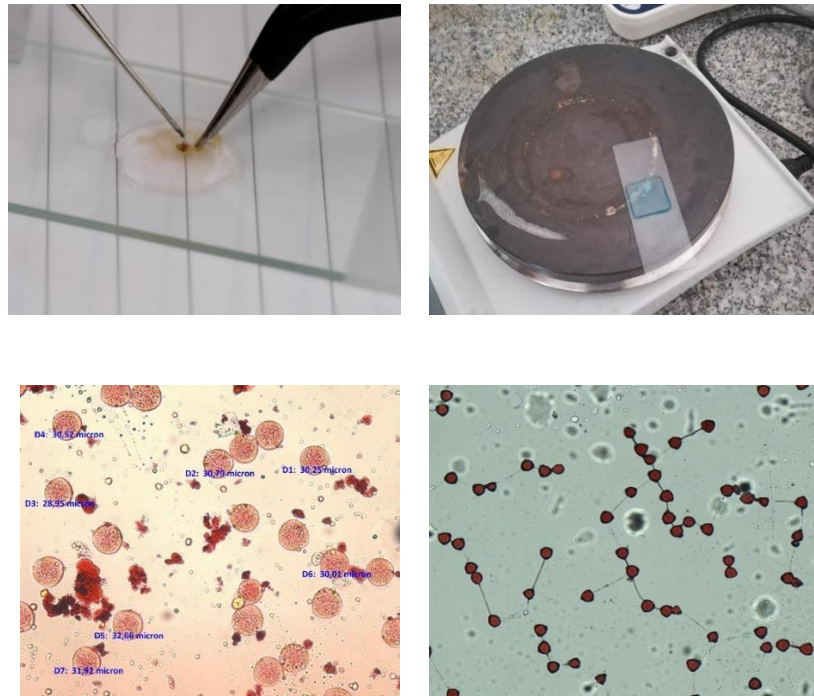
Türlerin polen morfolojileri Özbek (2018) ve Babür ve Kandemir (2019)'den yararlanılarak verilmiştir.

Polen sayılarını belirlemek üzere, asetokarmin boyası, üzerine mürekkebi çıkmayan kalem ile kısa kenarından x yatay eksenine paralel olacak şekilde, 1 mm aralıklarda, yatay çizgiler çizilerek hazırlanan lamlar ve ışık mikroskobu kullanılmıştır (Shivanna ve Tandon, 2014). Her iki bitki türünden alınan olgun fakat açılmamış (açılmak üzere) anter, lamın çizilmemiş yüzeyinde paralel çizgilerin ortasında bulunan küçük bir damla su/asetokarmin içine konmuştur. Anterler iğneyle ezilerek polen tanecikleri anterlerden çıkarıldıktan sonra anter kalıntıları temizlenerek lamel kapatılıp paralel çizgiler arasındaki polen tanecikleri Olympus BX50F4 model mikrokopta 10x objektif altında sayılmıştır (Şekil 3.4). Farklı çiçeklerden ve bitkilerden rastgele alınan en az 10 anterle bu işlem yinelenmiştir. Anter başına üretilen ortalama polen sayısı hesaplanıp, bir çiçekteki ortalama anter sayısı ile çarpılarak, çiçeklerde üretilen ortalama polen sayısı bulunmuştur. Ortalama sayı, standart sapma ve standart hata ile sunulmuştur. Polen canlılığını belirlemede taze açılan anterlerden polenler toplanarak üzerinde 1 damla asetokarmin olan lama dökülerek iğneyle karıştırılmıştır. Lamel yerleştirildikten sonra lam WiseStir MSH-20A model ısıtıcı ile hafifçe ısıtılmış, taşan boya kısımları alınmış, polenlerin parçalanmamasına dikkat edilerek polenlerin boyayı absorbe etmesi için 5 dk + beklenmiştir. Yoğun bir şekilde boyanan polenler verimli, boyanmamışlar, kıvrık ve az boyanmışlar cansız kabul edilmiştir (Şekil 3.5). Canlı ve cansız polen tanelerini en az 10

mikroskopik alanda sayılmıştır. Bu prosedür farklı bitki ve çiçeklerden toplanan en az 10 anterle yinelenerek verimlilik yüzdesi hesaplanmıştır (Shivanna ve Tandon, 2014).



Şekil 3.4. Polenlerin hazırlanıp, ışık mikroskobu altında sayılması.



Şekil 3.5. Polen canlılıklarının tespiti.

3.5. Tohum Morfolojileri, Sayıları, Canlılık Oranları ve Ağırlıkları

Türlerin tohum morfolojileri Özbek vd. (2020) ve Babür ve Kandemir (2019)'den yararlanılarak verilmiştir. Herbir tozlaşma grubuna ait çiçekler önceden torbalandığı için tohumlar dökülmeden toplanmıştır. Daha sonra toplanan tohum sayıları tozlaşma gruplarına göre sayılarak belirlenmiştir. Tohum morfolojileri için Özbek (2018) ve Kandemir vd. (2014)'den yararlanılmıştır.

Tohum canlılık testi için Tetrazolium Testi uygulanmıştır. Bu protokolde TTC solüsyonu kullanılmıştır. Tohumların embriyolarının aktifleşmesi için 24-36 saat suda bekletilmiştir. Islatılmış tohumlar boylamasına ikiye yarılarak embriyolarının açığa çıkması sağlanmıştır. Yarılan tohumlar %1,0/0,5 TTC veya tetrazolium tuzunda oda sıcaklığında 24 saat bekletilmiştir. Reaksiyon nötral ortamda optimum gerçekleştiğinden pH 7'ye ayarlanmıştır. TTC ışığa duyarlı olduğundan inkübasyon karanlıkta yapılmıştır. Laboratuvar sıcaklığı düşük olduğu için inkübasyon 22 °C de Nüve FN500 model iklim kabininde gerçekleştirilmiştir (Şekil 3.6).



Şekil 3.6. Tohum canlılıklarının incelenmesi çalışmaları.

Belirli bir süre sonra kırmızıya dönen tohumlar canlı kabul edilmiştir, renk değişimi olmayanlar cansız kabul edilmiştir (Shivanna ve Tandon, 2014). Tohum canlılık gözlemleri Olympus SZ-PT ve Leica M165C model stereo mikroskoplarda gerçekleştirilmiştir.

Tohumların çok küçük olması nedeniyle her bir tozlaşma grubundan elde edilen 100'er adet tohum Shimadzu ATX224 model hassas terazide topluca tartılmıştır (Şekil 3.7). Elde edilen toplam ağırlık tohum sayısına bölünerek ortalama ağırlık hesap edilmiştir.

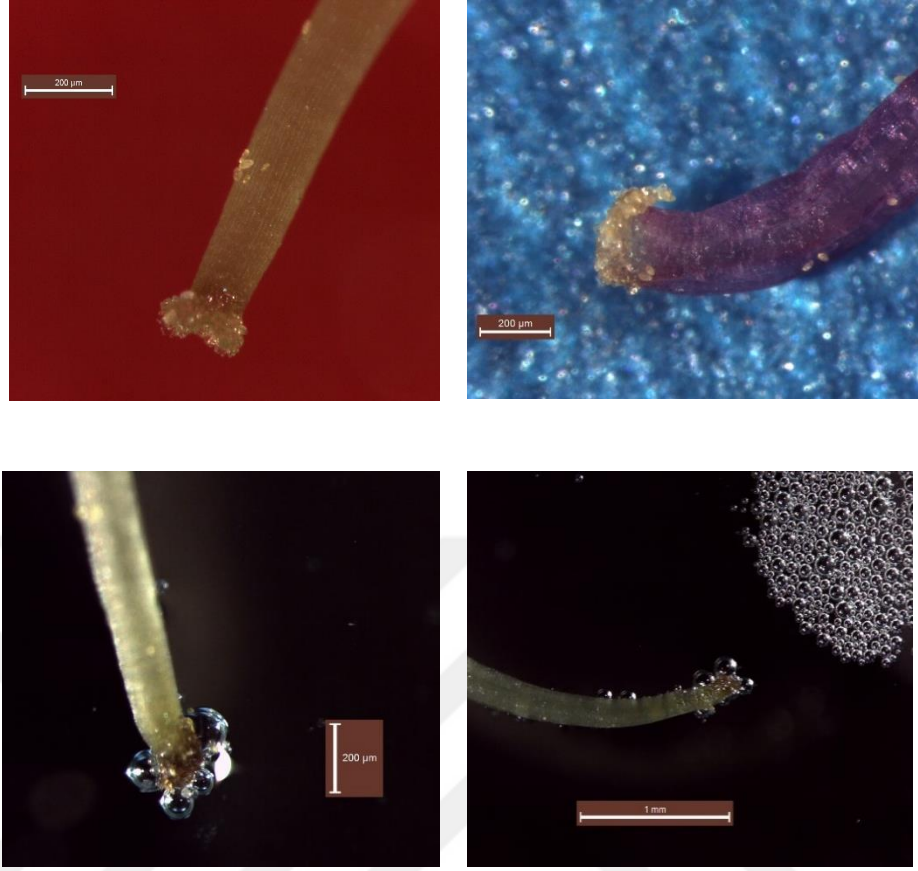


Şekil 3.7. Tohum ağırlıklarının belirlenmesi.

3.6. Stigma ve Stilus Morfolojileri

Yeni açmış çiçekler toplanıp dişi organlar çıkarılarak, stigmada eksüda varlığına/yokluğuna göre, kuru veya nemli tipte olup olmadığına bakılmış, stigmaların papillalı veya papillasız oldukları saptanmıştır.

Stigma alıcılığını belirlemek için Dafni ve Maués (1998)'in belirttiği yöntemle göre %6'lık hidrojenperoksit etkisi ile stigmadan kabarcık çıkması durumu gözlemlendi. Kabarcık oluşturan stigmalar alıcı kabul edilmiştir (Şekil 3.8). Gözlemler Leica M165C ve Olympus SZ-PT 60 model stereo mikroskoplarda gerçekleştirilmiş ve görüntüler dijital olarak kaydedilmiştir.

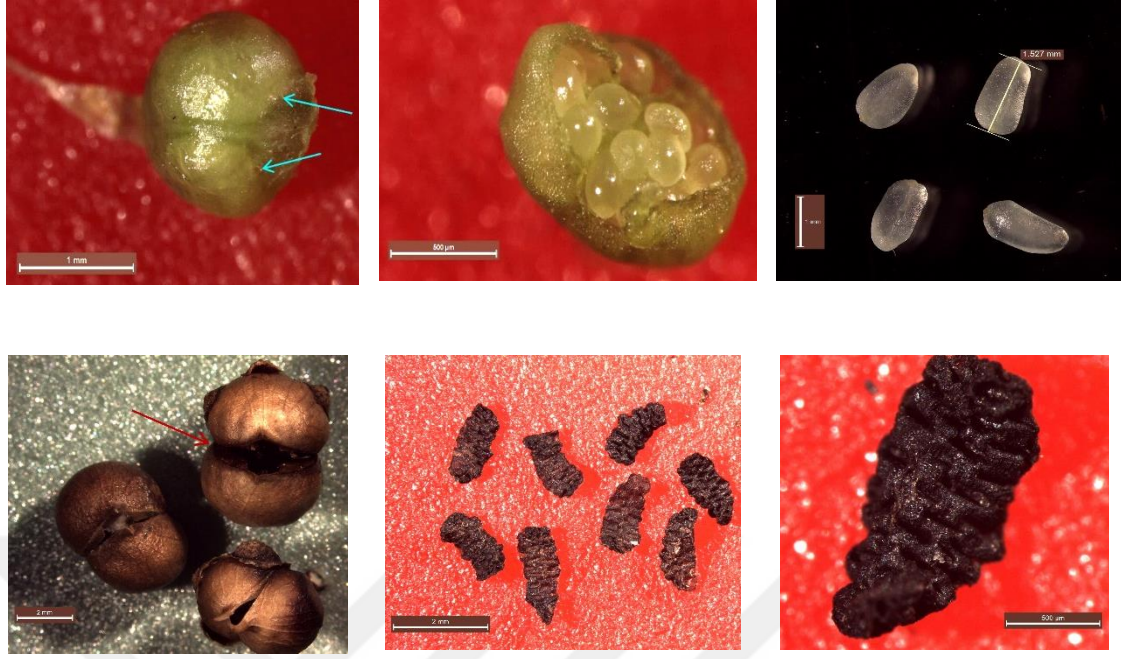


Şekil 3.8. Stigma yapısı ve canlılık tespiti çalışmaları (Üstte papilla, altta alıcılık).

3.7. Tohum Taslağı ve Olgun Tohum Sayıları

Tohum taslaklarını belirlemek üzere, yeni açmış çiçeklerden toplanıp ovaryumlar çıkarılarak boyuna jiletle 4-8 parçaya ayrılmıştır. Ağzı geniş cam şişeye/saat camına içinde bir damla deterjan bulunan 2-4 ml su konularak, yumurtalığın bir parçası alınmış, stereomikroskop altında tüm tohum taslakları şişeye dökülmüştür. Yumurtalık parçalarının duvar kısmı çıkarılarak tohum taslakları stereo mikroskop altında sayılmıştır. Bu prosedür 10 yumurtalık için tekrar edilerek, ortalama tohum taslağı ve yumurtalık sayısı Leica M165 C stereo mikroskopta 8x büyütme ile bulunmuştur (Şekil 3.9).

Bitki vejetasyon dönemini tamamladığında ise olgun tohumlar toplanarak aynı şekilde stereo mikroskop altında olgun tohumlar sayılmıştır.



Şekil 3.9. Tohum taslaklarının (üstte) ve olgun tohumların sayımı.

3.8. Nektar Hacimleri ve Nektardaki Toplam Şeker Yoğunlukları

Bu işlemde arazide polinatörlere 2 gün süreyle tül torbalarla kapatılan çiçek durumlarından alınan saplı çiçekler, içinde buz kalıpları bulunan izolasyonlu kutularla laboratuvar ortamına taşınmıştır. Olympus SZ-PT model stereo mikroskop altında kapiler tüpler (1–2 μ l) kullanılarak korolla tabanında birikmiş nektarlar toplanarak hacimleri belirlenmiştir. Bu amaç için Einmal-Kapillar pipetler kullanılmıştır. Refraktometre kullanılarak nektarların sukroz oranları belirlenmeye çalışılmıştır (Şekil 3.10). Bu işlemde Shivanna ve Tandon (2014) yöntemi takip edilmiştir.



Şekil 3.10. Nektar ölçümlerinin yapılması.

3.9. Polinatörler / Tozlayıcılar

S. erzincanica'da arazi çalışmalarına, Nisan ayının 2. haftası başlayıp, Haziran'ın ilk haftasına kadar devam edilmiştir. Çiçeklenme dönemi süresince 09.00-17.00 saatleri arasında türü ziyaret eden polinatörler ve diğer böcekler gözlenmiştir. Atrap ve aspiratör yardımıyla tür üzerinde ve çevresinde bulunan böcek örnekleri toplanmıştır (Şekil 3.11). Korolla tüpünden içeri uzanarak nektar alan ve çiçek kısımlarına tutunarak polen toplayan böcekler polinatör olarak kabul edilmiştir. Arazi çalışmasında toplanan böcekler polietilen torbalara konularak laboratuvara araç içi buz kutularında taşınmıştır (Şekil 3.11). Bazen de örnekler %70'lik alkolde muhafaza edilerek laboratuvara ulaştırılması sağlanmıştır.



Şekil 3.11. Araziden böceklerin toplanması ve muhafaza edilmesi.

Çiçeklere ve polinatörlere ait fotoğraflar ve video kayıtları Canon Eos 5D Mark IV kamerada 58 mm makro lens kullanılarak çekilmiştir. Fotoğraf ve video kayıtlarının çözülmesiyle nektar alıcı ve polen toplayıcı böcekler teyit edilmiştir. Polinatörleri izleme saatleri hem araştırmanın ilk günlerinde yapılan ön arazi çalışmaları, hemde *Scrophularia* cinsi ile ilgili yapılmış polinasyon çalışmalarından (Olivencia ve Alcaraz

1993a ve 1993b; Thomson, 2019) yararlanılarak belirlenmiştir. *Scrophularia* çiçeklerinde çiçeklenme başlangıcında stilusun dışarıda, anterlerin içerde olduğu safha ‘dişi faz’, anterlerin korolla dışına çıktığı safha ‘erkek faz’ olarak bilinmektedir (Lopez vd., 2016). Polinatörlerin çiçek ziyaretlerinde ziyaret edilen çiçeklerin hangi fazda olduğu da kaydedilmiştir. Deneme alanlarında bitki üzerinde bulunan böceklerin izlenmesi polinatörlerin ziyaret saatleri ile sınırlı tutulmuştur. Bu süre içerisinde bitkinin herhangi bir kısmını yiyen ve tohum sayımı esnasında meyve içine yerleşerek tohum sayısını azalttığı tespit edilen böcekler zararlı olarak kabul edilmiştir.

Laboratuvara getirilen materyaller iğnelenip etiketlenmiştir (Şekil 3.12). Böcek teşhisleri Özbek (1979), Dikmen ve Aytekin (2011), Kostal ve Caldara (2019), Sert ve Çağatay (1999) ve Ecevit ve Mennan (2000)’a göre Dr. Engin Kılıç tarafından yapılmıştır. Böcek teşhisleri için Erzincan Bahçe Kültürleri Araştırma Enstitüsü entomoloji laboratuvarında bulunan Leica M165C model stereo mikroskop kullanılmıştır.



Şekil 3.12. Böceklerin iğnelenip etiketlenmesi.

Çiçeklenme dönemi boyunca bitki tarafından yoğun ve hoş olmayan bir koku yayılmaktadır. Kokunun yoğunluğu rüzgârsız ve yağmursuz havalarda polinatörlerin ziyaret saatleriyle örtüşecek şekilde arttığından gözlem süresince koku yoğunluğuna bağlı olarak böcek davranışları kaydedilmeye çalışılmıştır. *S. fatmae* türünün polinatörlerini belirlemeye yönelik de aynı metod kullanılmıştır. Bu türde de çiçeklenme süresince polinatör gözlemleri gerçekleştirilmiştir.

3.10. Polinatör Ziyaret İndeksi

Bu gözlemlerde çiçekleri ziyaret eden polinatörler ve çiçekte kalış süreleri kaydedilmiştir. Polinatör ziyaret indeksinin (PZİ) hesap edilmesinde Albano vd., (2009)'nin yöntemi kullanılmıştır. Bu yöntemde $(PZİ) = \text{Polinatör Aktivite Oranı (PAO)} \times \text{Polinatör Ziyaret Frekansı (F)}$ formülüne göre her bir polinatör için ayrı ayrı hesap edilmiştir. Polinatör etkinliğini belirlemeye yönelik başka yöntemler de kullanılmaktadır (Herrera, 1990; Bharti, 2015).

Ne'eman vd. (2010) polinatör verimliliğinin ve etkinliğinin belirlenmesinde farklı yöntemlerin kullanıldığını, bu yöntemlerin, daha çok stigmaya ulaştırılan polen miktarı ve polinatör davranışına ait parametrelerle ölçülmesine dayanan iki grupta yoğunlaştığını belirtmişlerdir. İnceledikleri yayınlarda onlarca farklı durumla karşılaştıkları da ifade edilmiştir.

Polinatör davranışları üzerinden bir değerlendirme yapılacaksa polinatörlerin herhangi bir zamanda ziyaret ettikleri çiçeklerin nektar ve polen gibi ödül kapasitelerindeki farklılıklar, çiçeğin fazlarının durumu ve birbirine oranı, dişi-erkek fazların süresi, çiçeğin konumu gibi değişkenler nedeniyle polinatör etkinliğinin bitkinin hayat döngüsünde polinatör aktivitelerinin olduğu periyotları da içerecek şekilde daha uzun zamanı kapsamasının daha gerçekçi olacağı ifade edilmiştir. Bu nedenle araştırmada, her bir polinatörün ziyaret frekans yüzdelerini hesap ederken polinatörlerin gözlemlendiği tüm günlerde toplam ziyaret sayıları içinde ilgili polinatörün ziyaret yüzdeleri belirlenmiştir.

Her bir tür için Polinatör Aktivite Oranı olarak çiçekte geçirilen sürelerin sn olarak ortalamaları alınmıştır. Arazi çalışmalarında her bir polinatör için saatlik ziyaret sayıları polinatörlere göre 0: ziyaret yok; 1: nadiren ziyaret var (bir saat içinde polinatörlerin

seçilen bitkiyi ziyaret sayısı 10’dan az); 2 yoğun ziyaret (bir saat içinde polinatörlerin seçilen bitkiyi ziyaret sayısı 10-20 arası); 3 çok yoğun şekilde (bir saat içinde polinatörlerin seçilen bitkiyi ziyaret sayısı 20’den fazla) ifade edildi. İlgili ziyaret saatleri tablolarda gri ve siyah tonlarda ziyaret yoğunluğu ile ilişkili olarak gösterildi. Polinatörlerin ziyaret frekanslarına göre saat başı ziyaretler grafiklerle görselleştirilerek türlerin hangi saatlerde polinatörler tarafından ne sıklıkla ziyaret edildikleri anlaşılmaya çalışılmıştır.

3.11. Farklı Polinasyon Uygulamalarının Türlerin Üreme Başarılarına Etkisi

Farklı polinasyon uygulamaları için popülasyonlardan seçilen farklı bireylerde anomali görülmeyen iek tomurcukları 5 farklı tozlaşma grubu oluşturulacak şekilde işaretlenmiştir. Uygulama grubunun çeşidi, sudan etkilenmeyen kalemeler kullanılarak ilgili bireyin gövdelerine sabitlenmiştir (Şekil 3.13).

Her bir etikete türün adı, çiçeklenme başlangıç tarihi, kontrol grubunun adı, iek sayısı bilgileri yazılmıştır. Oluşturulan gruplar, “serbest tozlaşma”, “kendine tozlaşma (otogami)”, “apraz tozlaşma (ksenogami)”, “geitonogami” ve “apomiksis” olmak üzere 5 gruba ayrılmışlardır. S. erzincanica’da bu çalışmalara mayısın ilk haftası, S. fatmae türünde ise temmuz ayının ilk haftalarında başlanmıştır. Uygun evrelerde ve yeterli sayılarda (popülasyonlardaki birey sayılarına bağlı olarak) iek tomurcukları (iek ve anter açılmalarından hemen önce) seçilmiştir. Her bir grupta aralarında en az 5 m mesafe olan 10 birey işaretlenerek düzenli olarak takipleri yapılmıştır.

Bu beş grup tomurcuklardan 1. gruba herhangi bir işlem yapılmamış serbest tozlaşma grubu olarak seçilmiştir. 2. grup kısırlaştırılmadan (otogami) 3. ve 4. Gruplar (ksenogami ve geitonogami) kısırlaştırıldıktan sonra hava ve ışık geçiren fakat böceklerin geçişine izin verilmeyen tül torbalarla kapatılmış 5. grup ise yine kısırlaştırılıp üzeri kapatılarak apomiksis kontrol grubu olarak belirlenmiştir.



Şekil 3.13. Farklı polinasyon gruplarının oluşturulması, *S. erzincanica* (sol), *S. fatmae* (sağ).

3.12. Türlerin Üreme Sisteminin Analizi

Bu analizde daha önceki protokollerden elde edilen bir çiçekteki ortalama polen sayısı, ortalama tohum taslağı sayısı bölünerek elde edilen sonuçlar yorumlanmıştır. Türlerin üreme sistemleri, bir çiçekteki ortalama polen/tohum taslağı oranı belirtilen aralıklara göre 2,7–5,4 aralığında ise “kleistogam”, 8,1–39 aralığında ise “zorunlu otogam”, 31,9–396 aralığında ise “fakültatif otogam”, 244,7–2,588 aralığında ise “fakültatif ksenogam”, 2,108–195,525 aralığında ise “zorunlu ksenogam” varsayılmıştır (Cruden,1977; Shivanna ve Tandon, 2014).

Kendileşen çiçeklerdeki kendine uyuşmazlık indeksleri (ISI) hesaplanmıştır (Zapata ve Arroyo, 1978). ISI (Kendileşen çiçeklerde tohum tutumu yüzdesi/çaprazlaşan çiçeklerde tohum tutumu yüzdesi) ile bulunmuştur. Türlerdeki ISI değeri, Türler, ISI=1 veya ISI>1 olduğunda “tam kendine uyuşan” oldukları varsayılmıştır. ISI>0,2 ancak ISI<1 “kısmi kendine uyuşan” ve ISI<0.2 veya ISI=0 olduğunda “kendine uyuşmaz” varsayılmıştır.

Kendileşme oranları ise (PX-PO/PX-PS) PX= Çapraz tozlaşan çiçeklerde ortalama tohum tutumu, PO= Açık tozlaşan çiçeklerde ortalama tohum tutumu, PS= Kendileşen çiçeklerde ortalama tohum tutumu olmak üzere Charlesworth (1988)’e göre belirlenmiştir.

3.13. Genetik Çeşitlilik

DNA incelemelerinde kullanılan sağlıklı yaprak örnekleri *S. erzincanica* türü için Kemah, Erzincan-Sakaltutan arasından ve Sakaltutan Radyolink popülasyonu olmak üzere 3 farklı lokaliteden, *S. fatmae* ise Erğan Dağı’nda 2 farklı lokaliteden 2019-2020 yıllarında toplanmıştır.

Aralarında en az 10 m olacak şekilde sağlıklı bireylerden elde edilen yaprak örnekleri alüminyum folyolara sarılarak ve buz kutularına alınarak Temel Uygulama ve Araştırma Merkezi laboratuvarında Haier DW-86L628 model ultra düşük ısı buzdolabında analiz gününe kadar -80 C⁰ de muhafaza edilmiştir. Daha sonra popülasyonların genetik çeşitliliğini belirleme çalışmalarına başlanmıştır. Çalışmada kullanılan araç ve gereçler Tablo 3.1’de ve Şekil 3.14’te belirtilmiştir.

Tablo 3.1. Kullanılan cihazlar ve modelleri.

Cihazlar	Modelleri
Otoklav	Hirayama, JAPAN, HVE 50, SN 030787253
Soğutmalı Santrifüj	Hettich, Mikro 22R, M10, SN 0001279-03-00
Santrifüj	Hettich, GERMANY, EBA-20
PCR	Corbett Research CG1-96, AUSTRALIA
Elektroforez Akım Sağlayıcı	OWL OSP300-2Q, U.S.A.
Jel Görüntüleme Sistemi	DNR BioImaging Systems MiniBis Pro, ISRAEL
Su Banyosu	Memmert WNB14, GERMANY
Otomatik Pipetler	Eppendorf, GERMANY
Nanodrop	Qiagen/Qiaxpert 200061 24V F 2.5A
Magnetik Karıştırıcı	Daihan Scientific MSH 20A, KOREA
pH Metre	InoLab pH730 wtw Series, GERMANY
Derin Dondurucu	Nuarie, U.S.A., -86 Ultralow Freezer, SN P07K-476316-PK
Hassas Terazı	Mettler Toledo AL204, CHINA
Buzdolabı	Arçelik, TÜRKİYE, 8190NF
Saf Su Cihazı	GFL 2004, GERMANY
Steril Kabin	Esco AC2-4E1, SINGAPORE
Mikrodalga Fırın	Arçelik, TÜRKİYE, MD 592
Kar makinesi	Scotsman, U.S.A., AH 19828 5
Etüv	Memmert, UN55
Vortex	Velp Scientifica, F202A0173
Sıvı azot tankı	Termo, Electron Corporation



Şekil 3.14. DNA araştırmalarında kullanılan araç ve gereçler.

Çalışmalar sırasında kullanılan çözeltiler;

Çalışmada kullanılan çözelti, solüsyonlar ve hazırlanış şekilleri aşağıda belirtilmiştir.

%10'luk NaOCl: Ticari ABC marka çamaşır suyundan 100 ml alınarak hacim 1000 ml'ye tamamlanmıştır.

%75'lik etil alkol: %100'lük etil alkolden (Sigma, 32205) 750 ml alınmış ve toplam hacim distile su ile 1.000 ml'ye tamamlanmıştır.

1M Tris-HCl çözeltisi: 121,1 g Tris-base (Sigma, Tris-Ro) 700 ml saf suda çözündürülüp pH'ı HCl ile ayarlanarak hacmi 1.000 ml'ye tamamlanmış ve otoklavlanmıştır.

0,5 M EDTA çözeltisi:136,1 g EDTA (Sigma, EDS) 800 ml suda çözündürölüp pH'ı NaOH• ile ayarlanarak hacmi 1000 ml'ye tamamlanmış ve filtreden geçirilerek otoklavlanmıştır.

5 M NaCl çözeltisi:146,1 g NaCl (Sigma, S7653) 450 ml suda çözündürölüp hacmi 500 ml'ye tamamlanmıştır.

1X TE buffer çözeltisi:1 M Tris-HCl'den 100 ml, 0,5 M EDTA'dan 20 ml alınarak üzeri 880 ml dH₂O ile 1.000 ml'ye tamamlanarak otoklavlanmıştır. 1X TE buffer çözeltisi için bu stok solüsyondan 100 ml alınıp saf suyla 1000 ml'ye tamamlanmıştır.

3 M sodyum asetat çözeltisi:40,8 g sodyum asetat (Sigma, S8625) 80 ml ultra saf suda iyice eritilmiş ve pH=5,2 oluncaya kadar glasiyel asetik asit eklenerek toplam hacim 100 ml'ye tamamlanmıştır.

250 mM amonyum asetat çözeltisi:19,3 g amonyum asetat (Sigma, A1542) 200 ml saf su içerisinde çözölerek hacmi 250 ml'ye tamamlanmıştır.

DNA ekstraksiyon tamponu: DNA ekstraksiyon tamponu hazırlamak için aşağıdaki kimyasallar sırayla eklenmiş ve 50 örnek için hacim saf su ile 50 ml'ye tamamlanmıştır.

*1 g toz CTAB (Setil trimetil amonyum bromür) (Sigma, H9151)

*0,5 g (%0,1) Sodyum bisölfit (NaHSO₃ ve Na₂S₂O₅ karışımı) (Sigma, 243973)

*0,25 g PVP (Polivinilpirolidon) (Sigma, PVP40)

*5 ml Tris-HCl (1 M)

*14 ml NaCl (5 M)

*2 ml EDTA (0.5 M)

*0,1 ml (%0,2) β-merkaptoetanol (v/v) (Sigma, M6250)

Proteinaz K:10 mg/ml olacak şekilde hazırlanmıştır (Sigma, P2308).

Ribonükleaz (RNaz):10 mg/ml olacak şekilde hazırlanmıştır (Sigma, R6513).

%70'lik etil alkol:700 ml saf etil alkolün (Sigma, 32205) hacmi steril distile su ile 1000 ml'ye tamamlanmıştır.

3.13.1. DNA izolasyonu

DNA izolasyonunda aşağıda verilen basamaklar sırasıyla uygulanmıştır:

- a. Sıvı azotta ezilip 2 ml'lik eppendorf tüplere alınan her bir bitki örneği üzerine 1000 µl DNA ekstraksiyon tamponu eklenmiştir. Önceden 65°C'ye ısıtılmış su banyosunda 60 dk bekletilen tüpler arada bir alt üst edilerek karıştırılmıştır.
- b. 12.000 xg ve 4°C'de 10 dk santrifüj sonunda üst faz temiz bir tüpe aktarılmıştır.
- c. Her bir tüpe 1000 µl Fenol: Kloroform: İzamil alkol eklenerek alt üst edilmiştir. 12000 g ve 4°C'de 5 dk. santrifüj sonunda üst faz dikkatli bir şekilde temiz bir tüpe aktarılmıştır.
- d. Her bir tüpe 1000 µl Kloroform: İzamil alkol eklenerek birkaç kez alt üst edilmiştir. 12.000 xg ve 4°C'de 5 dk. santrifüj sonunda üst faz dikkatli bir şekilde temiz bir tüpe aktarılmıştır.
- f. DNA'yı çöktürmek için 0,5 hacim soğuk izopropanol eklenerek -20°C'de 10 dk. bekletilmiştir.
- g. 12.000 xg ve 4°C'de 10 dk. santrifüj sonunda üst faz dökülmüştür.
- h. Pelet önce %100'lük sonra %70'lik soğuk etanol ile yıkanmıştır.
- i. Yıkanan pelet bir gece oda ısısında bekletilerek kurutulmuştur.
- j. Kurutulan DNA'nın 100 µl TE tamponunda çözülmesi sağlanmıştır.
- k. Kullanılncaya kadar -20°C'de saklanmıştır.

DNA'nın Kalitatif ve Kantitatif Tayini

Elde edilen DNA'ların spektrofotometrede 260 nm ve 280 nm dalga boylarında absorbans (A) değerleri okunmuştur. Konsantrasyonları 165 ile 1737 arasında değişen ve OD (okuma değeri) 260/280 değeri 1,7-1,99 arasında olan saf DNA'lar elde edilmiştir. Ayrıca DNA'ların %0,8'lik agaroz jelde yürütülerek kantitatif tayini yapılmıştır.

ISSR

ISSR Primerleri

Çalışmada her tür için sonuç veren toplam 10 ISSR primeri (Operon Technologies Inc., Alameda, CA, USA) kullanılmıştır. Kullanılan primerlerin baz dizileri, bağlanma sıcaklıkları ve hangi türde yanıt verdiği Tablo 3.2'de verilmiştir.

Tablo 3.2. ISSR primerleri baz dizilimleri ve DNA'ya yapışma sıcaklıkları (Y= C, T).

Primer adı	Baz dizilimi (5' – 3')	DNA'ya yapışma Sıcaklıkları (°C)
UBC 808	AGA GAG AGA GAG AGA GC	52°C
UBC 809	AGAGAGAGAGAGAGAGG	52°C
UBC 811	GAG AGA GAG AGA GAG AC	52°C
UBC 823	TCT CTC TCT CTC TCT CC	52°C
UBC 827	ACA CAC ACA CAC ACA CG	52°C
UBC 834	AGA GAG AGA GAG AGA GYT	52°C
UBC 855	ACA CAC ACA CAC ACA CYT	52°C
UBC 874	CCC TCC CTC CCT CCC T	51°C
UBC 881	GGG TGG GGT GGG GTG	60°C
UBC 895	AGA GTT GGT AGC TCT TGA TC	42 °C

3.13.2. PCR protokolü

PCR işlemi için şu protokol izlenmiştir; 0,2 ml'lik tüpe 2 µl 10X PCR tamponu, 0,5 µl dNTP (10 mM), 2 µl MgCl₂ (25 mM), 1 µl DNA (50 ng/µl), 1 µl primer (100 pmol), 0,5 µl *Taq* DNA polimeraz (5 Unit/µl, Sigma D6677) ve 13 µl saf su ilave edilerek hacim 20 µl'ye tamamlanmıştır.

Yukarıda verilen standart değerlere göre her bir örnekten izole edilen genomik DNA ve Tablo 3.2'de verilen ISSR primerleri ile her bir örnek için ayrı PCR tüpü hazırlanmıştır. Bu işlemlerin ardından örnekler PCR otomatik termodöngü aletine (Corbatt Mastercycler Gradient Authorized Thermal Cycle) yerleştirilmiş ve aşağıdaki döngüye tabi tutulmuştur.

- 1) PCR aleti otomatik olarak 5 dakika 94°C tutmuş,
- 2) 4 döngü olacak şekilde sırasıyla,
 - a. 1 dakika 30 saniye 94°C
 - b. 1 dakika 30 saniye 37°C
 - c. 3 dakika 72°C'de tutmuş,

- 3) 38 döngü olacak şekilde sırasıyla,
 - a. 1 dakika 94°C
 - b. 1 dakika --°C (Her primer için değişken sıcaklık)
 - c. 1 dakika 42°C
 - d. 3 dakika 72°C’de tutmuş,
- 4) Son olarak 7 dakika 72°C tutarak süreç tamamlanmıştır.
- 5) PCR aletinden çıkarılan örnekler 4°C’de saklanmıştır.

Agaroz jel elektroforezi

PCR işleminden sonra örnekler agaroz jel elektroforezinde yürütülmüş ve oluşan bantlara göre primerlerin hibridize olup olmadığı tespit edilmeye çalışılmıştır. İşlem sırası aşağıdaki gibidir;

- a. Jel içerisinde agarozun konsantrasyonu %1,5 konsantrasyon olacak şekilde agaroz tartılıp 0,5 X TBE tamponu içerisinde mikrodalga fırında hazırlanmıştır.
- b. Mikrodalga fırından çıkarılan 0,5 X TBE + agaroz çözeltisi içerisinde 0,5 µg/ml olacak miktarda Et-Br eklenmiştir.
- c. Hazırlanan jel katılaşmadan elektroforez tankına dökülmüş ve donmadan önce jel üzerine tarak konularak örneklerin yükleneceği kuyucuklar oluşturulmuştur.
- d. Jel donduktan sonra her bir kuyucuğa ayrı bir örnek (3µl bromfenol mavisi + 7µl PCR ürünü) yüklenmiştir.
- e. Elektrik akımı verilerek 70V–150 dk. süre ile PCR ürünleri elektroforez işlemine tabi tutulmuştur. İki saat sonunda elektrik akımı kesilmiştir.
- f. Elektroforez tankından çıkarılan jel UV ışık altında incelenmiş ve fotoğrafları çekilmiştir.

DNA izolasyonu, PCR protokolü ve jel elektroforez çalışmalarına ait görseller Şekil 3.15’te görülmektedir.

Veriler genetik ile ilgili istatistiksel analizleri yapmak için kullanılan POPGENE dosya formatına dönüştürüldü. Elde edilen veriler popülasyon genetiği analizi için POPGENE sürüm 1.32 (Yeh vd.,1997) yazılım paketi kullanılarak analiz edildi.



Şekil 3.15. DNA izolasyon, PCR ve elektroforez çalışmaları.

3.14. İstatiksel Analizler

Her iki türe ait arazi ve laboratuvar çalışmalarından elde edilen özellikler (ölçümler, sayılar ve kategorik özellikler) kullanılarak Kümeleme Analizi yapılmıştır. Kümeleme

analizleri için R istatistiksel analiz programı versiyon 3.6.1 (R Development Core Team, 2020) kullanılmıştır; analizler ve grafik çizimleri için R programı için yazılmış olan “vegan”, “ggplot”, “factoextra” uygulama paketlerinden faydalanılmıştır. Temel bileşen analizi (PCA) için hesaplamalar, iki *Scrophularia* türüne ait bireyler için örnekler üzerinden arazide veya laboratuvarında ölçülen özellikleri ile oluşturulan veri kümesinin ölçeklenmiş hali kullanılarak yapılmıştır.

Polinatör büyüklüğünün türler arasında karşılaştırılması için polinatörlerin toplam uzunluklarını karşılaştırmak, analizler ve grafik çizimleri ile farklılıklarını ortaya koymak amacıyla R istatistiksel analiz programı versiyon 3.6.1 (R Development Core Team, 2020) kullanılmıştır. Burada toplam uzunluk, polinatör büyüklüğünün bir fonksiyonu olarak alınmıştır. Toplam uzunluk ölçümlerinin bitki türleri arasında farklı olduğunu göstermek amacıyla kutu grafiklerinden (Tukey) yararlanılmıştır; ayrıca parametrik olmayan bir U-testi (Mann-Whitney) ile *S. fatmae* polinatörü *Bombus niveatus* ölçümleri, *S. erzincanica* polinatörü böcek türlerine ait ölçümlerle karşılaştırılmıştır. Elde edilen bulgular her iki türün polinatör çeşitliliğini yorumlamada kullanılmıştır.

4. BULGULAR

4.1. Yaşam ve Yayılış Alanları

4.1.1. *Scrophularia erzincanica*'nın yaşam ve yayılış alanı

Bir türün Yayılış Alanı (Extent of Occurrence), rastlantısal olanların dışında, bir taksonun bulunduğu bilinen, çıkarsanan veya öngörülen bütün noktaları içine alacak şekilde çizilebilecek en kısa sınırların içinde kalan alan olarak tanımlanır. Yaşam Alanı (Area of Occupancy), bir taksonun yayılışının içinde kalan ve rastlantısal olanların dışında, o taksonun yaşadığı (doldurduğu, kullandığı) alan olarak bilinir (IUCN, 2012). *S. erzincanica* 'nın Yayılış Alanı büyüklüğü 1196,7 km² ve Yaşam Alanı büyüklüğü 44 km² olduğu hesap edilmiştir. Türün yayılış alanına ait koordinatlar Tablo 4.1'de verilmiştir.

S. erzincanica'da ergin bireylere göre populasyon büyüklüğünün toplamda yaklaşık olarak 2.500 ergin birey olduğu hesap edilmiştir. Serpentine özgül *S. erzincanica*'nın yetiştiği rakım aralığının 1200-2000 (-2800) m olduğu belirlenmiştir. *S. erzincanica*'nın yaşam alanında dağılımının seyrek ve havalandırması iyi yamaç toprağına bağlı olarak düzensiz dağılım gösterdiği anlaşılmıştır (Şekil 4.1). Türde 2019 ve 2020 yılları arasında ciddi derecede populasyon dalgalanması belirlenmiştir. Daha önceki çalışmaların aksine (Lall ve Mill, 1978; Uzunhisarcıklı vd., 2015) tek yıllık olduğu anlaşılan *S. erzincanica*'nın ilk yıl tür izleme alanı olarak seçilen bölgede 2020 yılında hiçbir bireyin ortaya çıkmadığı görülmüştür.



Şekil 4.1. *Scrophularia erzincanica* türünün yaşam alanından bir görünüm.

S. erzincanica ile aynı ortamı paylaşan bitki taksonları: *Aethionema grandiflorum* Boiss. & Hohen. (kocakayagülü), *Aethionema membranaceum* (Desv.) DC. (eteklikayagülü), *Amelanchier rotundifolia* (Michx.) M. Roem. (tüylükaragöz), *Anarrhinum orientale* Benth. (süpürgeotu), *Anchusa leptophylla* Roem. & Schult. (ballık), *Berberis vulgaris* L. (kızılkaramuk), *Beta trigyna* Waldst. & Kit. (kırpazısı), *Bilacunaria microcarpa* (M. Bieb.) Pimenov & V. N. Tikhom. (Sarunotu), *Bromus cappadocicus* Boiss. & Balansa (perikılcanı), *Centaurea carduiformis* DC. (Palaz kavkalaz), *Centranthus longiflorus* Steven (mahmuzçiçeği), *Cerasus angustifolia* (Spach) Browicz (kızılkiraz), *Chondrilla juncea* L. (karakavuk), *Clematis vitalba* L. (akasma), *Coronilla orientalis* (alakörigen), *Cotinus coggygria* Scop. (boyacısumağı), *Crataegus orientalis* Pall. ex M. Bieb. (Alıç), *Daucus carota* L. (yabanihavuç), *Echinophora chrysantha* Freyn & Sint. (yıldızçördüğü), *Euphorbia denticulata* Lam. (karasütlük), *Euphorbia macroclada* Boiss. (neblul), *Euphorbia peplus* L. (bahçesütleğeni), *Euphorbia virgata* Waldst. & Kit. (Sütleğen), *Ferulago longistylis* Boiss. (dişikişniş), *Ferulago pauciradiata* Boiss. & Heldr. (eteklikişniş), *Festuca sclerophylla* Boiss. ex Bisch. (maviyumak), *Fritillaria crassifolia* Boiss. & A. Huet (boynubükük), *Fumana aciphylla* Boiss. (kırğüneşotu), *Galium boreale* L. (kuziplikçiği), *Galium incanum* Sm. (külahiplikçiği), *Galium verum* L. (boyalık), *Helichrysum plicatum* DC. (mantuvar), *Hesperis breviscapa* Boiss. (yaylaakşamyıldızı), *Hesperis isatidea* (Boiss.) D. A. German & Al-Shehbaz (alligelin), *Hypericum scabrum* L. (karahasançayı), *Iberis taurica* (sinonim: *Iberis simplex*) (Civanotu), *Isatis glauca* Aucher ex Boiss. (soğutot), *Macrotomia densiflora* (Ledeb.) McBride (kocaeğnik), *Melica persica* Kunth (aceminciotu), *Muscari massayanum* C. Grunert (şahmüşkürüm), *Muscari tenuiflorum* Tausch (püsküllübaş), *Ornithogalum umbellatum* L. (sunbala), *Pelargonium endlicherianum* Fenzl (Solucanotu), *Plumbago europaea* L. (karakına), *Prangos pabularia* Lindl. (beyik), *Prangos platychlaena* Boiss. (korkor), *Psathyrostachys fragilis* (Boiss.) Nevski (narinarpa), *Ricotia aucheri* (Boiss.) B. L. Burt (bozcavlak), *Rindera lanata* Bunge (Yünlü gelin), *Sanguisorba minor* L. (çayırdüğmesi), *Scorzonera tomentosa* L. (alabent), *Scrophularia canina* L. (itsıracaotu), *Scrophularia scopolii* Hoppe ex Pers. (elköpürten), *Silene nerimaniae* G. E. Genç, A. Kandemir & İ. Genç (sultannakılı), *Silene* sp. L. (Nakıl), *Stipa holosericea* Trin. (dirgenkılac), *Stipa pulcherrima* K. Koch (zarıfkılac), *Verbascum oocarpum* Murb. (sipikor sığırkuyruğu).

Tablo 4.1. *Scrophularia erzincanica* yayılış alanı koordinatları.

1.Üzümlü, Keşiş Dağı			3.Kemah, Eriç-Yücebelen Köyleri Güzergâhı		
X	Y	Z	X	Y	Z
4402035 K	37 S 558383 D	2418 m	4376814 K	37 S 488774 D	1075 m
4402174 K	37 S 558615 D	2548 m	4376115 K	37 S 488883 D	1105 m
4402341 K	37 S 558543 D	2578 m	4375601 K	37 S 489132 D	1114 m
4402092 K	37 S 558210 D	2449 m	4374994 K	37 S 489432 D	1136 m
2.Erzincan-Sakaltutan Geçidi Arası			4374404 K	37 S 489889 D	1185 m
4412176 K	37 S 524854 D	1522 m	4373660 K	37 S 490704 D	1321 m
4412739 K	37 S 523961 D	1548 m	4373796 K	37 S 490832 D	1411 m
4413094 K	37 S 523198 D	1566 m	4374160 K	37 S 490286 D	1294 m
4413594 K	37 S 522062 D	1574 m	4374467 K	37 S 489976 D	1241 m
4414357 K	37 S 519786 D	1689 m	4374750 K	37 S 489656 D	1181 m
4414912 K	37 S 515495 D	1885 m	4375799 K	37 S 489252 D	1192 m
4414709 K	37 S 513430 D	2026 m	4.Kemah, Sürek-Alp Köyleri Arası		
4414900 K	37 S 513634 D	2096 m	4390468 K	37 S 531406 D	1165 m
4415034 K	37 S 515373 D	1978 m	4376752 K	37 S 488884 D	1126 m
4415068 K	37 S 516506 D	1800 m	5.Kemah, Beşikli Köyü		
4415154 K	37 S 517313 D	1838 m	4389036 K	37 S 525132 D	1289 m
4414557 K	37 S 519101 D	1733 m			
4414326 K	37 S 520780 D	1687 m			
4413740 K	37 S 522255 D	1653 m			
4412445 K	37 S 524752 D	1597 m			

4.1.2. *Scrophularia fatmae*'nin yaşam ve yayılış Alanı

S. fatmae türünün Yayılış ve Yaşam Alanı büyüklüğünün 1,2 km² olduğu hesap edilmiştir. Türün yaşam aralığının (2700-) 2900-3100 m olduğu görülmüştür. *S. fatmae* bireylerinin kışın kar yüksekliğinin 5 m'yi aşan kar çukurunda yetiştiği (Şekil 4.2), haziran ayı sonu itibariyle karları takip ederek eylül ayı ortalarını bulacak şekilde popülasyon düzeyinde çiçeklenmeye devam ettiği saptanmıştır. Normal koşullarda haziran sonu ve temmuz başı ortaya çıkan *S. fatmae* bireyleri ani sıcaklık artışına bağlı olarak karların aniden erimesi ile gelişmeye fırsat bulamadığı, bulanların sayısının çok az

olduğu saptanmıştır. *S. fatmae* 'de populasyon büyüklüğü 600 ergin birey hesap edilmiştir. Türün kümeli bir dağılım gösterdiği görülmüştür. *S. fatmae* 'de 2019 ve 2020 yılı Temmuz aylarındaki habitat fotoğrafları için Şekil 4.3'e bakınız.

S. fatmae türünün ortamı paylaştığı yaygın bitki taksonları: *Alopecurus textilis* Boiss. (saçaklıtilkikuyruğu), *Alyssum* sp. (Kuduzotu), *Anchonium elichrysifolium* (DC.) Boiss. (süsün, kartal çiçeği), *Arabis* sp. L. (kazteresi), *Astragalus densifolius* Lam. (gümüşgeven), *Astragalus nezaketiae* A. Duran & Aytaç (nazikgeven), *Bromus* sp. L. (ibubukekini), *Campanula ptarmicifolia* Lam. (tersçançiçeği), *Campanula tridentata* Schreb. (gökçeçançiçeği), *Draba bruniifolia* Steven (kayadolaması), *Erysimum* sp. L. (Zarifeotu), *Fritillaria crassifolia* Boiss. & A. Huet (boynubükük), *Galium* sp. L. (Yapışkanotu), *Gypsophila briquetiana* Schischk. (Gülçövgeni),



Şekil 4.2. *Scrophularia fatmae* türünün yaşam alanından görünümüler.

Hedysarum candidissimum Freyn (hoşbatalağı), *Heldreichia bupleurifolia* Boiss. (topaçhardalı), *Myosotis alpestris* F. W. Schmidt (unutmabeni), *Noccaea sintenisii* (Bornm.) F. K. Mey. (has dağarcıkotu), *Pedicularis cadmea* Boiss. (hasbitotu),

Pedicularis caucasica M. Bieb. (kesgerotu), *Salvia pachystachys* Trautv. (yedişalba), *Saxifraga exarata* Vill. (yivli taşkıran), *Saxifraga kotschy* Boiss. (leblebiçiçeği), *Sedum* sp. L. (Damkoruğu), *Silene dianthoides* Pers. (cücenakıl), *Silene pungens* Boiss. (yastıknakıl), *Tanacetum armenum* (DC.) Sch. Bip. (kayapapatyası), *Tanacetum kotschy* (Boiss.) Grierson (ateşpireotu), *Thymus sipyleus* Boiss. (sipilkekiği), *Veronica* sp. L. (Mavişot), *Viola dichroa* Boiss. & Huet (munzurmenekşesi).



Şekil 4.3. *Scrophularia fatmae*'nin 2019 (solda) ve 2020 (sağda) temmuz ayı son haftası itibariyle yaşam alanından bir görünüm.

Türün yayılış alanlarına ait GPS koordinatları Tablo 4.2'de verilmiştir.

Tablo 4.2. *Scrophularia fatmae* yaşam alanı koordinatları.

Erzincan, Ergen Dağı 1. Alt Populasyon		
X	Y	Z
4381830 K	37 S 543902 D	3078 m
4382156 K	37 S 453743 D	2992 m
4382265 K	37 S 543604 D	2943 m
4382147 K	37 S 543398 D	2938 m
4381948 K	37 S 543510 D	3012 m
Erzincan, Ergen Dağı 2. Alt Populasyon		
4381555 K	37 S 543080 D	2994 m
4381709 K	37 S 522820 D	2448 m
4382027 K	37 S 542249 D	2801 m
4381581 K	37 S 542454 D	2938 m
4381476 K	37 S 542955 D	2981 m
Erzincan, Ergen Dağı Münferit Bir Örnek		
4382533 K	37 S 543172 D	2873 m

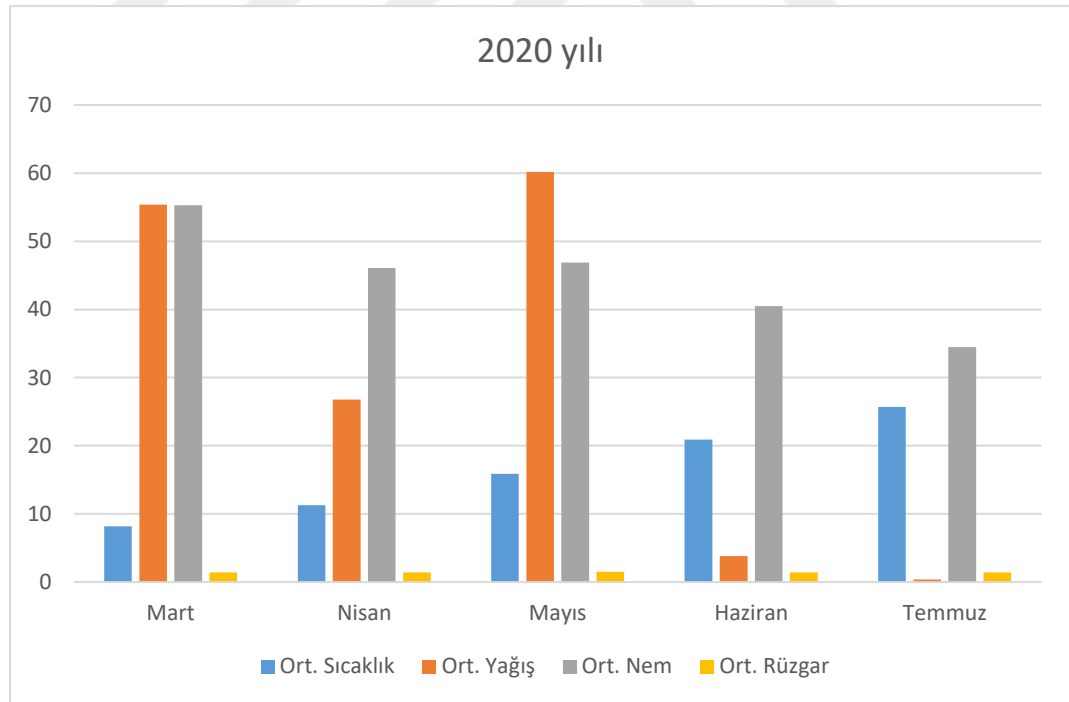
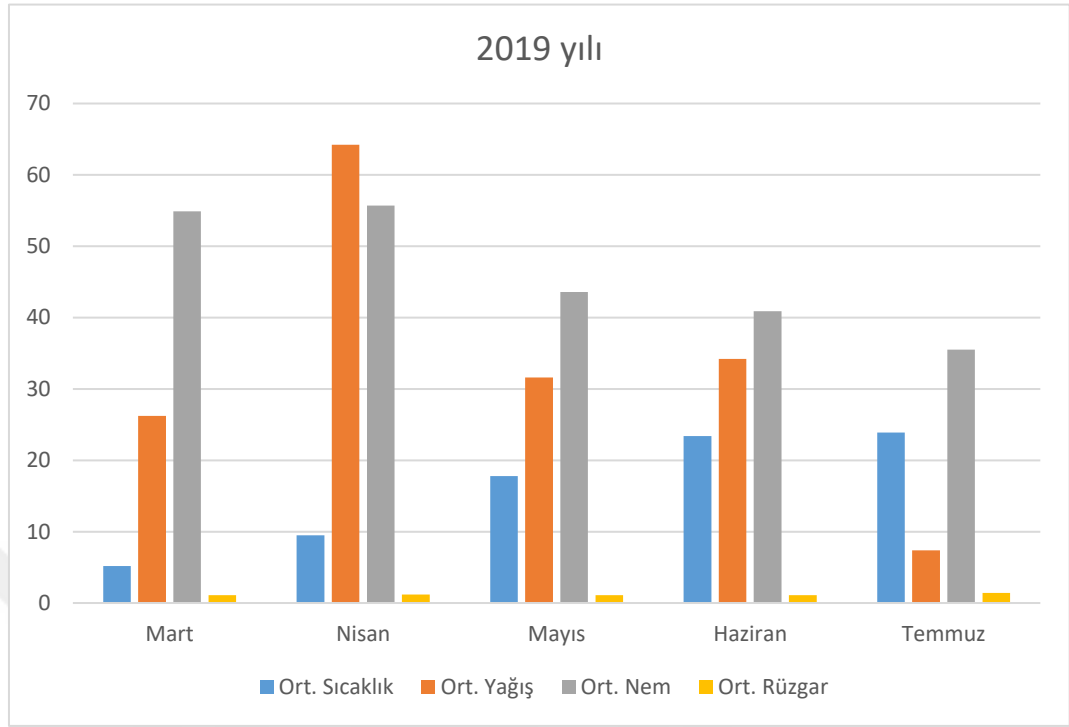
4.2. İklimsel Veriler

4.2.1. *Scrophularia erzincanica*'nın iklimsel verileri

S. erzincanica'nın yetiştirme ortamına ait sıcaklık, rüzgâr, nem, yağış ve güneşli gün değerleri Erzincan Meteoroloji Müdürlüğüne ait 17094 numaralı Meteoroloji İstasyonu verilerine göre belirtilmiştir. Bu istasyon *S. erzincanica* türüne yakın ve aynı yükseltide yer alan bir konumda bulunmaktadır. Takip edilen populasyonun yer aldığı alanda türün çiçeklenme öncesi, sırası ve sonrası aylardaki ortalama sıcaklık, nem ve rüzgâr değerleri Tablo 4.3'te ve Şekil 4.4'te gösterilmiştir.

Tablo 4.3. Erzincan-Sakaltutan Geçidi arasında *Scrophularia erzincanica*'nın çiçeklenme öncesi, sırası ve sonrası aylardaki ortalama sıcaklık, nem ve rüzgâr durumu.

Aylar	Ort. Sıcaklık (C ⁰)	Ort. Nispi Nem	Ort. Rüzgâr Hızı (m/sn)	Kuvvetli Rüzgârlı Gün Sayısı	Aylık Toplam Güneş. Süresi (saat)	Günlük Ort. Güneş. Süresi (saat)	Aylık Toplam Yağış (mm=kg÷m ²)
Mart 2019	5,2	54,9	1,1	3	123,9	4,0	26,2
Nisan 2019	9,5	55,7	1,2	3	151,6	5,1	64,2
Mayıs 2019	17,8	43,6	1,1	4	253,3	8,2	31,6
Haziran 2019	23,4	40,9	1,1	6	289,0	9,6	34,2
Temmuz 2019	23,9	35,5	1,4	8	318,6	10,3	7,4
Mart 2020	8,2	55,3	1,4	5	139,6	4,5	55,4
Nisan 2020	11,3	46,1	1,4	5	166,3	5,5	26,8
Mayıs 2020	15,9	46,9	1,5	6	205,2	6,8	60,2
Haziran 2020	20,9	40,5	1,4	8	287,4	9,6	3,8
Temmuz 2020	25,7	34,5	1,4	11	303,6	9,8	0,4



Şekil 4.4. *Scrophularia erzincanica*'da vejetasyon dönemini kapsayan ayların ortalama sıcaklık, yağış, nem ve rüzgâr değerleri.

S. erzincanica'nın 2019 yılı gözlem süresince günlük sıcaklık değerleri Tablo 4.4'te verilmiştir.

Tablo 4.4. *Scrophularia erzincanica*'nın 2019 yılı gözlem süresince günlük sıcaklık değerleri (°C).

Sıra	Tarih	9:00-10:00	10:00-11:00	11:00-12:00	12:00-13:00	13:00-14:00	14:00-15:00	15:00-16:00	16:00-17:00
1	11.04.2019	14,9	14,3	14,7	14,9	15,7	14,6	13,6	12,1
2	15.04.2019	12,1	14,6	14,3	14,6	14,1	12,2	10,0	10,0
3	17.04.2019	8,6	8,4	8,9	6,3	5,4	5,6	5,4	5,6
4	23.04.2019	9,3	10,5	10,3	10,1	10,2	10,1	9,6	8,7
5	03.05.2019	17,4	18,4	19,4	19,8	19,2	17,4	16,8	14,5
6	06.05.2019	19,3	19,7	20,4	20,3	19,6	19,4	18,7	17,3
7	07.05.2019	21,8	22,9	24,0	24,3	23,0	22,0	21,3	19,0
8	08.05.2019	22,5	23,3	23,1	21,8	20,9	20,1	19,0	17,2
9	10.05.2019	19,6	19,6	19,4	19,5	19,8	19,1	18,6	16,7
10	11.05.2019	19,0	19,6	20,8	20,2	19,6	19,7	18,2	17,6
11	12.05.2019	13,5	13,9	13,2	12,6	13,2	13,0	12,6	12,0
12	13.05.2019	18,5	20,4	21,3	22,1	21,7	21,3	21,1	19,6
13	14.05.2019	23,8	25,0	26,3	26,0	25,2	24,8	24,4	21,9
14	15.05.2019	25,8	27,3	28,2	28,6	28,1	27,5	27,0	23,3
15	16.05.2019	27,4	28,1	29,3	29,5	29,2	28,4	26,8	23,6
16	18.05.2019	30,0	29,4	29,4	28,7	27,6	27,2	25,9	23,9
17	21.05.2019	23,6	25,4	26,8	26,6	26,3	25,7	24,4	22,3
18	25.05.2019	27,5	28,3	29,6	29,2	28,1	27,2	25,7	23,2
19	29.05.2019	28,4	28,9	30,2	30,3	30,1	29,1	28,1	26,5
20	31.05.2019	28,5	29,7	31,3	31,1	30,7	29,7	28,8	26,4
21	14.06.2019	27,4	28,4	28,1	27,3	27,2	26,4	26,8	20,5
22	22.06.2019	29,7	30,2	30,8	30,4	30,6	29,9	29,4	27,9
23	23.06.2019	30,7	31,4	32,5	32,2	31,8	31,2	28,8	27,3
24	01.07.2019	22,9	23,9	24,6	24,1	23,0	21,1	20,0	18,3
25	10.07.2019	28,5	29,5	31,4	31,6	31,1	29,9	29,3	27,4
26	18.07.2019	29,7	32,0	31,5	31,4	31,6	29,9	28,9	26,8

Not: Polinatör ziyaretlerinin görüldüğü saatler gri zemin olarak gösterilmiştir.

S. erzincanica'nın 2020 yılı gözlem süresince saatlik sıcaklık değerleri Tablo 4.5'te verilmiştir.

Tablo 4.5. *Scrophularia erzincanica*'nın 2020 yılı gözlem süresi periyodunda saatlik sıcaklık değerleri (°C).

Sıra	Tarih	9:00-10:00	10:00-11:00	11:00-12:00	12:00-13:00	13:00-14:00	14:00-15:00	15:00-16:00	16:00-17:00
1	18.04.2020	19,4	21,2	21,8	21,3	21,6	20,8	20,0	17,4
2	22.04.2020	17,1	16,5	16,4	17,5	18,7	18,2	18,1	16,1
3	01.05.2020	12,2	12,6	12,9	12,8	13,1	14,1	13,7	13,1
4	03.05.2020	16,0	16,8	17,4	17,9	17,8	18,0	15,5	11,1
5	04.05.2020	14,3	14,0	13,9	12,9	13,4	12,1	11,1	11,6
6	07.05.2020	17,1	19,7	20,3	19,8	19,9	19,0	18,8	17,6
7	11.05.2020	17,4	18,2	17,7	18,8	20,6	19,6	19,4	17,7
8	12.05.2020	21,0	23,4	23,6	24,0	24,6	24,1	23,4	22,4
9	13.05.2020	25,7	26,6	27,3	27,2	25,9	24,7	23,2	21,1
10	14.05.2020	21,6	23,3	24,9	26,3	25,8	25,0	24,9	23,0
11	15.05.2020	25,6	27,2	28,4	29,1	28,6	27,2	26,6	24,7
12	16.05.2020	26,7	29,5	30,8	31,7	30,5	29,1	27,8	24,9
13	17.05.2020	25,2	25,1	26,2	26,9	26,7	25,3	24,6	22,8
14	18.05.2020	26,5	29,6	29,8	29,9	28,8	27,2	26,1	23,9
15	20.05.2020	24,4	25,5	26,2	26,9	28,6	27,7	27,1	25,6
16	21.05.2020	27,7	29,6	30,9	30,8	30,0	29,7	28,7	26,5
17	22.05.2020	28,1	28,0	29,9	29,8	28,4	26,9	26,4	25,1
18	25.06.2020	25,9	26,9	28,5	28,5	29,4	28,2	26,7	25,1

Not: Polinatör ziyaretlerinin görüldüğü saatler gri zemin olarak gösterilmiştir.

S. erzincanica'nın 2019 yılı gözlem süresince saatlik % nem oranları Tablo 4.6'da verilmiştir.

Tablo 4.6. *Scrophularia erzincanica*'nın 2019 yılı gözlem süresince saatlik % nem oranları.

Sıra	Tarih	9:00- 10:00	10:00- 11:00	11:00- 12:00	12:00- 13:00	13:00- 14:00	14:00- 15:00	15:00- 16:00	16:00- 17:00
1	11.04.2019	31,0	32,0	30,0	25,0	25,0	24,0	26,0	32,0
2	15.04.2019	55,0	53,0	55,0	54,0	45,0	58,0	68,0	78,0
3	17.04.2019	59,0	63,0	58,0	69,0	79,0	82,0	83,0	84,0
4	23.04.2019	38,0	35,0	33,0	32,0	34,0	38,0	40,0	42,0
5	03.05.2019	42,0	37,0	26,0	27,0	26,0	22,0	32,0	37,0
6	06.05.2019	48,0	40,0	38,0	36,0	39,0	38,0	35,0	45,0
7	07.05.2019	33,0	31,0	29,0	28,0	27,0	27,0	29,0	37,0
8	08.05.2019	26,0	17,0	15,0	16,0	14,0	19,0	21,0	20,0
9	10.05.2019	24,0	23,0	21,0	20,0	20,0	21,0	21,0	23,0
10	11.05.2019	26,0	25,0	23,0	23,0	21,0	23,0	27,0	31,0
11	12.05.2019	63,0	66,0	61,0	70,0	60,0	65,0	68,0	67,0
12	13.05.2019	36,0	32,0	25,0	21,0	22,0	22,0	22,0	24,0
13	14.05.2019	27,0	18,0	19,0	18,0	16,0	18,0	18,0	20,0
14	15.05.2019	25,0	19,0	16,0	12,0	12,0	13,0	14,0	15,0
15	16.05.2019	19,0	15,0	12,0	12,0	9,0	10,0	9,0	16,0
16	18.05.2019	13,0	13,0	12,0	17,0	14,0	18,0	21,0	25,0
17	21.05.2019	33,0	26,0	23,0	22,0	23,0	22,0	22,0	30,0
18	25.05.2019	20,0	20,0	14,0	13,0	13,0	14,0	11,0	15,0
19	29.05.2019	15,0	14,0	13,0	11,0	11,0	14,0	16,0	21,0
20	31.05.2019	12,0	12,0	10,0	11,0	10,0	10,0	11,0	16,0
21	14.06.2019	29,0	24,0	23,0	21,0	26,0	28,0	27,0	39,0
22	22.06.2019	39,0	30,0	24,0	22,0	22,0	23,0	22,0	25,0
23	23.06.2019	31,0	27,0	20,0	22,0	19,0	19,0	19,0	27,0
24	01.07.2019	20,0	20,0	21,0	21,0	21,0	26,0	28,0	30,0
25	10.07.2019	27,0	20,0	18,0	16,0	14,0	16,0	17,0	19,0
26	18.07.2019	18,0	15,0	15,0	14,0	13,0	12,0	13,0	14,0

Not: Polinatör ziyaretlerinin görüldüğü saatler gri zemin olarak gösterilmiştir.

S. erzincanica'nın 2020 yılı çiçeklenme gözlem süresince saatlik % nem oranları Tablo 4.7 'de verilmiştir.

Tablo 4.7. *Scrophularia erzincanica*'nın 2020 yılı gözlem süresince saatlik % nem oranları.

Sıra	Tarih	9:00- 10:00	10:00- 11:00	11:00- 12:00	12:00- 13:00	13:00- 14:00	14:00- 15:00	15:00- 16:00	16:00- 17:00
1	18.04.2020	28,0	22,0	21,0	20,0	20,0	22,0	25,0	34,0
2	22.04.2020	46,0	43,0	41,0	33,0	30,0	29,0	30,0	40,0
3	01.05.2020	57,0	53,0	51,0	51,0	50,0	45,0	48,0	49,0
4	03.05.2020	38,0	39,0	38,0	33,0	33,0	33,0	44,0	78,0
5	04.05.2020	62,0	58,0	54,0	58,0	53,0	64,0	77,0	76,0
6	07.05.2020	30,0	23,0	20,0	20,0	23,0	23,0	25,0	30,0
7	11.05.2020	28,0	25,0	25,0	22,0	18,0	18,0	20,0	22,0
8	12.05.2020	27,0	23,0	23,0	23,0	21,0	23,0	26,0	27,0
9	13.05.2020	26,0	19,0	17,0	15,0	19,0	22,0	25,0	27,0
10	14.05.2020	30,0	25,0	18,0	18,0	15,0	16,0	16,0	21,0
11	15.05.2020	24,0	15,0	16,0	16,0	18,0	19,0	19,0	16,0
12	16.05.2020	24,0	22,0	17,0	13,0	12,0	15,0	22,0	24,0
13	17.05.2020	21,0	20,0	18,0	20,0	22,0	19,0	19,0	17,0
14	18.05.2020	21,0	15,0	14,0	15,0	15,0	18,0	20,0	22,0
15	20.05.2020	14,0	15,0	14,0	14,0	13,0	14,0	15,0	19,0
16	21.05.2020	17,0	12,0	11,0	12,0	10,0	12,0	14,0	14,0
17	22.05.2020	15,0	15,0	15,0	15,0	14,0	17,0	19,0	20,0
18	25.06.2020	31,0	28,0	25,0	23,0	23,0	25,0	27,0	30,0

Not: Polinatör ziyaretlerinin görüldüğü saatler gri zemin olarak gösterilmiştir.

S. erzincanica'nın 2019 yılı gözlem süresince saatlik yağış miktarı Tablo 4.8'de verilmiştir.

Tablo 4.8. *Scrophularia erzincanica*'nın 2019 yılı gözlem süresince saatlik yağış miktarı (mm=kg÷m²).

Sıra	Tarih	9:00- 10:00	10:00- 11:00	11:00- 12:00	12:00- 13:00	13:00- 14:00	14:00- 15:00	15:00- 16:00	16:00- 17:00
1	11.04.2019	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
2	15.04.2019	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,8	1,0	0,0
3	17.04.2019	0,2	0,0	1,0	2,2	1,2	0,4	0,0	0,0
4	23.04.2019	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
5	03.05.2019	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2
6	06.05.2019	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
7	07.05.2019	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
8	08.05.2019	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
9	10.05.2019	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
10	11.05.2019	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
11	12.05.2019	0,0	0,0	0,2	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0
12	13.05.2019	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
13	14.05.2019	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
14	15.05.2019	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
15	16.05.2019	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
16	18.05.2019	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
17	21.05.2019	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
18	25.05.2019	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
19	29.05.2019	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
20	31.05.2019	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
21	14.06.2019	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,6	0,2
22	22.06.2019	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
23	23.06.2019	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
24	01.07.2019	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
25	10.07.2019	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
26	18.07.2019	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

Not: Polinatör ziyaretlerinin görüldüğü saatler gri zemin olarak gösterilmiştir.

S. erzincanica'nın 2020 yılı gözlem süresince saatlik yağış miktarı Tablo 4.9'da verilmiştir.

Tablo 4.9. *Scrophularia erzincanica*'nın 2020 yılı gözlem süresince saatlik yağış miktarı (mm=kg÷m²).

Sıra	Tarih	9:00- 10:00	10:00- 11:00	11:00- 12:00	12:00- 13:00	13:00- 14:00	14:00- 15:00	15:00- 16:00	16:00- 17:00
1	18.04.2020	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
2	22.04.2020	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2
3	01.05.2020	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
4	03.05.2020	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,6	1,2
5	04.05.2020	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,4	0,4	0,0
6	07.05.2020	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
7	11.05.2020	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
8	12.05.2020	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
9	13.05.2020	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
10	14.05.2020	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
11	15.05.2020	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
12	16.05.2020	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
13	17.05.2020	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
14	18.05.2020	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
15	20.05.2020	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
16	21.05.2020	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
17	22.05.2020	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
18	25.06.2020	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,4	0,0

Not: Polinator ziyaretlerinin görüldüğü saatler gri zemin olarak gösterilmiştir.

S. erzincanica'nın 2019 yılı gözlem süresince saatlik rüzgâr oranları Tablo 4.10'da verilmiştir.

Tablo 4.10. *Scrophularia erzincanica*'nın 2019 gözlem süresince saatlik rüzgâr oranları (m/sn).

Sıra	Tarih	9:00- 10:00	10:00- 11:00	11:00- 12:00	12:00- 13:00	13:00- 14:00	14:00- 15:00	15:00- 16:00	16:00- 17:00
1	11.04.2019	1,7	1,5	1,8	1,9	2,1	2,7	2,2	1,6
2	15.04.2019	1,7	1,0	1,3	2,3	2,2	3,7	1,6	0,7
3	17.04.2019	1,3	1,5	1,1	1,1	1,3	0,7	0,5	0,0
4	23.04.2019	1,1	1,1	1,7	1,7	1,1	0,9	1,0	1,4
5	03.05.2019	1,0	1,5	2,6	2,6	1,5	1,5	2,6	2,1
6	06.05.2019	2,6	3,1	3,1	3,1	3,1	3,1	2,1	2,6
7	07.05.2019	1,0	1,5	1,5	2,6	1,0	1,0	0,5	3,6
8	08.05.2019	3,6	4,1	3,6	4,6	3,6	3,1	2,6	1,5
9	10.05.2019	1,0	1,0	2,1	1,0	2,1	2,1	1,5	0,5
10	11.05.2019	1,5	1,0	1,5	1,5	1,5	3,1	2,6	1,5
11	12.05.2019	2,6	3,1	2,1	0,5	0,0	2,1	0,5	0,5
12	13.05.2019	0,5	1,5	1,5	1,0	1,0	1,0	0,5	0,5
13	14.05.2019	1,0	1,5	1,0	2,1	1,0	1,0	0,5	1,0
14	15.05.2019	1,0	0,5	1,5	1,5	1,0	1,5	0,5	0,0
15	16.05.2019	1,5	1,5	1,0	1,5	1,5	1,5	1,0	0,0
16	18.05.2019	3,6	3,6	3,6	1,5	5,7	2,6	1,5	2,1
17	21.05.2019	1,0	1,5	0,5	1,5	1,5	1,0	1,0	2,1
18	25.05.2019	4,6	3,1	2,6	3,6	2,6	3,1	1,5	0,5
19	29.05.2019	1,5	1,0	1,0	1,0	2,1	1,5	2,6	1,5
20	31.05.2019	0,5	1,0	0,5	1,0	1,0	1,0	1,0	0,5
21	14.06.2019	1,5	1,0	2,1	3,6	1,0	2,1	0,5	1,2
22	22.06.2019	1,0	1,0	1,5	1,5	0,5	1,5	1,0	1,2
23	23.06.2019	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	1,0	0,5	1,3
24	01.07.2019	3,2	3,2	3,2	3,5	4,3	4,9	4,6	4,2
25	10.07.2019	1,0	1,6	2,1	1,3	1,4	1,4	0,8	0,7
26	18.07.2019	3,1	3,2	2,7	2,6	2,7	2,5	2,1	1,4

Not: Polinatör ziyaretlerinin görüldüğü saatler gri zemin olarak gösterilmiştir.

S. erzincanica'nın 2020 yılı gözlem süresince saatlik rüzgâr oranları Tablo 4.11'de verilmiştir.

Tablo 4.11. *Scrophularia erzincanica*'nın 2020 yılı gözlem süresince saatlik rüzgâr oranları (m/sn).

Sıra	Tarih	9:00- 10:00	10:00- 11:00	11:00- 12:00	12:00- 13:00	13:00- 14:00	14:00- 15:00	15:00- 16:00	16:00- 17:00
1	18.04.2020	1,0	2,3	2,8	1,0	3,1	1,9	1,0	1,1
2	22.04.2020	0,0	0,5	1,9	1,5	1,0	0,6	0,5	4,5
3	01.05.2020	4,1	4,5	4,6	5,1	3,3	0,6	1,5	1,5
4	03.05.2020	2,6	2,3	3,4	2,6	3,1	2,6	3,6	2,7
5	04.05.2020	1,0	2,5	2,3	3,1	2,3	1,6	0,5	0,9
6	07.05.2020	1,0	1,8	1,6	2,6	2,5	0,9	1,0	1,7
7	11.05.2020	0,5	2,3	0,7	1,0	2,7	2,1	1,5	1,4
8	12.05.2020	1,6	1,2	1,5	2,6	3,3	0,4	0,5	0,8
9	13.05.2020	2,6	1,6	3,5	3,6	2,6	2,0	3,1	4,3
10	14.05.2020	1,5	2,2	2,0	1,0	1,5	2,7	1,5	0,0
11	15.05.2020	1,0	1,7	1,2	2,1	3,2	1,9	2,1	1,1
12	16.05.2020	1,0	2,4	1,5	2,6	3,7	3,1	2,6	3,3
13	17.05.2020	2,1	5,1	2,5	2,1	2,1	2,9	2,1	2,4
14	18.05.2020	2,1	2,3	4,0	3,1	1,3	2,5	2,1	3,3
15	20.05.2020	1,5	2,8	2,0	1,0	2,2	1,4	1,5	1,2
16	21.05.2020	1,0	1,4	4,4	1,0	2,1	1,9	1,5	0,2
17	22.05.2020	4,1	1,8	1,9	4,1	5,9	2,8	2,1	1,1
18	25.06.2020	1,5	1,0	2,1	1,5	2,6	3,1	4,1	4,6

Not: Polinatör ziyaretlerinin görüldüğü saatler gri zemin olarak gösterilmiştir.

4.2.2. *Scrophularia fatmae*'nin iklimsel verileri

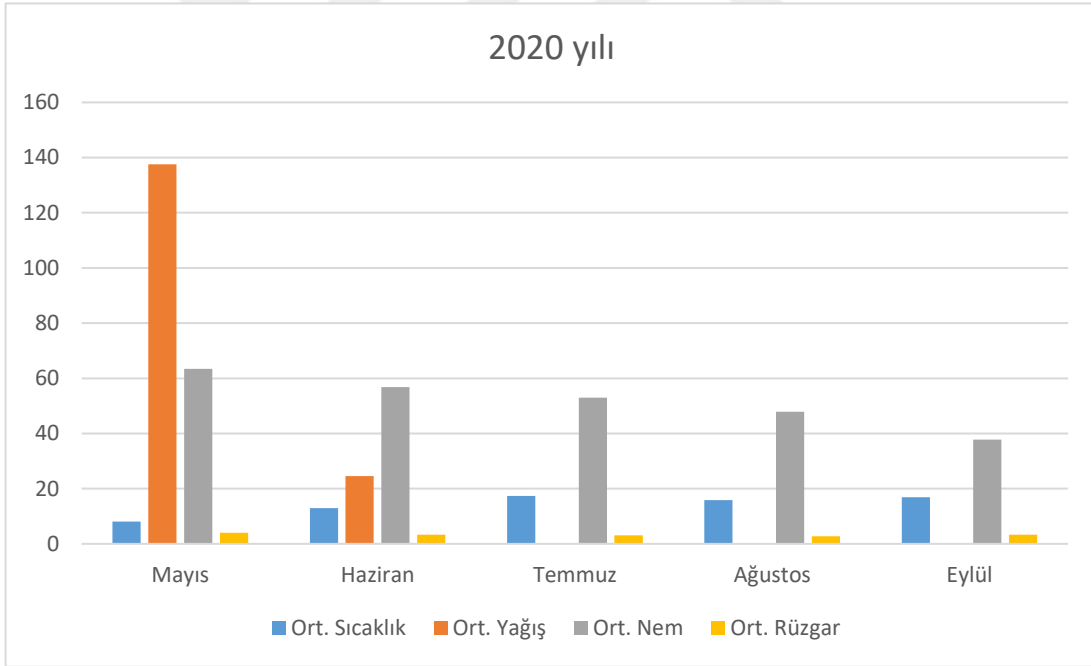
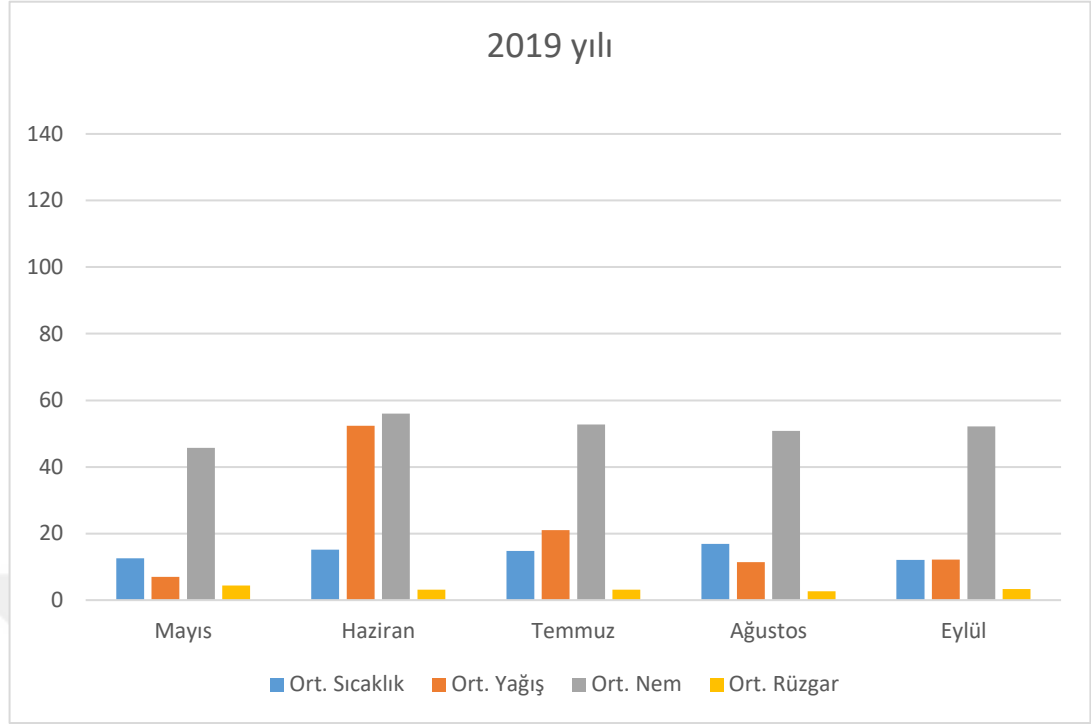
S. fatmae türünün yetiştirme ortamına ait veriler Erzincan Meteoroloji İstasyonuna bağlı Ergen Dağı Kayak Merkezi 17983 numaralı istasyon kayıtlarından alınmıştır. Bu istasyon türün yaşam alanının hemen yakınında yer almaktadır.

S. fatmae 'nin çiçeklenme öncesi, sırası ve sonrası aylardaki ortalama sıcaklık, nem ve rüzgâr durumu Tablo 4.12'de ve Şekil 4.5'te gösterilmiştir.

Tablo 4.12. *Scrophularia fatmae*'nin çiçeklenme öncesi, sırası ve sonrası aylardaki ortalama sıcaklık, nem ve rüzgâr durumu.

Aylar	Ort. Sıcaklık °C	Ort. Nem (%)	Ort. Rüzgâr Hızı (m/sn)	Kuvvetli Rüzgârlı Gün Sayısı	Aylık Top. Güneş Süresi (saat)	Günlük Ort Güneş. Süresi (saat)	Aylık Toplam Yağış (mm=kg÷m ²)
Mayıs 2019	12,6	45,7	4,4	7	-	-	7,0
Haziran 2019	15,2	56,0	3,1	17	-	-	52,4
Temmuz 2019	14,8	52,7	3,1	10	-	-	21,0
Ağustos 2019	16,9	50,8	2,7	12	-	-	11,4
Eylül 2019	12,1	52,2	3,3	11	-	-	12,2
Mayıs 2020	8,1	63,4	4,0	14	-	-	137,6
Haziran 2020	13,0	56,8	3,3	17	-	-	24,6
Temmuz 2020	17,4	53,0	3,1	13	-	-	0,0
Ağustos 2020	15,9	47,9	2,7	2	-	-	0,0
Eylül 2020	16,9	37,8	3,3	5	-	-	0,0

Not: Bu istasyonda (OMGİ) güneşlenme sürelerine ilişkin kayıtlar tutulmamıştır.



Şekil 4.5. *Scrophularia fatmae*'de 2019 ve 2020 vejetasyon dönemlerini kapsayan ayların ortalama sıcaklık, yağış, nem ve rüzgâr değerleri.

S. fatmae'nin 2019 yılı gözlem süresince saatlik sıcaklık değerleri Tablo 4.13'te verilmiştir.

Tablo 4.13. *Scrophularia fatmae*'nin 2019 yılı gözlem süresince saatlik sıcaklık değerleri (°C).

Sıra	Tarih	9:00-10:00	10:00-11:00	11:00-12:00	12:00-13:00	13:00-14:00	14:00-15:00	15:00-16:00	16:00-17:00
1	18.06.2019	15,6	15,9	17,1	18,0	16,8	15,6	11,6	10,7
2	30.06.2019	11,0	10,3	12,0	12,3	10,1	9,7	8,8	7,6
3	02.07.2019	15,8	16,1	17,8	19,0	19,2	19,1	19,2	18,4
4	04.07.2019	19,3	21,1	21,0	19,8	18,8	19,1	18,5	17,5
5	09.07.2019	17,1	17,8	17,7	17,6	17,9	16,8	16,2	14,5
6	12.07.2019	16,7	16,0	16,6	17,5	18,5	14,2	16,0	12,7
7	18.07.2019	14,3	14,9	16,6	16,9	17,0	16,8	16,0	14,9
8	25.07.2019	14,2	15,8	17,9	18,8	18,7	18,3	17,9	15,9
9	30.07.2019	23,7	23,9	24,8	25,1	24,9	24,3	23,5	22,4
10	06.08.2019	14,9	15,9	17,1	17,6	18,0	17,8	16,3	14,4
11	08.08.2019	16,7	18,5	19,3	20,5	21,2	21,2	20,8	19,5
12	16.08.2019	23,8	25,2	25,1	25,6	24,5	23,7	22,7	20,7
13	23.08.2019	15,8	16,0	17,5	17,8	16,3	16,7	15,5	11,4
14	28.08.2019	16,6	17,9	18,9	19,7	20,0	20,0	19,6	17,9
15	29.08.2019	20,9	21,4	21,2	23,2	23,4	23,0	21,8	20,3
16	05.09.2019	16,3	19,2	20,1	18,6	19,0	19,2	18,1	16,6
17	18.09.2019	12,9	13,9	14,8	15,8	15,8	16,5	15,7	13,6

Not: Polinatör ziyaretlerinin görüldüğü saatler gri zemin olarak gösterilmiştir.

S. fatmae 'nin 2020 yılı çiçeklenme periyodunda saatlik sıcaklık değerleri Tablo 4.14'te verilmiştir.

Tablo 4.14. *Scrophularia fatmae*'nin 2020 yılı gözlem süresince saatlik sıcaklık değerleri (°C).

Sıra	Tarih	9:00- 10:00	10:00- 11:00	11:00- 12:00	12:00- 13:00	13:00- 14:00	14:00- 15:00	15:00- 16:00	16:00- 17:00
1	19.06.2020	12,7	12,9	12,8	14,2	12,3	9,4	9,3	10,5
2	23.06.2020	17,5	19,7	19,9	20,5	19,9	19,8	19,1	18,2
3	01.07.2020	14,3	14,6	15,0	16,1	16,6	16,5	16,3	15,0
4	04.07.2020	19,5	21,2	19,6	21,3	22,2	21,3	21,1	19,7
5	06.07.2020	19,9	21,1	21,9	21,6	22,2	21,5	20,4	20,7
6	09.07.2020	17,2	17,4	18,1	18,0	19,0	18,4	17,9	16,9
7	15.07.2020	17,3	17,5	19,1	21,5	21,2	20,7	20,9	18,6
8	19.07.2020	23,7	24,6	25,0	25,5	25,8	25,3	25,1	24,8
9	22.07.2020	16,5	18,1	19,5	19,6	21,9	20,3	18,6	17,5
10	28.07.2020	20,8	21,4	21,8	22,3	22,6	22,8	21,2	20,6
11	05.08.2020	20,7	21,5	22,0	22,9	23,6	23,2	22,2	21,2
12	07.08.2020	19,7	20,7	21,9	22,5	22,9	22,8	23,0	22,5
13	13.08.2020	17,2	17,6	17,7	18,4	19,8	18,9	17,0	15,2
14	19.08.2020	19,2	19,6	21,2	21,6	23,0	22,9	22,1	19,5
15	20.08.2020	22,7	22,2	22,0	24,1	24,2	23,9	22,4	20,7
16	27.08.2020	19,3	19,9	21,0	22,0	21,5	21,5	20,0	17,8
17	07.09.2020	17,5	19,6	19,4	21,7	21,7	21,3	20,2	18,0
Not: Polinatör ziyaretlerinin görüldüğü saatler gri zemin olarak gösterilmiştir.									

S. fatmae'nin 2019 yılı çiçeklenme periyodunda saatlik nem değerleri Tablo 4.15'te gösterilmiştir.

Tablo 4.15. *Scrophularia fatmae*'nin 2019 yılı gözlem süresince saatlik %nem oranları.

Sıra	Tarihler	9:00-10:00	10:00-11:00	11:00-12:00	12:00-13:00	13:00-14:00	14:00-15:00	15:00-16:00	16:00-17:00
1	18.06.2019	69,0	61,0	57,0	56,0	53,0	56,0	75,0	82,0
2	30.06.2019	59,0	61,0	57,0	50,0	53,0	51,0	57,0	61,0
3	02.07.2019	26,0	27,0	29,0	24,0	25,0	22,0	26,0	23,0
4	04.07.2019	39,0	32,0	26,0	29,0	35,0	41,0	42,0	43,0
5	09.07.2019	39,0	34,0	39,0	41,0	41,0	46,0	48,0	53,0
6	12.07.2019	68,0	51,0	52,0	46,0	46,0	52,0	45,0	71,0
7	18.07.2019	64,0	64,0	64,0	64,0	64,0	64,0	64,0	64,0
8	25.07.2019	57,0	50,0	51,0	38,0	38,0	32,0	35,0	41,0
9	30.07.2019	25,0	24,0	25,0	22,0	23,0	23,0	25,0	25,0
10	06.08.2019	57,0	48,0	45,0	45,0	44,0	41,0	46,0	50,0
11	08.08.2019	61,0	56,0	51,0	46,0	43,0	39,0	41,0	51,0
12	16.08.2019	33,0	26,0	24,0	20,0	20,0	21,0	22,0	27,0
13	23.08.2019	80,0	73,0	67,0	62,0	63,0	62,0	73,0	84,0
14	28.08.2019	73,0	66,0	34,0	38,0	37,0	37,0	39,0	42,0
15	29.08.2019	33,0	27,0	27,0	26,0	22,0	21,0	22,0	27,0
16	05.09.2019	57,0	46,0	37,0	34,0	27,0	25,0	25,0	27,0
17	18.09.2019	70,0	63,0	56,0	47,0	44,0	40,0	38,0	42,0

Not: Polinator ziyaretlerinin görüldüğü saatler gri zemin olarak gösterilmiştir.

S. fatmae'nin 2020 yılı gözlem süresince saatlik nem değerleri Tablo 4.16'da gösterilmiştir.

Tablo 4.16. *Scrophularia fatmae*'nin 2020 yılı gözlem süresince saatlik % nem oranları.

Sıra	Tarih	9:00-10:00	10:00-11:00	11:00-12:00	12:00-13:00	13:00-14:00	14:00-15:00	15:00-16:00	16:00-17:00
1	19.06.2020	79,0	77,0	67,0	57,0	57,0	75,0	72,0	62,0
2	23.06.2020	55,0	33,0	28,0	27,0	27,0	28,0	28,0	26,0
3	01.07.2020	65,0	63,0	67,0	59,0	55,0	52,0	53,0	58,0
4	04.07.2020	54,0	45,0	46,0	39,0	29,0	33,0	31,0	36,0
5	06.07.2020	55,0	44,0	40,0	40,0	37,0	45,0	45,0	44,0
6	09.07.2020	58,0	55,0	53,0	51,0	52,0	51,0	52,0	52,0
7	15.07.2020	68,0	63,0	49,0	43,0	42,0	37,0	36,0	35,0
8	19.07.2020	36,0	30,0	28,0	23,0	22,0	22,0	23,0	25,0
9	22.07.2020	66,0	58,0	53,0	49,0	42,0	44,0	51,0	54,0
10	28.07.2020	39,0	39,0	39,0	38,0	34,0	34,0	37,0	39,0
11	05.08.2020	41,0	31,0	27,0	22,0	22,0	25,0	24,0	21,0
12	07.08.2020	40,0	32,0	26,0	25,0	24,0	24,0	20,0	20,0
13	13.08.2020	56,0	52,0	50,0	43,0	39,0	44,0	48,0	54,0
14	19.08.2020	50,0	44,0	40,0	35,0	27,0	27,0	29,0	31,0
15	20.08.2020	21,0	22,0	22,0	21,0	18,0	16,0	18,0	18,0
16	27.08.2020	31,0	30,0	23,0	20,0	20,0	22,0	25,0	32,0
17	07.09.2020	26,0	22,0	18,0	20,0	20,0	21,0	22,0	23,0

Not: Polinator ziyaretlerinin görüldüğü saatler gri zemin olarak gösterilmiştir.

S. fatmae'nin 2019 yılı çiçeklenme periyodunda saatlik yağış değerleri Tablo 4.17'de gösterilmiştir.

Tablo 4.17. *Scrophularia fatmae*'nin 2019 yılı gözlem süresince saatlik yağış miktarı (mm=kg÷m²).

Sıra	Tarih	9:00- 10:00	10:00- 11:00	11:00- 12:00	12:00- 13:00	13:00- 14:00	14:00- 15:00	15:00- 16:00	16:00- 17:00
1	18.06.2019	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2	0,8	5,4
2	30.06.2019	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
3	02.07.2019	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
4	04.07.2019	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
5	09.07.2019	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
6	12.07.2019	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2	0,0	0,0	0,0
7	18.07.2019	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
8	25.07.2019	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
9	30.07.2019	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
10	06.08.2019	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
11	08.08.2019	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
12	16.08.2019	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
13	23.08.2019	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
14	28.08.2019	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
15	29.08.2019	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
16	05.09.2019	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
17	18.09.2019	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

Not: Polinator ziyaretlerinin görüldüğü saatler gri zemin olarak gösterilmiştir.

S. fatmae'nin 2020 yılı çiçeklenme gözlem süresince yağış değerleri Tablo 4.18'de gösterilmiştir.

Tablo 4.18. *Scrophularia fatmae*'nin 2020 yılı gözlem süresince saatlik yağış miktarı (mm=kg÷m²).

Sıra	Tarih	9:00- 10:00	10:00- 11:00	11:00- 12:00	12:00- 13:00	13:00- 14:00	14:00- 15:00	15:00- 16:00	16:00- 17:00
1	19.06.2020	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
2	23.06.2020	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
3	01.07.2020	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
4	04.07.2020	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
5	06.07.2020	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
6	09.07.2020	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
7	15.07.2020	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
8	19.07.2020	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
9	22.07.2020	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
10	28.07.2020	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
11	05.08.2020	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
12	07.08.2020	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
13	13.08.2020	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
14	19.08.2020	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
15	20.08.2020	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
16	27.08.2020	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
17	07.09.2020	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

Not: Polinator ziyaretlerinin görüldüğü saatler gri zemin olarak gösterilmiştir.

S. fatmae'nin 2019 yılı çiçeklenme periyodunda saatlik rüzgâr değerleri Tablo 4.19'da gösterilmiştir.

Tablo 4.19. *Scrophularia fatmae*'nin 2019 yılı gözlem süresince saatlik rüzgâr oranları (m/sn).

Sıra	Tarih	9:00- 10:00	10:00- 11:00	11:00- 12:00	12:00- 13:00	13:00- 14:00	14:00- 15:00	15:00- 16:00	16:00- 17:00
1	18.06.2019	1,1	1,1	1,6	2,3	4,8	3,9	5,8	8,9
2	30.06.2019	3,6	4,0	4,0	4,3	4,0	4,3	4,7	2,0
3	02.07.2019	8,4	5,3	5,0	4,1	4,5	3,9	3,8	3,5
4	04.07.2019	2,2	2,2	3,6	3,1	3,3	2,0	2,8	1,7
5	09.07.2019	3,5	3,6	3,9	3,4	3,8	3,2	3,0	2,8
6	12.07.2019	2,3	3,7	5,6	6,5	6,4	7,3	4,8	7,0
7	18.07.2019	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9
8	25.07.2019	5,8	5,9	6,1	6,0	5,7	4,8	2,8	2,8
9	30.07.2019	5,8	5,6	6,2	6,1	9,0	9,2	9,0	9,3
10	06.08.2019	2,8	3,1	2,7	2,6	2,3	2,2	4,1	3,6
11	08.08.2019	2,3	3,3	4,2	3,3	1,9	1,8	1,5	1,1
12	16.08.2019	5,3	5,3	5,6	5,3	5,8	5,5	3,8	3,4
13	23.08.2019	1,3	1,8	2,3	1,6	4,8	4,5	1,5	6,5
14	28.08.2019	1,6	2,2	1,9	1,7	2,0	1,4	0,7	2,3
15	29.08.2019	3,2	3,6	2,9	2,2	5,4	5,5	5,6	4,8
16	05.09.2019	2,3	2,5	4,4	7,2	6,6	6,2	6,8	7,0
17	18.09.2019	2,0	2,0	1,8	1,5	0,9	0,8	3,3	5,3

Not: Polinatör ziyaretlerinin görüldüğü saatler gri zemin olarak gösterilmiştir.

S. fatmae'nin 2020 yılı gözlem süresince saatlik rüzgâr değerleri Tablo 4.20'de gösterilmiştir.

Tablo 4.20. *Scrophularia fatmae*'nin 2020 yılı gözlem süresince saatlik rüzgâr oranları (m/sn).

Sıra	Tarih	9:00- 10:00	10:00- 11:00	11:00- 12:00	12:00- 13:00	13:00- 14:00	14:00- 15:00	15:00- 16:00	16:00- 17:00
1	19.06.2020	1,2	0,8	4,5	7,6	9,4	7,0	6,8	2,2
2	23.06.2020	2,3	3,2	1,1	2,0	2,7	7,3	6,1	5,6
3	01.07.2020	9,2	5,4	5,8	3,8	3,4	2,8	1,9	0,9
4	04.07.2020	2,4	5,1	5,9	4,3	7,5	8,1	7,4	1,8
5	06.07.2020	5,3	3,6	2,6	7,8	0,7	5,2	4,5	3,4
6	09.07.2020	3,9	1,6	3,1	3,1	4,4	6,1	3,0	1,8
7	15.07.2020	1,3	0,7	1,1	1,3	3,0	3,5	4,2	3,6
8	19.07.2020	3,4	2,4	4,1	6,7	1,5	2,8	2,6	0,9
9	22.07.2020	3,3	3,0	1,5	0,8	4,6	3,6	2,7	5,4
10	28.07.2020	14,7	10,0	11,3	14,7	13,4	12,8	14,3	10,4
11	05.08.2020	2,6	4,5	3,2	2,0	1,4	3,2	4,2	1,2
12	07.08.2020	2,4	3,0	3,8	3,6	1,6	1,9	0,3	0,4
13	13.08.2020	4,5	2,5	3,4	4,9	2,1	4,7	4,4	1,5
14	19.08.2020	2,6	3,5	4,2	4,7	2,3	5,0	4,5	6,1
15	20.08.2020	2,2	4,5	3,4	5,3	6,9	8,5	6,7	7,9
16	27.08.2020	2,5	3,4	4,8	5,2	2,9	3,1	2,5	3,1
17	07.09.2020	2,9	1,5	2,6	1,5	5,6	9,4	8,5	6,6

Not: Polinatör ziyaretlerinin görüldüğü saatler gri zemin olarak gösterilmiştir.

4.3. Fenoloji ve Çiçek Morfolojileri

4.3.1. *Scrophularia erzincanica*'nın fenolojisi ve çiçek morfolojisi

S. erzincanica türünde bireyler nisan ayının ilk haftasında rozet şeklinde basit ve dairemsi yapraklar oluşturmaya başlar. Bu aşamada gövde uzaması görülmez. Populasyonda bu şekilde bireylerin görülmesi nisan ayının son haftasına kadar devam eder. Rozet şeklinde taban yaprakları görülen bitkilerde iki hafta içinde gövde uzaması tamamlanarak çiçekler açmaya başlar. Taban yaprakları dışında tüm yapraklar derin parçalıdır. Populasyonda çiçeklenme Mayıs ayının ilk iki haftasında zirveye ulaşır. Çiçek durumunda simözlerde yer alan ortadaki çiçekler ilk önce gelişir. Başlangıçta stamenler içeride kalarak stilus dışarı uzanır. Bu aşama “dişi faz” olarak adlandırılır. “Erkek faza” geçmeye başlayan çiçeklerde stamenler aynı anda değil teker teker çiçek dışına uzanır. Dişi faz “dış tozlaşmanın” bazen de geitonogaminin gerçekleştiği zamanı ifade eder. Dişi fazda stigma korolla tüpünden dışarıya doğru uzanmışken anterler henüz korolla tüpü içerisinde. İlerleyen dönemlerde anterler sırasıyla dışarıya çıktığından 1,2,3 veya 4 anterli erkek fazlar görülmektedir. *S. erzincanica*'da dişi faz *S. fatmae*'ye göre daha uzun olup çiçek mimarisi de aynı seviyelerde az çok homojen olarak dağılım gösterir. Mayıs ayının ikinci haftasından sonra çiçeklenme sona ermeye başlar. Bu sürede meyveler olgunlaşmaya başlar ve meyve olgunlaşması Haziran ortalarını bulur. *S. erzincanica*'ya ait fenolojik olaylar Tablo 4.21'de gösterilmiştir. Türün yaşam döngülerine ait görünüm Şekil 4.6'da verilmiştir.

Tablo 4.21. *Scrophularia erzincanica*' da fenolojik olayların takvimi.

Fenolojik Olaylar	Aylar (Ocak-Aralık)											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
A												
B												
C												
D												
E												

A: İlk taban yapraklarının görülmesi; B: Populasyonda çiçeklenme başlangıcı; C: Populasyonda çiçeklenmenin maksimum olduğu zaman; D: Çiçeklenmenin sona ermeye başlaması; E: Meyve dönemi
Not: Her ay 10'ar günlük 3'er döneme ayrılmıştır.

S. erzincanica'da bireyler genellikle çok sayıda gövdelidir. Bazen tek gövdeli bireylere de rastlanmaktadır. Bazı bireylerde gövde sayısı 28'e kadar ulaşabilmektedir. Bireylerin ortalama bitki boyu 29 cm'dir. Gövde başına çiçek sayısı ortalama 60 civarındadır. Türde çiçeklenme durumu yaygın, çiçekler belirgin saplıdır. *S. erzincanica*'da incelenen örneklere ait bitki boyu, birey başına çiçek sayısı, gövde başına ortalama çiçek sayısı, çiçek durumu uzunluğu Tablo 4.22'de verilmiştir.



Şekil 4.6. *Scrophularia erzincanica*'da yaşam döngülerine ait görünüm (Rozet (üstte), çiçek (altta solda), meyve (altta, sağda)).

Türde simözlerde yer alan ortadaki çiçekler daha önce olgunlaşır. Çiçeklerin olgunlaşması alt dallardan başlayıp üst dallara doğru devam etmektedir. Çiçek tomurcuklarının yaklaşık %60'ı çiçeğe dönüşmektedir. Açan çiçeklerin yarısı kadarı meyve oluşturabilmektedir. Ayrıca bazı istisnalar olmasına karşın uçlara yakın çiçeklerin meyveye dönüşme oranı düşüktür.

S. erzincanica'da olgun çiçeklerde korolla tüpü aşağıya yönelimlidir. Staminod korolla loblarına benzer, korolla tüpünün orta kısmına yerleşmiş, korolla tüpünün girişini fiziksel bariyer gibi kapatmış durumdadır. Korolla loblarında olduğu gibi içte mor renklidir. Stamen ve dış bükey olarak kavisli stilus üzerine baskı yapacak pozisyonda bulunur. Korolla lobları korolla tüpünün 1/3'ü kadardır. Çanak korolla tüpüne sıkıca temaslıdır. *S. erzincanica*'nın karakterlerine ait veriler Tablo 4.22'de verilmiştir. Çiçek kısımlarına ait görüntüler ise Şekil 4.7'de yer almıştır.



Şekil 4.7. *Scrophularia erzincanica*'da çiçek kısımlarına ait görüntüler. Çiçeğin yandan görünüşü (üstte), korolla girişi (sol altta), erkek organ ve dişi organ (sağ altta).

Tablo 4.22. *Scrophularia erzincanica*'da morfolojik değerler (bitki boyu, birey başına çiçek sayısı, gövde başına ortalama çiçek sayısı, çiçek durumu uzunluğu).

	Bitki Boy (cm)	Gövde Sayısı (ad.)	Çiçek Durumu Boy (cm)	Toplam Çiçek Sayısı (ad.)	Gövde Başına Çiçek Sayısı (ad.)
1	35	2	16	190	95
2	32	3	17	214	72
3	23	4	12,5	208	52
4	17	3	11,5	138	46
5	20	13	6,5	702	54
6	15,8	7	5,3	406	58
7	18	3	4,8	84	28
8	23	2	12,2	124	62
9	22,7	1	8,3	41	41
10	32	2	18,1	136	68
11	35	7	21	532	76
12	31	2	16,7	128	64
13	44	8	23	816	102
14	47	2	11	86	43
15	32,5	2	11,9	164	82
16	36	11	18	1078	98
17	25,5	4	16,5	168	42
18	17	3	4,5	522	58
19	35,5	14	18,2	1344	96
20	34,4	5	14	420	84
21	51,2	3	5,5	174	58
22	28	25	18	1850	74
23	22	28	10	2464	88
24	25	8	20	736	92
25	27	11	23	616	56
26	18	6	12	276	46
27	18	1	14	50	50
28	21	1	17	63	63
29	17	3	11,5	135	45
30	22	28	10	2464	88
Ort.	27,52	7,07	13,6	544,3	66,03
SS.	9,40	7,66	5,33	670,02	20,19

Farklı bireylerden 28 çiçeğe ait korolla boyutları Tablo 4.23'te belirtilmiştir.

Tablo 4.23. *Scrophularia erzincanica*'da korolla tüpü boyutu.

	Korolla Tüpü Boy (mm)	Korolla Tüpü Çapı (mm)	Korolla Tüpü Boy (mm)	Korolla Tüpü Çapı (mm)
	6	2,6	4,3	2,2
	6,4	2,8	5,2	2,4
	6,6	2,0	5,1	2,2
	5	2,1	5,4	2,0
	5,1	2,2	4,8	2,2
	5,4	2,2	5,2	2,3
	5,1	2,1	5,5	2,1
	5,2	2,1	4,7	2,1
	4,7	1,9	6,2	2,8
	5,4	2,0	5,4	2,4
	4,8	2,1	5,4	2,1
	5,6	1,8	4,9	2,3
	5,2	2,1	5,3	2,0
	4,4	2,3	5,0	2,1
	4,2	1,7	4,8	2,2
Ort.	5,21	2,18		
SS.	0,56	0,24		

4.3.2. *Scrophularia fatmae*'nin fenolojisi ve çiçek morfolojisi

S. fatmae türünde bireyler derin ve geniş çukurlarda eriyen karları takip ederek ortaya çıkar. İlk bireyler haziran ayının üçüncü haftasında rozet şeklinde yapraklar oluşturmaya başlar. Bu aşamada gövde uzaması görülmez. Populasyonda bu şekilde bireylerin görülmesi karların erimesini takip ederek eylül ayına kadar devam eder. Rozet şeklinde taban yaprakları görülen bitkilerde iki hafta içinde gövde uzaması tamamlanarak çiçekler açmaya başlar. Populasyonda çiçeklenme haziran ayının son haftasında görülmeye başlar ve çiçeklenme temmuzun ilk haftasında başlayarak zirveye ulaşır. Populasyonda karları takip ederek ağustos ayının ikinci haftasına kadar çiçeklenme yoğun olarak devam eder.

Çiçekler *S. erzincanica*'dan farklı olarak ana eksene kümelenmiştir. Üstte açan ilk çiçeklerin hemen hemen hepsi “dişi fazdadır”. İlerleyen günlerde çiçekler “erkek faza” geçer. “Erkek faza” geçmeye başlayan çiçeklerde stamenler aynı anda değil teker teker çiçek dışına uzanır. Dişi faz “dış tozlaşmanın” bazen de geitonogaminin gerçekleştiği zamanı ifade eder. Dişi faz *S. erzincanica*'ya göre daha kısadır ve genel olarak uca yakın çiçeklerde görülür. Erken çıkmış bireylerden başlayarak temmuz ayının ikinci haftasından sonra çiçeklenme sona ermeye başlar. Bu sürede meyveler olgunlaşmaya başlar ve meyve olgunlaşması eylül ayının sonlarına kadar kadar devam eder. 2020 yılında temmuz ayında sıcaklık ortalamasının bir önceki yıla (2019 da 14.8 C⁰) göre ciddi oranda artmış olması (17,8 C⁰) karların hızlıca erimesine ve populasyondaki fenolojik olaylardaki normalin ciddi oranda sapmasına neden olmuştur. Bu nedenle fenolojik olaylarda 2019 yılı esas alınmıştır. *S. fatmae*'de görülen fenolojik olaylar Tablo 4.24'te gösterilmiştir. *S. fatmae*'nin yaşam döngüsüne ait görünüm Şekil 4.8'de verilmiştir.

Tablo 4.24. *Scrophularia fatmae*'de fenolojik olayların takvimi.

Fenolojik Olaylar	Aylar											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
A												
B												
C												
D												
E												

A: İlk taban yapraklarının görülmesi; **B:** Populasyonda çiçeklenme başlangıcı; **C:** Populasyonda çiçeklenmenin maksimum olduğu zaman; **D:** Çiçeklenmenin sona ermeye başlaması; **E:** Meyve dönemi
Not: Her ay 10'ar günlük 3'er döneme ayrılmıştır.

S. fatmae türünde bitki boyu ortalama 18 cm, ortalama gövde sayısı 10 adettir. Gövde başına çiçek sayısı ortalama 20 adettir. Çiçekler birbirine sıkı, çiçek durumu ana eksen boyunca yoğun dizilimlidir. Türe ait bitki boyu, birey başına çiçek sayısı, gövde başı ortalama çiçek sayısı, çiçek durumu uzunluğu Tablo 4.25'te verilmiştir. Korolla girişi yana veya hafifçe yukarı yönelimlidir. Staminod dışarıdan bakıldığında görülmez, korolla tüpü tabanına yakındır. Korolla boyutlarına ait veriler Tablo 4.26'da verilmiştir. *S. fatmae*'nin çiçek kısımlarına ait görünüm Şekil 4.9'da gösterilmiştir.



Şekil 4.8. *Scrophularia fatmae*'de yaşam döngülerine ait görünüm (Tomurcuk (üstte), çiçek (altta solda), meyve (altta sağda)).



Şekil 4.9. *Scrophularia fatmae*'de çiçek kısımlarına ait görünüm. Çiçeğin yandan görünümü (sol üst), korolla girişi (sağ üst), staminod (sol alt-A), korolla içi (sağ alt; a: ovaryum, b: stilus, c: staminod, d: stamen).

S. erzincanica'da çiçeklenme bitkinin alt kısımlarından başlayıp bitkinin üst kısımlarına devam ederken *S. fatmae*'de çiçeklenme az çok homojendir. *S. fatmae*'de çiçek tomurcuklarının %85'ine yakını gelişerek çiçeğe dönüşebilmektedir. Çiçeklerinde yaklaşık %80'i meyveye dönüşebilmektedir.

S. fatmae'de genellikle çiçeklenme başlangıcında korolla rengi koyu eflatun tonlarda iken çiçeklenmenin yoğun olduğu dönemde açık pembe meyve dönemine yaklaşımlarda ise mor renklidir. Ayrıca *S. fatmae*'de korolla renkleri daha canlı ve cezbedici bir görüntü sergilemektedir.

Tablo 4.25. *Scrophularia fatmae*'de morfolojik değerler (bitki boyu, birey başına çiçek sayısı, gövde başı ortalama çiçek sayısı, çiçek durumu uzunluğu).

Sıra	Bitki Boyu (cm)	Gövde Sayısı (ad.)	Çiçek Durumu Boyu (cm)	Toplam Çiçek Sayısı (ad.)	Gövde Başına Çiçek Sayısı (ad.)
1	21	4	7,5	56	14
2	12	5	2,8	35	7
3	18,5	5	10,2	90	18
4	20	6	7	90	15
5	18,5	5	9	80	16
6	14	7	5	98	14
7	14,8	11	5,8	176	16
8	20,8	14	7,8	616	44
9	17	8	4,3	168	21
10	14	7	4,4	154	22
11	15,7	9	5,9	243	27
12	11	6	2,6	66	11
13	21	13	6,1	390	30
14	3	11	3	176	16
15	19	8	8,5	224	28
16	17	10	8,2	120	12
17	18	4	7,8	64	16
18	22	11	10,7	198	18
19	19	8	8,9	88	11
20	17	6	7,4	54	9
21	19	6	8,5	66	11
22	23	12	11,7	264	22
23	26	24	12,7	1008	42
24	21	10	9,4	180	18
25	25	22	11,6	660	30
26	24	23	10,3	322	14
27	22	18	9,8	720	40
28	19	9	7,9	72	8
29	20	11	11,2	231	21
30	21	11	11,8	354	34
Ort.	18,44	10,13	7,93	235,43	20,17
SS.	4,61	5,41	2,81	232,32	10,05

Tablo 4.26. *Scrophularia fatmae*'de korolla tüpü boyutu.

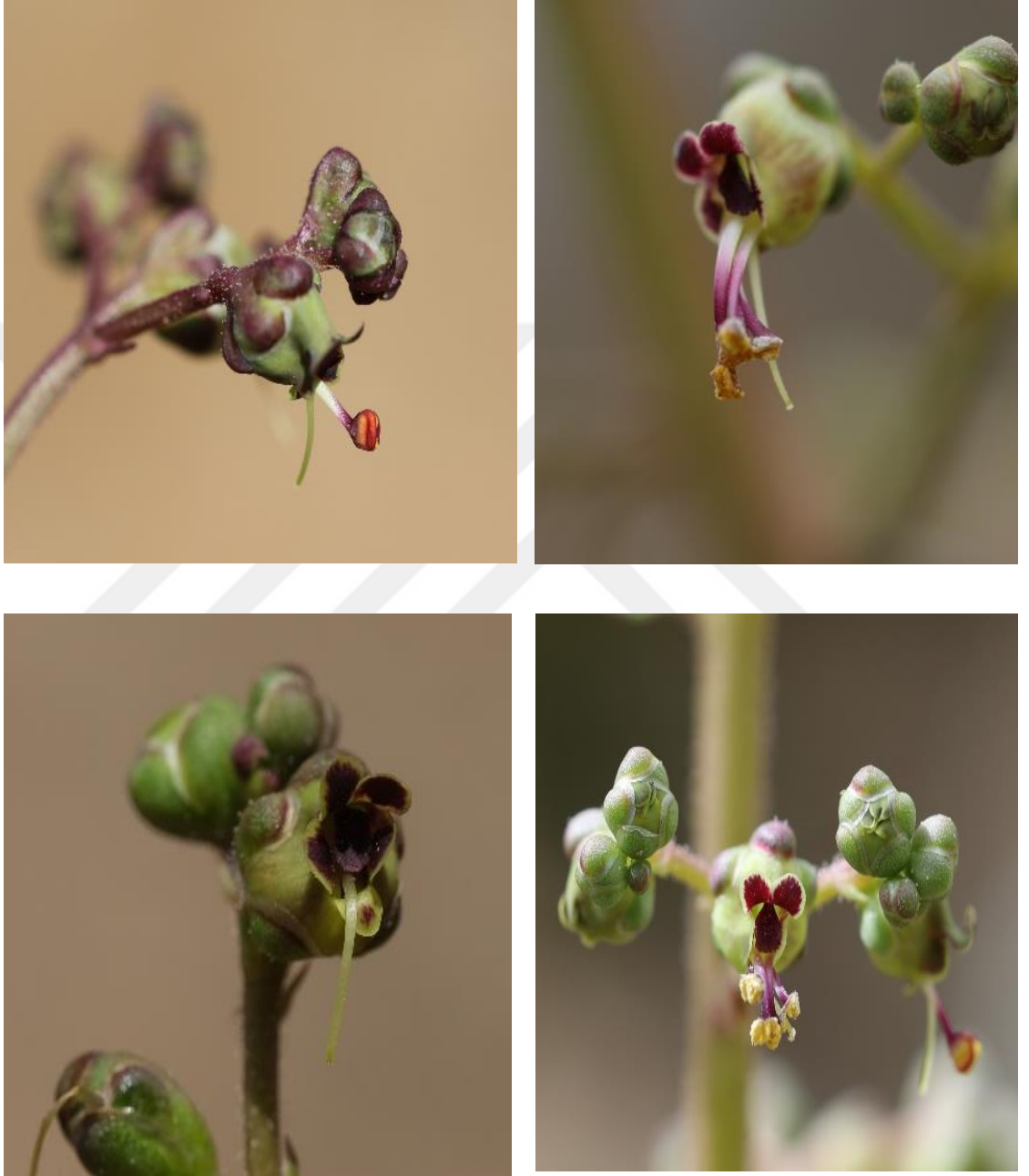
	Korolla Tüpü Boy� (mm)	Korolla Tüpü �ap� (mm)	Korolla Tüpü Boyu (mm)	Korolla Tüpü �ap� (mm)
	4,6	2,5	5,3	2,3
	5,1	2,4	5,4	2,3
	4,4	2,0	4,7	2,1
	4,3	2,3	5,5	2,3
	5,3	2,6	4,9	2,4
	5,5	2,2	5,7	2,2
	4,9	2,3	5,4	2,4
	5,7	2,0	5,3	2,5
	5,4	2,3	5,2	2,3
	5,1	2,3	5,5	2,3
	5,1	2,4	5,6	2,5
	5,5	2,4	4,8	2,1
	6,0	2,7	5,4	2,4
	6,6	3,1	5,3	2,4
	6,2	2,2	5,4	2,4
Ort.	5,30	2,35		
SS.	0.49	0.21		

4.4.   ek Hareketleri

Her iki türde de   ek kısımları “polinatör etkili” ve “  ek aktif hareketleri” olmak üzere iki hareket çeşidi gösterir. Polinatör etkili hareket staminod ile ilişkilidir. Bu hareket çeşidinde staminod stilus üzerine basıncı uygulamaktadır. Staminodun stilus ile teması *S. erzincanica*'da korolla çıkışına yakın, *S. fatmae*'de korolla tüpünün tabanına yakın seviyede görülür. Polinatörler nektara ulaşmak üzere tüpün içine ba  kısmı ile giriş yaptığında staminoda uyguladığı basıncı ile stigma ileri geri hareket ederek polinatörün vücudunun alt kısmına temas etmektedir.

Aktif   ek hareketlerinden stilus hareketleri, stigmanın anterlerden uzaklaştırılması veya yakla tırılması, stamenlerin ise stilusa yaklaşması ve uzaklaşması şeklinde

gerçekleşmektedir. *S. fatmae* türünde polinatörün nektara ulaşımını kolaylaştırmak için stamenlerin yanlara doğru yöneldiği de görülmüştür. Çiçek hareketlerine ait görüntüler Şekil 4.10 ve Şekil 4.11’de gösterilmiştir.



Şekil 4.10. *Scrophularia erzincanica*’da çiçek hareketleri. *S. erzincanica*’da stilusun kendileşmeyi önlemek için anterden uzaklaşması (üst sağ), filamentin kendileşmeyi sağlamak üzere stilus üzerine kıvrılması (üst sol), staminod’un dişi faz için anterleri içeride tutması (alt sol), staminodun anter ve stilusu bastırması (alt sağ).



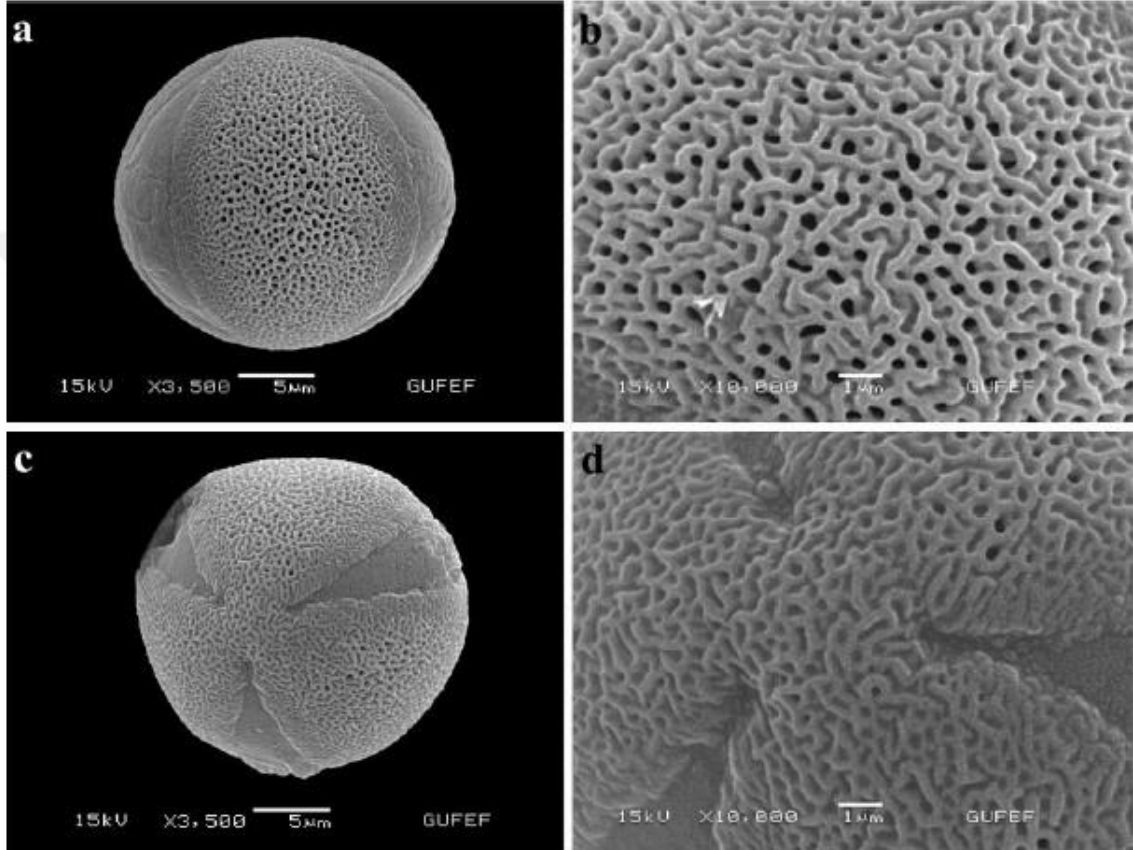
Şekil 4.11. *Scrophularia fatmae*'de çiçek hareketleri. Stilus ile stamenin kendileşmeyi önlemesi hareketi (üst sol, alt sol), dışı fazda stilus hareketi (üst sağ), kendileşmeyi sağlamak üzere stilus-flament hareketi (alt sağ).

4.5. Polen Özellikleri

4.5.1. *Scrophularia erzincanica*'nın polen morfolojisi

Polenler izopolar, radyal simetrlili ve trizonokolporat. Polar eksen (P) 21,36-25,92 μm , ekvatorial eksen (E) 22,08-27,84 μm . P/E oranı $0,93 \pm 0,04$ ve polen şekli oblat-sferoidal. Amb şekli sirkular, çapı 22,8-27,84 μm . Ekzin subtektat, 0,72-1,2 μm kalınlıkta ve ektekin endekzinden daha kalın. Ornemantasyon ekvatorial ve polar bölgede mikoretikülat-rugulat. Muri düz veya dalgalı, kalınlığı 0,2-0,35 μm . Lümen şekli

poligonal, orbikular veya amorf, çapı ise 0,2-0,88 μm ; 5 μm^2 'deki lümen sayısı 23-34. İntin 0,48-0,96 μm kalınlıkta. Kolpus uzun, sınırları belirgin, uçları sivri ve membranı granülat; Clg 19,2-24 μm , Clt 5,04-6,72 μm . Por lalongat veya lolongat, membranı granülat; Plg 8,64-12,48 μm , Plt 8,64-12,48 μm . Apokolpiyum çapı 3,84-5,76 μm , (Özbek, 2018). Polen morfolojisi Şekil 4.12'de gösterilmiştir.



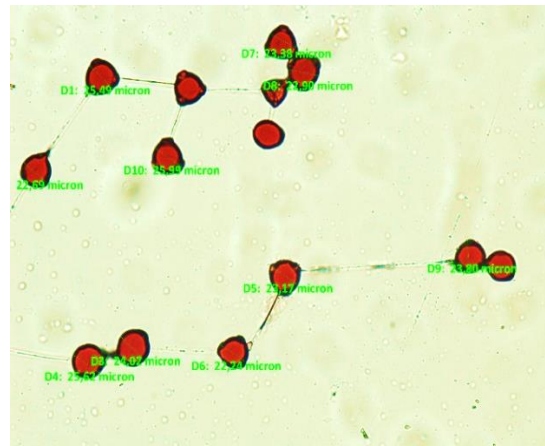
Şekil 4.12. *Scrophularia erzincanica* polenlerinin taramalı elektron mikroskobu fotoğrafları. a. Ekvatorial görünüş, b. Ornemantasyon (Ekvatorial görünüş), c. Polar görünüş, d. Ornemantasyon (Polar görünüş) (Özbek, 2018).

4.5.2. *Scrophularia erzincanica* 'nın polen sayıları ve canlılığı

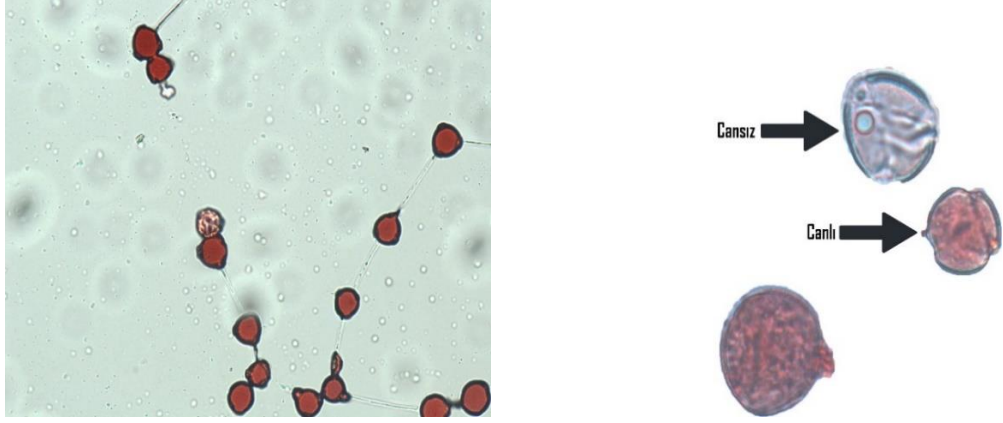
Farklı çiçeklere ait 10 adet patlamamış anterler üzerinde yapılan sayım sonuçları Tablo 4.27'de verilmiştir. Polen canlılık testleri sonucunda, *S. erzincanica*'da 10 sağlıklı anterden alınan polenlerin asetokarmen boyası ile test edilmesi sonucunda, türün polen canlılığı %96,9 olarak tespit edilmiştir. Sonuçlar Tablo 4.27'de belirtilmiştir. Polen sayımı ve canlılığın tespitine ait görüntüler Şekil 4.13 ve Şekil 4.14'te gösterilmiştir.

Tablo 4.27. *Scrophularia erzincanica*'da bir çiçeğe ait polen sayım sonuçları ve canlılık oranları.

Ölçüm sayısı	Polen Sayısı (1 anter)	Polen canlılığı (%)
1	6.500	97
2	6.800	98
3	6.600	95
4	6.950	97
5	6.470	96
6	6.580	96
7	6.690	96
8	6.600	95
9	6.320	98
10	6.820	99
Ort.	6633	96,9
SS.	186,73	1,26



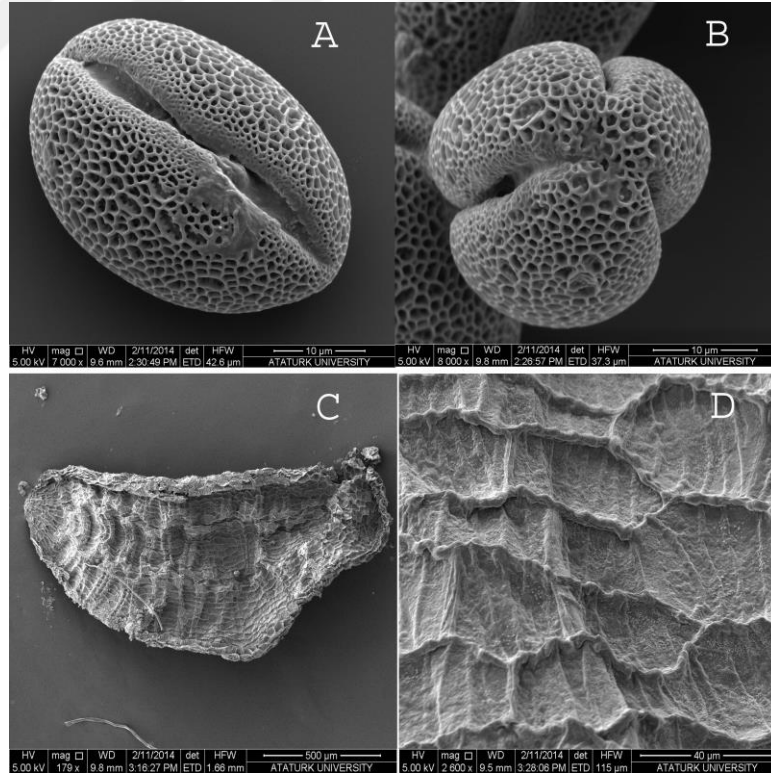
Şekil 4.13. *Scrophularia erzincanica*'da polen sayımına ait görüntüler.



Şekil 4.14. *Scrophularia erzincanica*'da polen canlılığına ait görüntüler.

4.5.3. *Scrophularia fatmae*'nin polen morfolojisi

Polenler izopolar, radyal simetrlili ve trizonokolporat. Polar eksen (P) 24,96-31,68 μm , ekvatorial eksen (E) 28,8-32,88 μm . P/E oranı $0,9 \pm 0,02$ ve polen şekli oblat-sferoidal. Amb şekli sirkular, çapı 26,16-33,6 μm . Ekzin subtektat, 0,96-1,92 μm kalınlıkta ve ektekin endekzinden daha kalın (Şekil 4.15).



Şekil 4.15. *Scrophularia fatmae*'nin polen ve tohum mikromorfolojileri: A- polen yüzey süsleri, B- polen duvar açıklığı, C- tohum genel görünüşü, D- tohum yüzeyi süsleri (Kandemir vd., 2014).

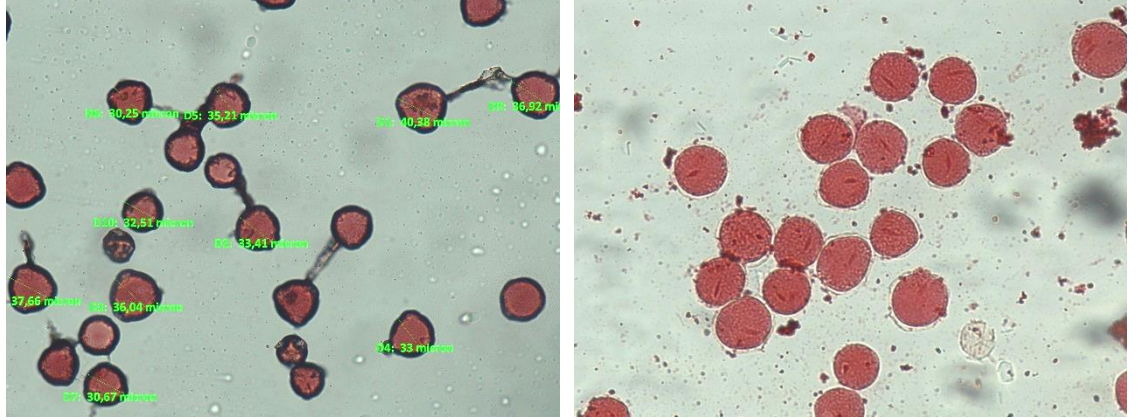
Ornemanstasyon ekvatorial bölgede retikülat, polar bölgede ise mikroretikülat. Muri düz veya dalgalı, kalınlığı 0,17-0,36 µm. Lümen şekli poligonal, orbikular veya amorf, çapı ise 0,32-0,66 µm; 5 µm²'deki lümen sayısı 4-16. İntin 0,48-0,96 µm kalınlıkta. Kolpus uzun, sınırları belirgin, uçları sivri ve membranı granülat; Clg 21,12-30,72 µm, Clt 3,84-5,76 µm. Por lalongat veya lolongat, membranı granülat; Plg 10,56-16,32 µm, Plt 9,6-14,4 µm. Apokolpiyum çapı 2,88-4,8 µm, (Özbek, 2018'den).

4.5.4. *Scrophularia fatmae*'nin polen sayıları ve canlılığı

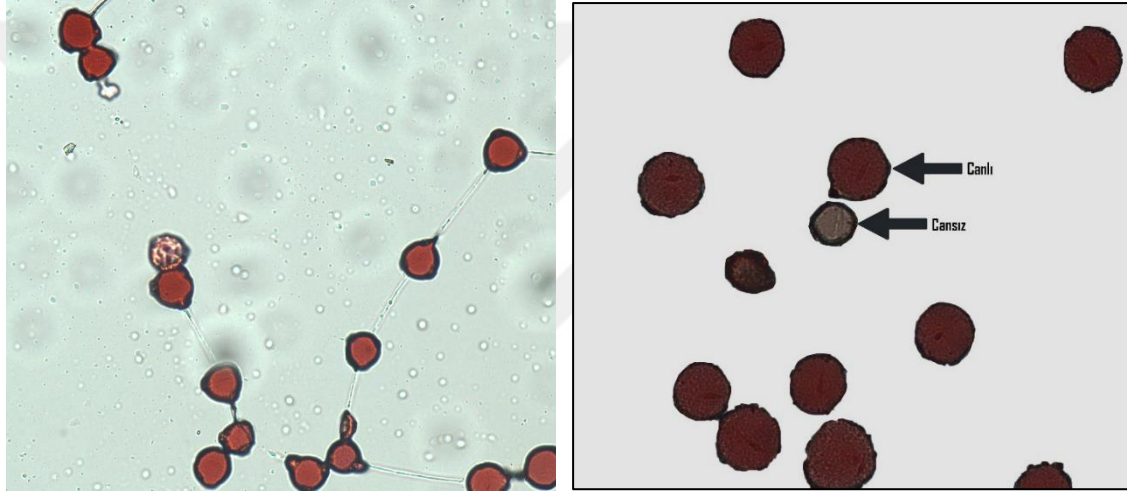
Farklı çiçeklere ait 10 adet patlamamış anterler üzerinde yapılan sayım sonuçları Tablo 4.28 'de verilmiştir. Polen canlılık testleri sonucunda *S. fatmae* de 10 sağlıklı anterlerden alınan polenlerin astokarmen boyası ile kontrol edilmesi sonucunda, türün polen canlılığı %96,2 olarak tespit edilmiştir. Sonuçlar Tablo 4.28'de belirtilmiştir. Polen sayımı ve canlılığın tespitine ait görüntüler Şekil 4.16. ve Şekil 4.17. de gösterilmiştir.

Tablo 4.28. *Scrophularia fatmae*'de bir çiçeğe ait polen sayım sonuçları ve polen canlılık oranları.

Ölçüm sayısı	Polen Sayısı (1 anter)	Polen canlılığı (%)
1	3.900	95
2	4.300	97
3	4.240	98
4	4.080	96
5	4.280	95
6	4.400	96
7	3.960	97
8	4.100	96
9	4.050	97
10	4.200	95
Ort.	4151	96,2
SS.	159,34	1,03



Şekil 4.16. *Scrophularia fatmae*'de polen sayımına ait görüntüler.



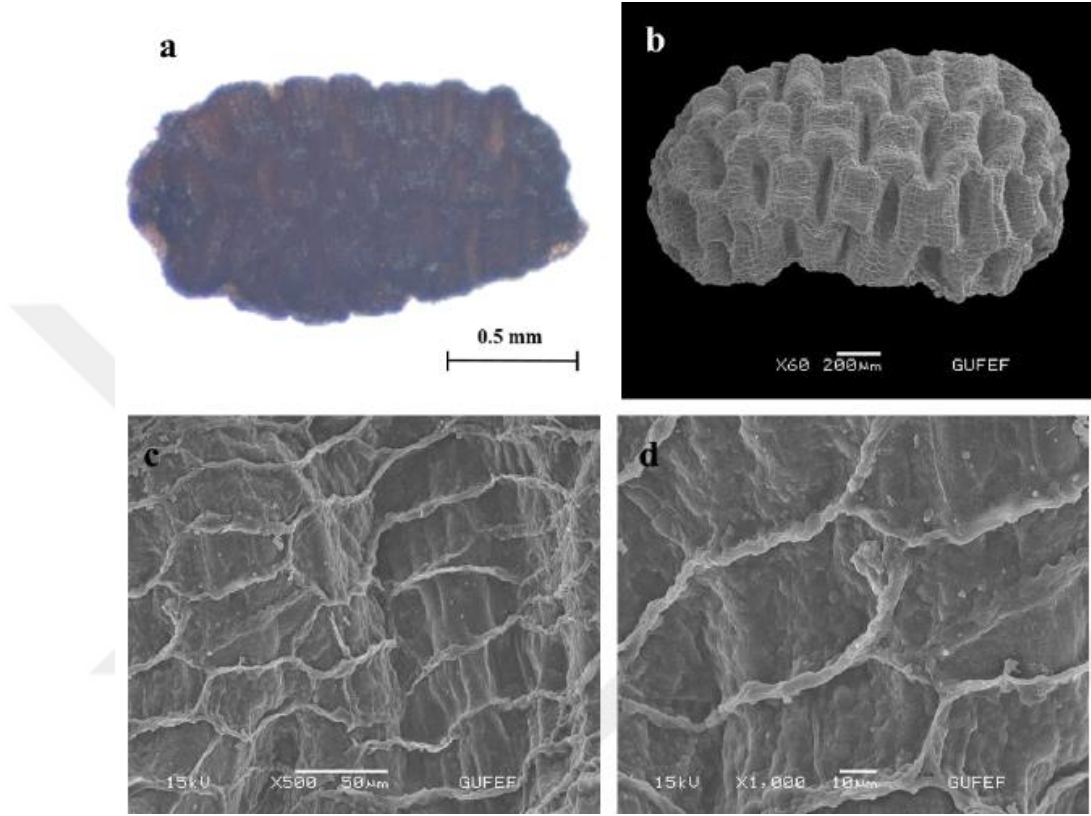
Şekil 4.17. *Scrophularia fatmae*'de polen canlılığına ait görüntüler.

4.6. Tohum Özellikleri

4.6.1. *Scrophularia erzincanica*'nın tohum morfolojisi

Tohumlar 0,81-1,33 x 1,53-2,04 mm boyutunda, kahverengi veya siyahımsı-kahverengi, oblong, elipsoid veya obovoid. Yüzey ornemantasyonu biretikülat-alveolat. Primer retikül yapısını oluşturan hücreler 24,17-38,8 μm genişliğinde, 43,25-94,14 μm uzunluğunda olup dikdörtgen, poligonal veya eliptik. Sekonder retikül yapısında ise hücreler sık dizilmiş ve dikdörtgen; fakat bu hücreler belirgin değildir. Bu hücrelerin köşelerinde belirgin olmayan vesiküller bulunmaktadır. Primer antiklinal duvarlar 3,18-5,72 μm kalınlığında, düz ve yükselmiştir. Sekonder antiklinal duvarlar 2,96-5,93 μm kalınlığında ve düz. Periklinal duvarlar ise rugoz bir formasyona sahiptir. Tohum

yüzeyine alveolat yapısını kazandıran oyuklar 3-4 sıra boyunca düzenli bir şekilde dizilmiştir. Oyuklar derin, 163,1-278,2 μm genişliğinde, 58,85-142,4 μm uzunluğunda; şekli ise oblong ve linear, (Özbek, 2018 ve Özbek vd. 2020'den). Tohum morfolojisi Şekil 4.18'de gösterilmiştir.



Şekil 4.18. *Scrophularia erzincanica* tohumlarının LM ve SEM fotoğrafları (MEU 2528). a. Genel görünüş (LM), b. Genel görünüş (SEM), c, d. Yüzey ornemantasyonu (SEM), (Özbek, 2018).

4.6.2. *Scrophularia erzincanica*'nın tohum sayıları ve canlılığı

Türün tohum sayıları, canlılık oranları ve ağırlıkları farklı polinasyon uygulamalarının türün üreme başarısına etkileri bölümünde (bölüm 4.10.1) verilmiştir.

4.6.3. *Scrophularia fatmae*'nin tohum morfolojisi

Tohumlar 0,79-1,24 x 1,44-1,89 mm boyutunda, koyu kahverengi, oblong, elipsoid veya obovoid. Yüzey ornemantasyonu biretikülat-alveolat. Primer retikül yapısını oluşturan hücreler 17,81-44,52 μm genişliğinde, 33,71-101,7 μm uzunluğunda olup dikdörtgen, poligonal veya eliptik. Sekonder retikül yapısında ise hücreler sık dizilmiş ve dikdörtgen.

Bu hücrelerin köşelerinde belirgin bir şekilde vesiküller bulunmaktadır. Primer antiklinal duvarlar 2,12-4,66 µm kalınlığında, düz ve yükselmiştir. Sekonder antiklinal duvarlar 1,69-4,24 µm kalınlığında ve düz. Periklinal duvarlar ise rugoz bir formasyona sahiptir. Tohum yüzeyine alveolat yapısını kazandıran oyuklar 3-4 sıra boyunca düzenli bir şekilde dizilmiştir. Oyuklar 57,25-251,2 µm genişliğinde, 32,44-57,25 µm uzunluğunda, (Kandemir vd., 2014; Özbek, 2018 ve Özbek vd. 2020'den). Tohum morfolojisi Şekil 4.15'te gösterilmiştir.

4.6.4. *Scrophularia fatmae*'nin tohum sayıları ve canlılığı

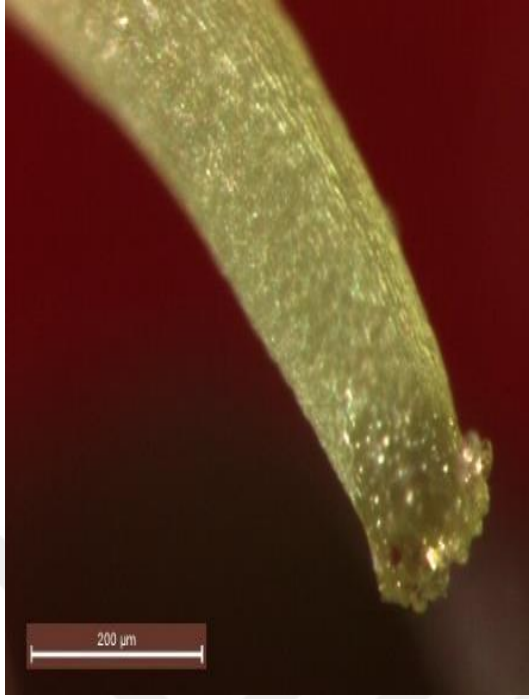
Türün tohum sayıları, canlılık oranları ve ağırlıkları farklı polinasyon uygulamalarının türün üreme başarısına etkileri bölümünde (bölüm4.10.2) verilmiştir.

4.7. Stigma ve Stilus Morfolojileri, Stilus Alıcılığı ve Tohum Taslağı Sayıları

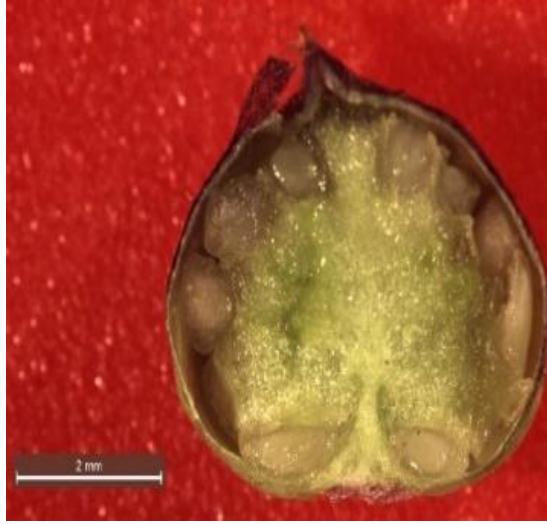
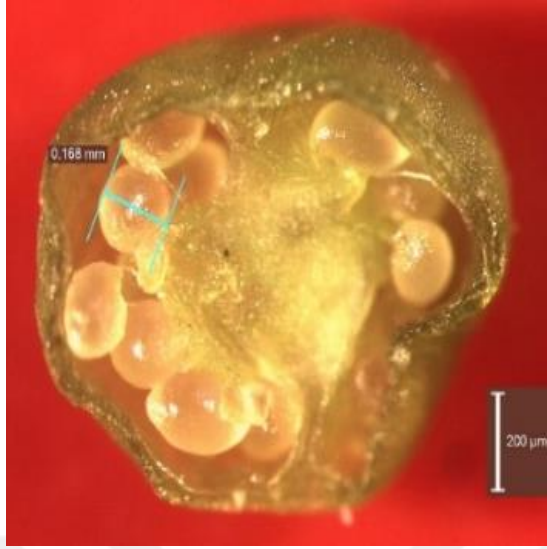
Her iki türde de stigmanın nemli karakterde ve papillar yapıda olduğu belirlenmiştir. Stilus her iki türde de korolla dışına uzanmış ve *S. erzincanica*'da belirgin olarak dış bükey kavislidir. *S. fatmae*'nin stilusu az çok doğrusal şekillidir (Şekil 4.19). Oldukça ince yapısı nedeniyle mevcut imkanlar dahilinde iç yapısının boyuna kesitte incelenmesi mümkün olamamıştır. Türlerin 20 sağlıklı ovaryumundan alınan kesitlerin incelenmesi ile 36 adet tohum taslağına (ovül) sahip olduğu görülmüştür (Şekil 4.20).

Çiçekli bitkilerin döllenme süreleri ve tozlaşma dönemleri için stigma alıcılığı oldukça önemlidir. Araştırmada *S. erzincanica*'da stigma alıcılığının *S. fatmae* türüne oranla daha kısa olduğu görülmüştür. Her iki türde dişi faz süresince stigma alıcı konumundadır.

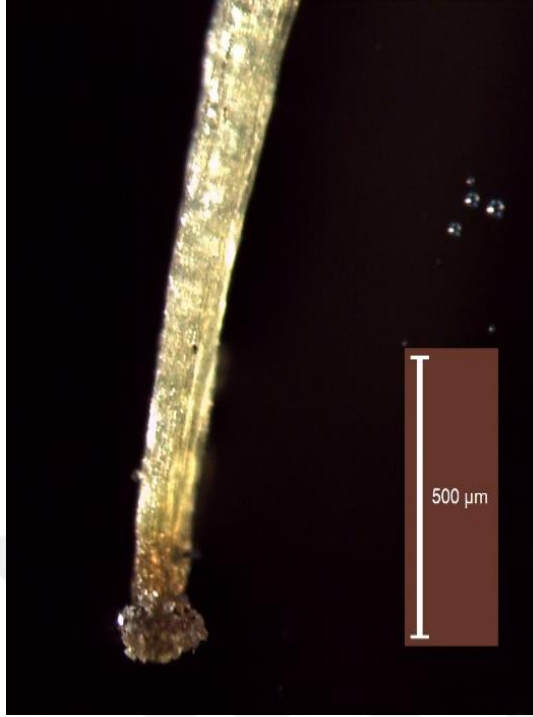
S. erzincanica'da erkek fazın başlangıcında alıcı olan stigma kısa süre sonra alıcılığını kaybettiği belirlenmiştir (stigma çiçek ömrünün ilk 1/4'ünde alıcıdır). *S. fatmae* türünde alıcılık çiçeklenmenin sonuna kadar devam ettiği tespit edilmiştir. Türlerin stigma alıcılığına ilişkin görüntüler Şekil 4.21'de verilmiştir.



Şekil 4.19. Türlerle ait stigma ve stilus morfolojileri (*Scrophularia erzincanica* solda, *Scrophularia fatmae* sağda).



Şekil 4.20. Türlerle ait tohum taslakları. *Scrophularia erzincanica* (üstte), *Scrophularia fatmae* (altta).



Şekil 4.21. *Scrophularia erzincanica* (sol üst ve sol alt) ve *S. fatmae*'de (sağ üst ve sağ alt) stigma alıcılığı. Üstte alıcı olmayan stigmalar, altta alıcı olan stigmalar gösterilmiştir.

4.8. Nektar Hacimleri ve Nektar Şeker Konsantrasyonu

4.8.1. *Scrophularia erzincanica*'da nektar hacimleri ve şeker konsantrasyonu

30 çiçekte ölçülen nektar miktarları Tablo 4.29'da verilmiştir. Yöntemde belirtildiği şekilde refraktometre kullanılarak nektarların sükroz oranı ölçülmeye çalışılmıştır. Fakat refraktometrenin ölçüm skalasında görülecek düzeyde sükroz konsantrasyonu belirlenememiştir.

Tablo 4.29. *Scrophularia erzincanica*'da nektar miktarı (µl).

0,14	0,03	0,16
0,19	0,09	0,22
0,13	0,09	0,13
0,22	0,13	0,13
0,16	0,19	0,19
0,16	0,11	0,06
0,25	0,32	0,13
0,19	0,16	0,16
0,25	0,11	0,06
0,06	0,19	0,25
Ortalama	0,16	
SS	0,07	

4.8.2. *Scrophularia fatmae*'de nektar hacimleri ve şeker konsantrasyonu

30 çiçekte ölçülen nektar miktarları Tablo 4.30'da verilmiştir. Yöntemde belirtildiği şekilde refraktometre kullanılarak sükroz oranı ölçülmeye çalışılmıştır. Refraktometrenin ölçüm skalasında görülecek düzeyde sükroz konsantrasyonu belirlenememiştir.

Tablo 4.30. *Scrophularia fatmae*'de nektar miktarı (µl).

0,17	0,03	0,25
0,19	0,02	0,03
0,09	0,09	0,34
0,03	0,25	0,03
0,13	0,03	0,03
0,25	0,34	0,19
0,03	0,03	0,09
0,34	0,25	0,22
0,03	0,02	0,06
0,03	0,09	0,03
Ortalama	0,12	
SS	0,11	

4.9. Polinatörler / Tozlayıcılar

4.9.1. *Scrophularia erzincanica*'nın polinatörleri

S. erzincanica türünde *Halictus quadricinctus* (Fabricius, 1776) (Hymenoptera-Halictidae), *Halictus* sp. ve *Lasioglossum pauxillum* = *Halictus pauxillus* Schnck. (Hymenoptera-Halictidae), *Eristalis tenax* L. (Syrphidae) ve *Eristalinus taeniops* Wiedemann (Syrphidae) türlerinin polinatör oldukları görülmüştür.

Polinatörlerden *Halictus* sp., *L. pauxillum*, *E. tenax* ve *E. taeniops* türlerinin 2019, 2020 yılında ise *L. pauxillum*, *H. quadricinctus*'un aktif olduğu tespit edilmiştir. *Halictus* sp., *E. tenax* ve *E. taeniops* türlerine 2020 yılı içinde hiç rastlanmamıştır. *L. Pauxillum* ve *H. quadricinctus* ise her iki vejetasyon döneminde aktif olarak görülmüşlerdir.

Çiçeklenme süresince iki yılda da ziyaret gösteren *L. pauxillum*'un *Isatis* L. (Brassicaceae) türlerini yoğun olarak tercih ettiği, daha az sıklıkta *S. erzincanica* çiçeklerinden nektar topladığı kaydedilmiştir. Çiçeklenme süresince *H. quadricinctus*, *Halictus* sp. ve *A. Mellifera*'nın *S. erzincanica*'dan başka bitkilerle ender olarak ilgilendikleri anlaşılmıştır.

2019 ve 2020 yıllarında *S. erzincanica* bireylerine gelen polinatörler, gelme zamanı ve sıklığı Tablo 4.31'de, çiçekte kalma süreleri ve çiçek ziyaret amaçları Tablo 4.32'de belirtilmiştir. Tabloda düzensiz ve nadir gelen *E. taeniops* ve *A. mellifera* türlerine yer verilmemiştir. *S. erzincanica*'nın yaşam alanında birçok başka Polinatör görülmekle birlikte, bitkimiz üzerinde herhangi bir tozlaştırıcı faaliyet göstermeyen böcekler polinatör gruplarına dahil edilmemişlerdir.

Tablo 4.31. 2019-2020 çiçeklenme dönemlerinde *Scrophularia erzincanica* türünü ziyaret eden polinatörler, ziyaret zamanları ve ziyaret sıklıkları.

Tarih	Polinatör	Gözlem Saati							
		9:00-10:00	10:00-11:00	11:00-12:00	12:00-13:00	13:00-14:00	14:00-15:00	15:00-16:00	16:00-17:00
03.05.2019	<i>Halictus sp.</i>	0	1	2	2	0	0	0	0
	<i>E. tenax</i>	0	0	0	1	0	0	0	0
	<i>L. pauxillum</i>	0	1	1	1	0	0	0	0
06.05.2019	<i>Halictus sp.</i>	1	2	3	2	2	0	0	0
	<i>E. tenax</i>	0	0	0	0	0	0	0	0
	<i>L. pauxillum</i>	0	0	0	0	0	0	0	0
07.05.2019	<i>Halictus sp.</i>	1	2	2	3	1	1	0	0
	<i>E. tenax</i>	0	0	0	0	0	0	0	0
	<i>L. pauxillum</i>	0	0	1	1	0	0	0	0
08.05.2019	<i>Halictus sp.</i>	0	1	1	1	1	1	0	0
	<i>E. tenax</i>	0	0	0	1	0	0	0	0
	<i>L. pauxillum</i>	0	0	1	1	1	0	0	0

Tablo 4.31. 2019-2020 çiçeklenme dönemlerinde *Scrophularia erzincanica* türünü ziyaret eden polinatörler, ziyaret zamanları ve ziyaret sıklıkları. (devam)

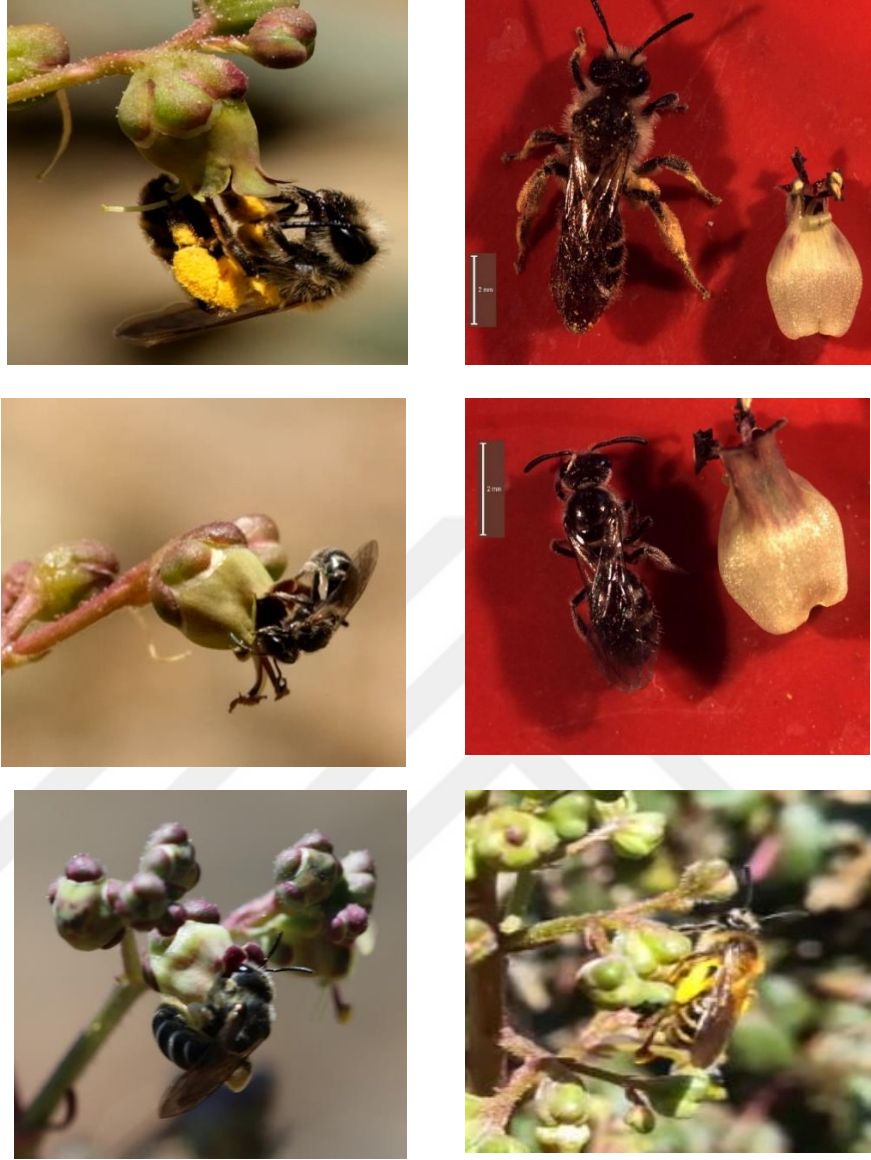
Tarih	Polinatör	Gözlem Saati							
		9:00-10:00	10:00-11:00	11:00-12:00	12:00-13:00	13:00-14:00	14:00-15:00	15:00-16:00	16:00-17:00
10.05.2019	<i>Halictus sp.</i>	1	1	2	3	2	1	0	0
	<i>E. tenax</i>	0	0	0	0	0	0	0	0
	<i>L. pauxillum</i>	0	0	1	1	0	0	0	0
11.05.2019	<i>Halictus sp.</i>	0	1	3	2	1	0	0	0
	<i>E. tenax</i>	0	0	1	1	0	0	0	0
	<i>L. pauxillum</i>	0	1	1	1	0	0	0	0
12.05.2019	<i>Halictus sp.</i>	0	0	0	0	0	0	0	0
	<i>E. tenax</i>	0	0	0	0	0	0	0	0
	<i>L. pauxillum</i>	0	0	0	0	0	0	0	0
13.05.2019	<i>Halictus sp.</i>	0	1	2	2	1	1	0	0
	<i>E. tenax</i>	0	0	1	1	0	0	0	0
	<i>L. pauxillum</i>	0	0	1	0	0	0	0	0
14.05.2019	<i>Halictus sp.</i>	0	1	2	2	1	0	0	0
	<i>E. tenax</i>	0	0	0	0	0	0	0	0
	<i>L. pauxillum</i>	0	1	1	1	0	0	0	0
15.05.2019	<i>Halictus sp.</i>	0	1	2	1	1	0	0	0
	<i>E. tenax</i>	0	0	0	0	0	0	0	0
	<i>L. pauxillum</i>	0	0	0	1	0	0	0	0
16.05.2019	<i>Halictus sp.</i>	0	1	2	1	1	0	0	0
	<i>E. tenax</i>	0	0	0	0	0	0	0	0
	<i>L. pauxillum</i>	0	0	0	0	0	0	0	0
18.05.2019	<i>Halictus sp.</i>	0	1	1	2	1	0	0	0
	<i>E. tenax</i>	0	0	0	1	0	0	0	0
	<i>L. pauxillum</i>	0	0	0	0	0	0	0	0
21.05.2019	<i>Halictus sp.</i>	0	0	1	1	0	0	0	0
	<i>E. tenax</i>	0	0	1	0	0	0	0	0
	<i>L. pauxillum</i>	0	0	1	0	0	0	0	0
25.05.2019	<i>Halictus sp.</i>	0	0	1	1	0	0	0	0
	<i>E. tenax</i>	0	0	0	0	0	0	0	0
	<i>L. pauxillum</i>	0	0	0	1	0	0	0	0

Tablo 4.31. 2019-2020 çiçeklenme dönemlerinde *Scrophularia erzincanica* türünü ziyaret eden polinatörler, ziyaret zamanları ve ziyaret sıklıkları. (devam)

Tarih	Polinatör	Gözlem Saati							
		9:00-10:00	10:00-11:00	11:00-12:00	12:00-13:00	13:00-14:00	14:00-15:00	15:00-16:00	16:00-17:00
29.05.2019	<i>Halictus sp.</i>	0	0	1	1	0	0	0	0
	<i>E. tenax</i>	0	0	0	0	0	0	0	0
	<i>L. pauxillum</i>	0	0	0	0	0	0	0	0
31.05.2019	<i>Halictus sp.</i>	0	0	0	0	0	0	0	0
	<i>E. tenax</i>	0	0	0	0	0	0	0	0
	<i>L. pauxillum</i>	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Halictus sp.</i> ziyaret sıklığı		3	13	25	24	12	4	0	0
<i>E. tenax</i> ziyaret sıklığı		0	3	3	5	0	0	0	0
<i>L. pauxillum</i> ziyaret sıklığı		0	0	7	8	1	0	0	0
Toplam ziyaret sıklığı		3	16	36	37	13	4	0	0
2020 yılı gözlemleri									
18.04.2020	<i>L. pauxillum</i>	0	0	1	0	0	0	0	0
	<i>H. quadricinctus</i>	0	1	1	1	1	0	0	0
22.04.2020	<i>L. pauxillum</i>	0	0	1	1	0	0	0	0
	<i>H. quadricinctus</i>	0	1	1	1	1	0	0	0
01.05.2020	<i>L. pauxillum</i>	0	0	0	0	0	0	0	0
	<i>H. quadricinctus</i>	0	0	0	0	0	0	0	0
03.05.2020	<i>L. pauxillum</i>	0	0	0	1	0	0	0	0
	<i>H. quadricinctus</i>	0	1	3	3	3	1	0	0
04.05.2020	<i>L. pauxillum</i>	0	0	0	0	0	0	0	0
	<i>H. quadricinctus</i>	0	0	0	0	0	0	0	0
07.05.2020	<i>L. pauxillum</i>	0	0	1	1	0	0	0	0
	<i>H. quadricinctus</i>	1	3	3	3	2	1	0	0
11.05.2020	<i>L. pauxillum</i>	0	1	1	0	0	0	0	0
	<i>H. quadricinctus</i>	0	1	3	3	2	1	0	0
12.05.2020	<i>L. pauxillum</i>	0	1	1	0	0	0	0	0
	<i>H. quadricinctus</i>	0	1	3	3	3	1	0	0

Tablo 4.31. 2019-2020 çiçeklenme dönemlerinde *Scrophularia erzincanica* türünü ziyaret eden polinatörler, ziyaret zamanları ve ziyaret sıklıkları. (devam)

Tarih	Polinatör	Gözlem Saati							
		9:00-10:00	10:00-11:00	11:00-12:00	12:00-13:00	13:00-14:00	14:00-15:00	15:00-16:00	16:00-17:00
13.05.2020	<i>L. pauxillum</i>	0	0	1	1	2	1	0	0
	<i>H. quadricinctus</i>	0	1	1	2	1	0	0	0
14.05.2020	<i>L. pauxillum</i>	0	0	1	1	0	0	0	0
	<i>H. quadricinctus</i>	1	1	3	3	2	1	0	0
15.05.2020	<i>L. pauxillum</i>	0	1	2	2	1	0	0	0
	<i>H. quadricinctus</i>	0	1	3	3	1	0	0	0
16.05.2020	<i>L. pauxillum</i>	0	0	2	1	0	0	0	0
	<i>H. quadricinctus</i>	0	2	3	3	1	0	0	0
17.05.2020	<i>L. pauxillum</i>	0	1	2	2	1	0	0	0
	<i>H. quadricinctus</i>	0	1	3	3	1	1	0	0
18.05.2020	<i>L. pauxillum</i>	0	0	0	1	0	0	0	0
	<i>H. quadricinctus</i>	0	1	1	2	1	0	0	0
20.05.2020	<i>L. pauxillum</i>	0	0	1	0	0	0	0	0
	<i>H. quadricinctus</i>	0	1	2	2	1	0	0	0
21.05.2020	<i>L. pauxillum</i>	0	0	0	1	0	0	0	0
	<i>H. quadricinctus</i>	0	1	0	3	1	0	0	0
22.05.2020	<i>L. pauxillum</i>	0	0	0	0	0	0	0	0
	<i>H. quadricinctus</i>	0	0	1	1	0	0	0	0
25.06.2020	<i>L. pauxillum</i>	0	0	1	1	0	0	0	0
	<i>H. quadricinctus</i>	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>L. pauxillum</i> ziyaret sıklığı		0	4	15	13	6	1	0	0
<i>H. quadricinctus</i> sıklığı		2	17	29	41	26	7	0	0
Toplam ziyaret sıklığı		2	21	44	54	32	8	0	0
Polinatör Ziyareti									
Yok	0	Bir saat içinde gözlenen bireye polinatör ziyareti olmadı							
Nadir	1	Bir saat içinde gözlenen bireye 10'dan az polinatör ziyareti gözlemlendi							
Yoğun	2	Bir saat içinde gözlenen bireye 10-30 arasında polinatör ziyareti gözlemlendi							
Çok Yoğun	3	Bir saat içinde gözlenen bireye 30'dan fazla polinatör ziyareti gözlemlendi							



Şekil 4.22. *Scrophularia erzincanica* polinatörleri. *Halictus quadricinctus* (üstte), *Lasioglossum pauxillum* (ortada), *Halictus* sp. (sol alta), *Eristalis tenax* (sağ alt).

Bu böceklerden ziyaret sıklığı ve çiçekte kalma süreleri dikkate alındığında *H. quadricinctus* ve *Halictus* sp.'nin en etkin polinatörler olduğu anlaşılmıştır. *L. pauxillum* Schnck. (Hymenoptera-Halictidae) türünün her iki yılda da çiçekleri ziyaret eden polinatör olduğu görülmüştür. Fakat çiçek ziyaret sıklığının düşük olduğu anlaşılmıştır. Türü tam olarak teşhis edilemeyen *Halictus* cinsine ait bir takson 2019 yılında aktif olduğu halde 2020 yılında görülmemiştir. *E. tenax* 2019 yılında düşük yoğunlukta da olsa *S. erzincanica* çiçeklerini ziyaret etmiştir. *E. taeniops*'in *S. erzincanica* çiçeklerini çok ender olarak ziyaret eden başka bir polinatör olduğu anlaşılmıştır. 2020 yılında ise *L.*

pauxillum'un yanında *H. quadricinctus*'un yoğun olarak *S. erzincanica* çiçeklerini ziyaret ettiği görülmüştür.

Tablo 4.32. *Scrophularia erzincanica* polinatörlerinin çiçekte kalma süreleri ve çiçek ziyaret amaçları.

	<i>H. quadricinctus</i>		<i>L. pauxillum</i>		<i>Halictus sp.</i>		<i>E. tenax</i>	
	Çiçekte kalma süresi (sn)	Ziyaret amacı	Çiçekte kalma süresi (sn)	Ziyaret amacı	Çiçekte kalma süresi (sn)	Ziyaret amacı	Çiçekte kalma süresi (sn)	Ziyaret amacı
1	11	nektar	3	nektar	35	nektar	6	nektar
2	56	nektar	5	nektar	5	nektar	8	nektar
3	21	nektar	4	nektar	16	nektar	14	nektar
4	5	nektar	25	nektar	8	nektar	11	nektar
5	15	nektar	6	nektar	11	nektar	8	nektar
6	4	nektar	●160	nektar	12	nektar	8	nektar
7	16	nektar	12	nektar	22	nektar	13	nektar
8	6	nektar	8	nektar	6	nektar	18	nektar
9	9	nektar	11	nektar	11	nektar	12	nektar
10	11	polen	7	nektar	4	nektar	21	nektar
11	13	nektar	22	nektar	9	nektar	18	nektar
12	13	nektar	10	nektar	8	nektar	26	nektar
13	29	nektar	10	nektar	7	nektar	20	nektar
14	5	nektar	14	nektar	25	nektar	9	nektar
15	6	nektar	13	nektar	12	nektar	6	nektar
16	51	polen	9	nektar	15	nektar	15	nektar
17	4	nektar	14	nektar	6	nektar		
18	16	nektar	8	nektar	9	nektar		
19	4	nektar	6	nektar	4	nektar		
20	4	nektar	4	nektar	8	nektar		
21	26	polen			8	nektar		
22	16	nektar			12	nektar		
23	11	nektar			15	nektar		
24	6	nektar			18	nektar		
25	12	nektar			5	nektar		
26	115	polen			14	nektar		
27	28	nektar			8	nektar		

Tablo 4.32. *Scrophularia erzincanica* polinatörlerinin çiçekte kalma süreleri ve çiçek ziyaret amaçları. (devam)

<i>H. quadricinctus</i>			<i>L. pauxillum</i>		<i>Halictus sp.</i>		<i>E. tenax</i>	
	Çiçekte kalma süresi (sn)	Ziyaret amacı	Çiçekte kalma süresi (sn)	Ziyaret amacı	Çiçekte kalma süresi (sn)	Ziyaret amacı	Çiçekte kalma süresi (sn)	Ziyaret amacı
28	24	nektar			32	nektar		
29	50	nektar			6	nektar		
30	32	nektar			14	nektar		
31	6	nektar			6	nektar		
32	42	polen			24	nektar		
33	130	polen			7	nektar		
34	18	nektar			50	polen		
35	5	nektar			8	nektar		
36	14	nektar			20	nektar		
37	38	nektar			4	nektar		
38	5	nektar			26	nektar		
39	6	nektar			10	nektar		
40	110	polen			60	polen		
41	5	nektar			7	nektar		
42	15	nektar			54	polen		
43	10	nektar			5	nektar		
44	11	nektar			13	nektar		
45	8	nektar			5	nektar		
Top.	1042		191		664		213	
Ort.	23,16		10,05		14,76		13,31	

●Bu ziyaret ekstrem sürede olduğu için ortalamanın hesap edilmesinde kullanılmadı.

Halictus türlerinin nektar yanında polen topladıkları da tespit edilmiştir. *L. pauxillum* ender olarak polen toplama faaliyetinde bulunmaktadır. *E. tenax* ve *E. taeniops* ise nektar

toplayıcılarıdır. *S. erzincanica*'nın polinatörlerine ait görünüm Şekil 4.22'de verilmiştir.

Polinatörlerin çiçekte kalma sürelerinin ortalamaları ziyaret aktivite süreleri için bir fikir vermiş olsa da ziyaret sürelerindeki düzensizliklerin çiçekteki anlık nektar (üretilen, bir önceki ziyaretçiden kalan veya ortam koşullarına bağlı buharlaşma) ve açılan anterlerdeki polen kapasiteleri ile ilişkili olduğu düşünülmektedir.

Araziden yakalanarak koleksiyonu yapılan polinatörlere ait vücut boyları Tablo 4.33'te, yıllara göre Polinatör Ziyaret İndeksleri Tablo 4.34 ve 4.35'te verilmiştir.

Tablo 4.33. Koleksiyon haline getirilen polinatörlerin vücut büyüklükleri.

Polinatör adı	Polinatör boyu (mm)										Ortalama
<i>E. tenax</i>	12	11	12	14	13	10	11	14	12	11	12
<i>Halictus sp.</i>	7	9	8	10	7	7	8	7	9	9	8.1
<i>H. quadricinctus</i>	12	11	9	9	11	11	13	12	11	14	11.3
<i>L. pauxillum</i>	5	6	5	6	7	8	5	6	6	7	5.89
	7	5	5	6	5	5	5	7	8	5	
	7	6	6	6	5	5	5				

Tablo 4.34. 2019'da *Scrophularia erzincanica*'da polinatörlerin ziyaret süreleri, Ziyaret Frekansları ve Polinatör Aktivite Oranları (PAO) ve Polinatör Ziyaret İndeksleri (PZİ).

	Kaydedilen ziyaret sayısı	Toplam ziyaret süresi (sn)	Ortalama ziyaret süresi (sn)= PAO	Ziyaret frekansı	PZİ
<i>L. pauxillum</i>	20	191	10,05	0,09	0,91
<i>Halictus sp.</i>	45	664	14,76	0,67	9,89
<i>E. tenax</i>	16	213	13,31	0,24	3,19

Not: Ziyaret frekansı polinatörlerin aktif olduğu tüm zamanları kapsarken kaydedilen ziyaret sayısı ve toplam ziyaret süresi zaman zaman tutulan kayıtlardan elde edilmiştir. Polinatörlerin kaydedilen ziyaret sayısı eşit olmadığı için ziyaret sürelerinin ortalaması polinatör aktivite oranı olarak kabul edilmiştir.

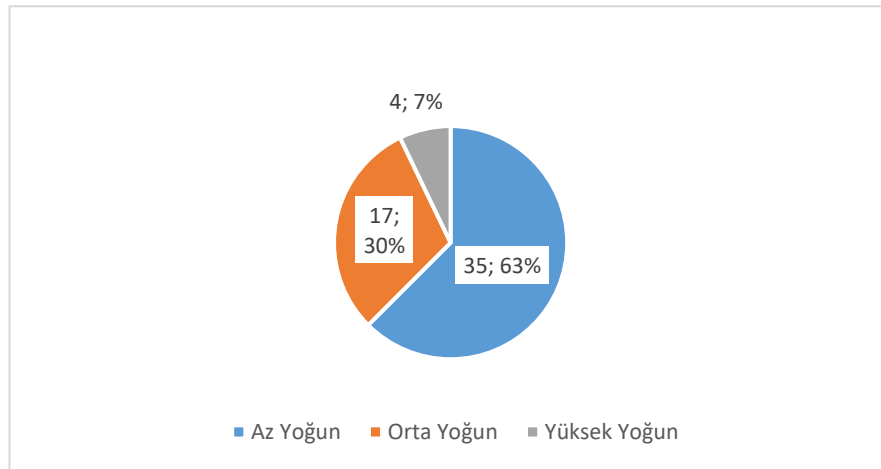
Tablo 4.35. 2020’de *Scrophularia erzincanica*’da polinatörlerin ziyaret süreleri, Ziyaret Frekansları ve Polinatör Aktivite Oranları (PAO) ve Polinatör Ziyaret İndeksleri (PZİ).

	Kaydedilen ziyaret sayısı	Toplam ziyaret süresi (sn)	Ortalama ziyaret süresi (sn)= PAO	Ziyaret frekansı	PZİ
<i>H. quadricinctus</i>	45	1042	23	0,68	15,64
<i>L. pauxillum</i>	20	191	10,05	0,32	3,22

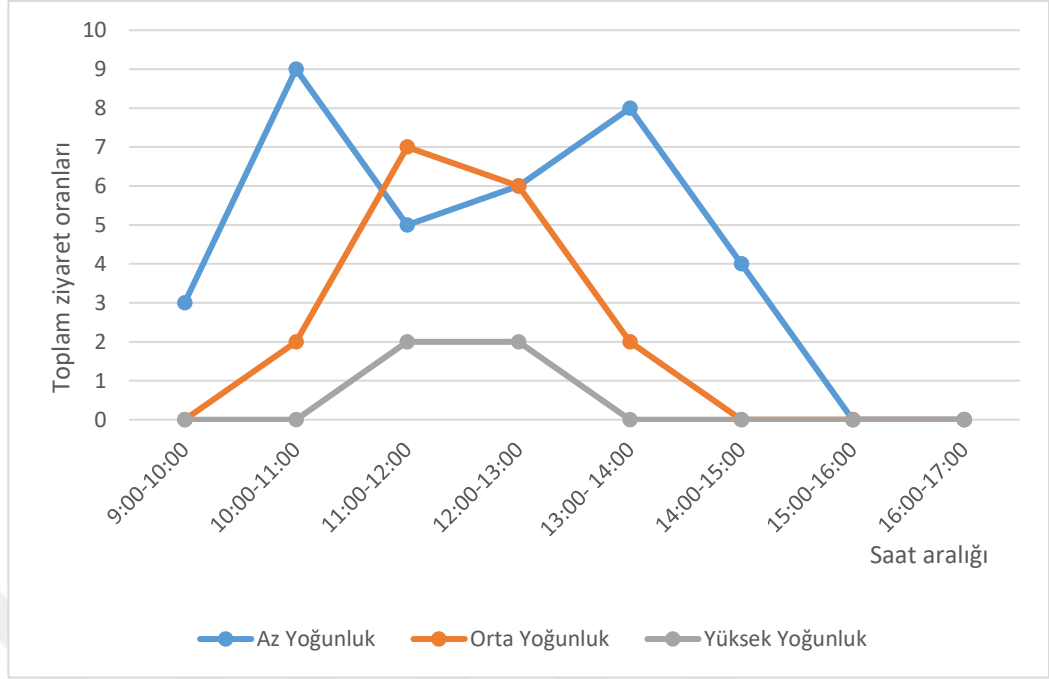
Zaman zaman *S. erzincanica* çiçeklerini *A. mellifera* bireyleri de ziyaret etmektedir. Türün polinatörü olarak kabul edilmekle birlikte düzenli ziyaretçi olmadığı için polinatörlerin gelme sıklığı ve saate bağlı ziyaret eden polinatörlerle ilişkili tablolarda yer verilmemiştir.

4.9.2. *Scrophularia erzincanica*’da polinatör ziyaret oranları

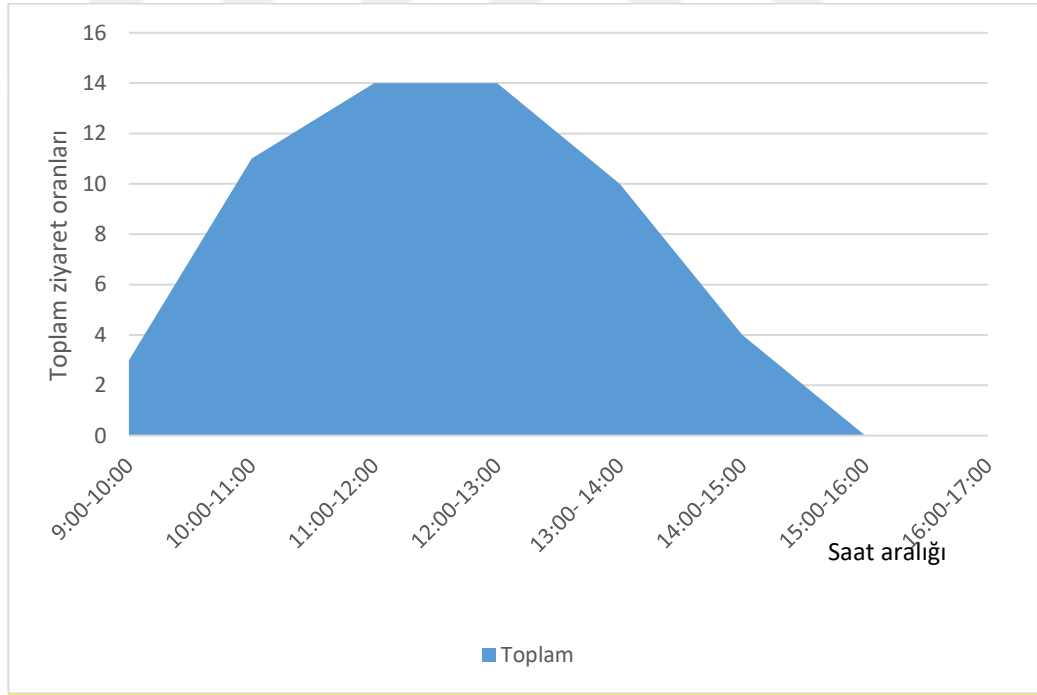
Türe ait polinatörler 2019 ve 2020 yıllarında farklılık gösterdiği için polinatörlerin ziyaret oranları her iki yıl için ayrı ayrı verilmiştir. 03.05.2019- 31.05.2019 tarihleri arasında 9:00-17:00 saatlerinde *Halictus* sp., *L. pauxillum* ve *E. tenax*’ın *S. erzincanica* çiçeklerini “az”, “orta” ve “yüksek” yoğunluk şeklinde ziyaretler oranları, yüzdelik dağılımları ve saatlere göre ziyaret sıklıkları sırasıyla Şekil 4.23-32’de gösterilmiştir. *Halictus* sp. çiçekleri çoğunlukla “yüksek” yoğunlukta ziyaret ettiği görülmektedir. Yüksek yoğunlukta ziyaret ettiği saatler 10.00-14.00 aralığına karşılık gelmektedir.



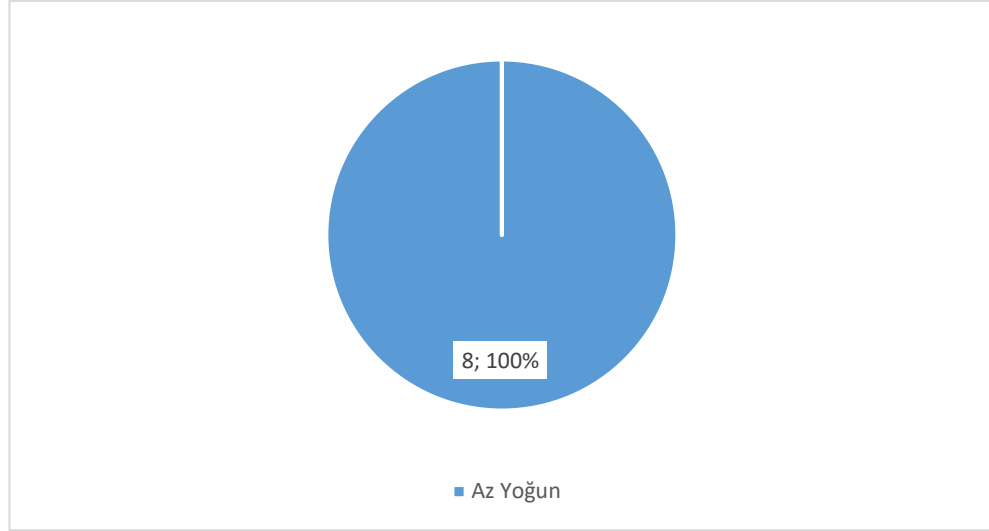
Şekil 4.23. 2019 yılında *Halictus* sp.’nin “az”, “orta” ve “yüksek” yoğunlukta ziyaret oranları ve yüzdeleri.



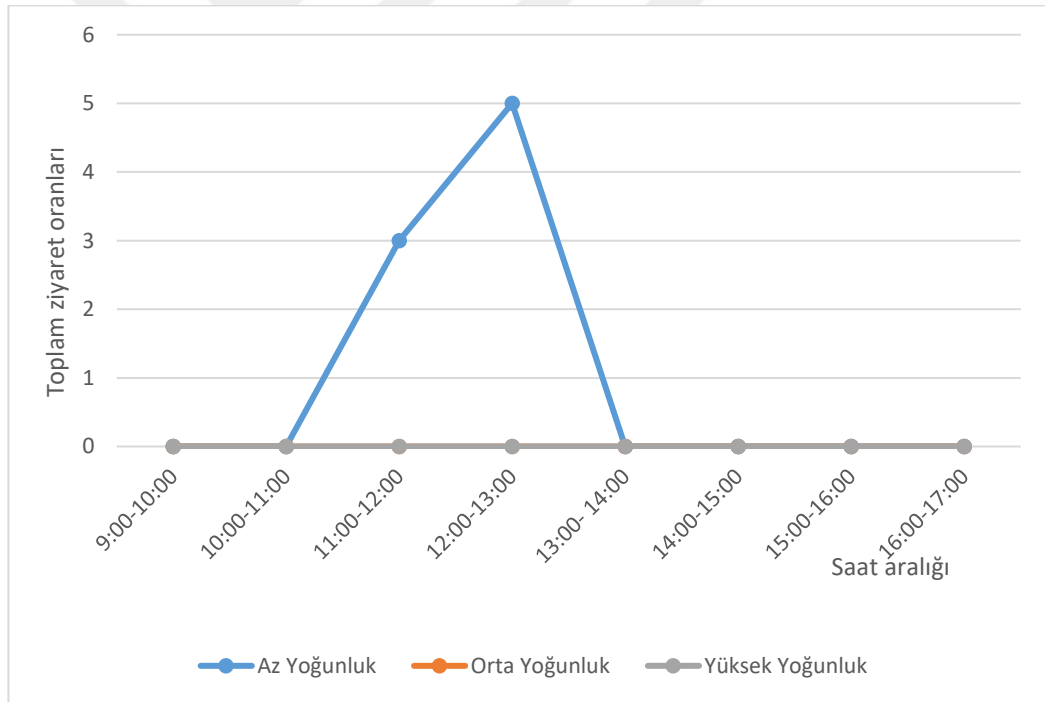
Şekil 4.24. 2019 yılında *Halictus* sp.'nin "az", "orta" ve "yüksek" yoğunlukta ziyaretlerinin saatlere göre değişimi.



Şekil 4.25. *Scrophularia erzincanica*'da 2019 yılında *Halictus* sp.'nin saat dilimine göre toplam ziyaretleri.

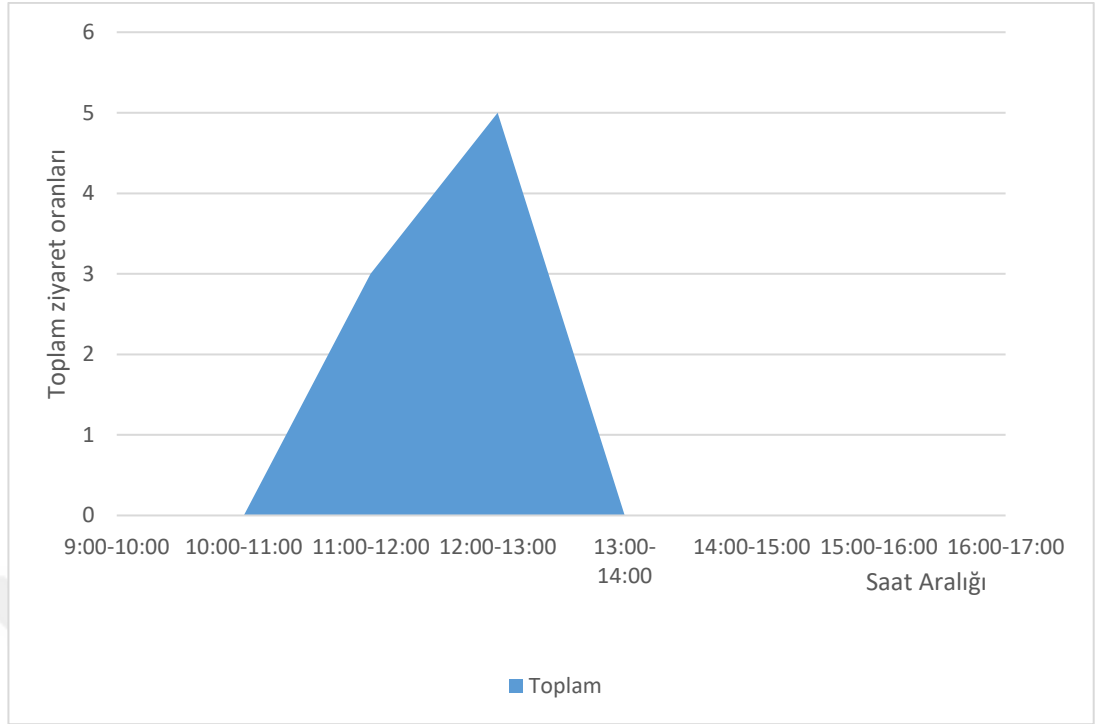


Şekil 4.26. *Scrophularia erzincanica*'da 2019 yılı *E. tenax*'ın “az”, “orta” ve “yüksek” yoğunlukta ziyaret oranları ve yüzdeleri.

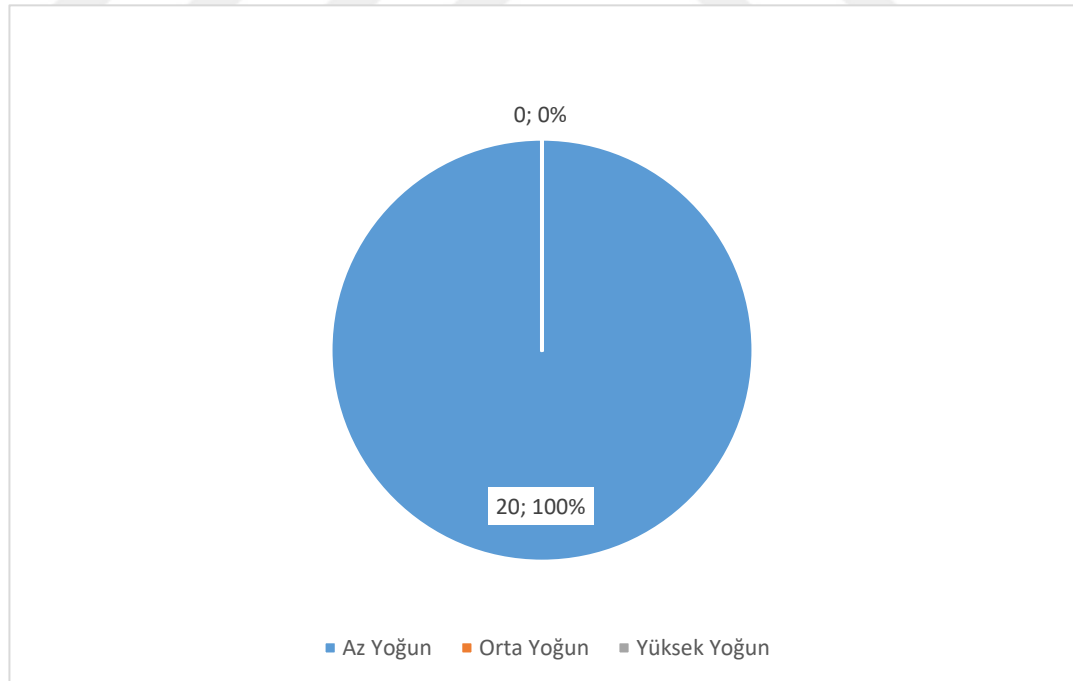


Şekil 4.27. 2019 yılında *Eristalis tenax*'ın ziyaret periyodundaki her bir saat dilimindeki yoğunluğuna göre toplam ziyaret oranları.

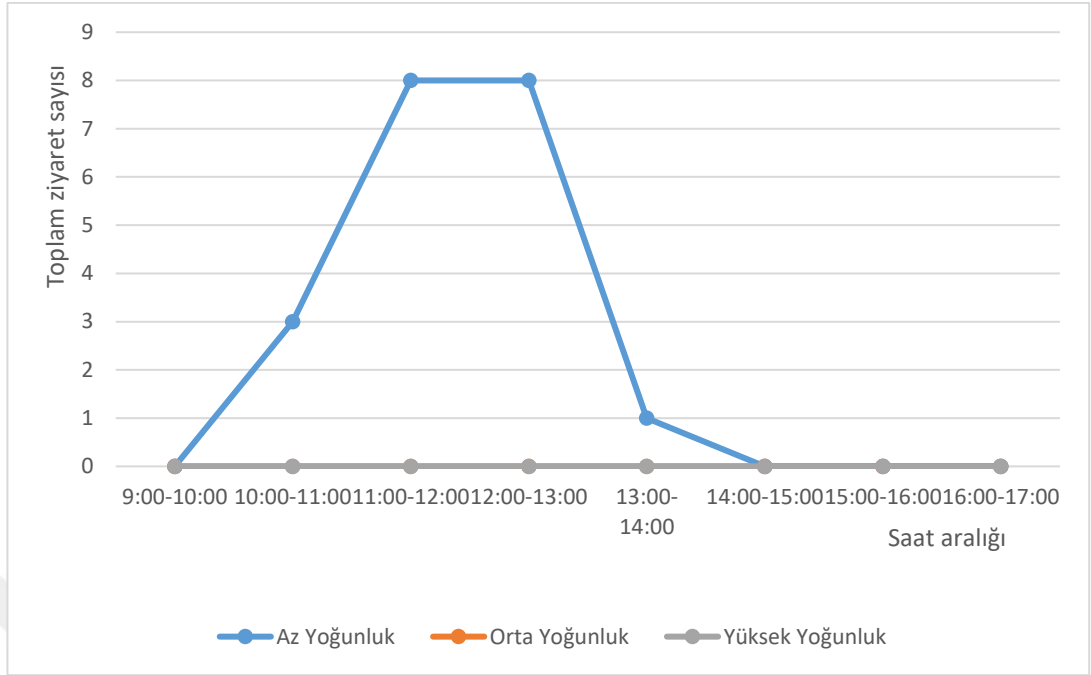
Şekil 4.27'ye göre 2019 yılındaki gözlemler sürecinde *E. tenax* sadece az yoğunluktaki ziyaretleri yapmış, bunu da en fazla 12:00- 13:00 saatleri arasında gerçekleştirmiştir.



Şekil 4.28. *Scrophularia erzincanica*'da 2019 yılında *E. tenax*'ın saat dilimine göre toplam ziyaretleri.

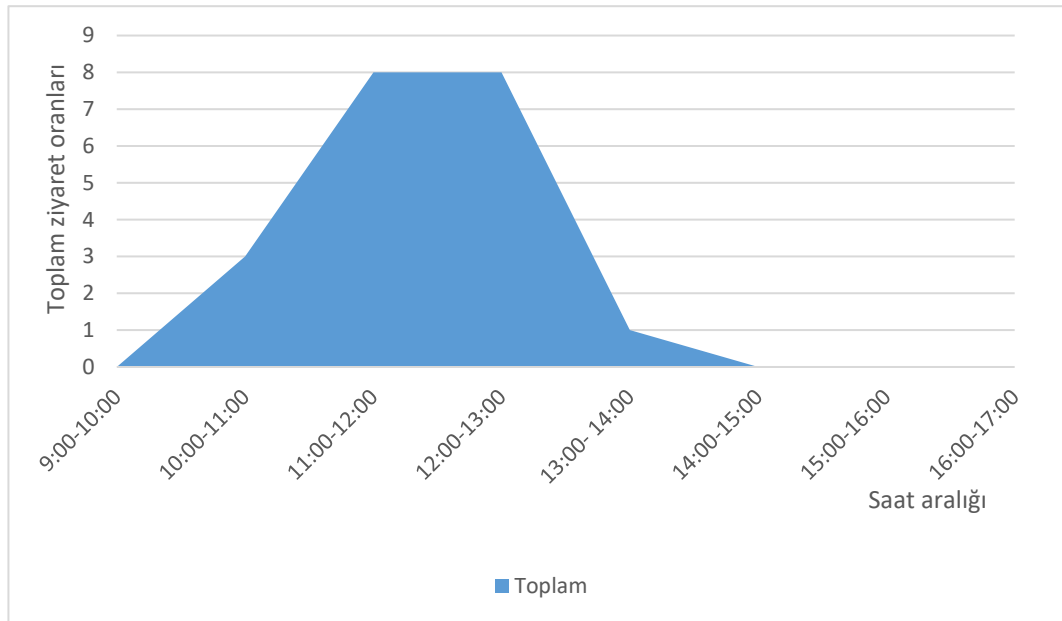


Şekil 4.29. *Scrophularia erzincanica*'da 2019 yılı *L. pauxillum* ziyaret oranı ve yüzdelikleri.



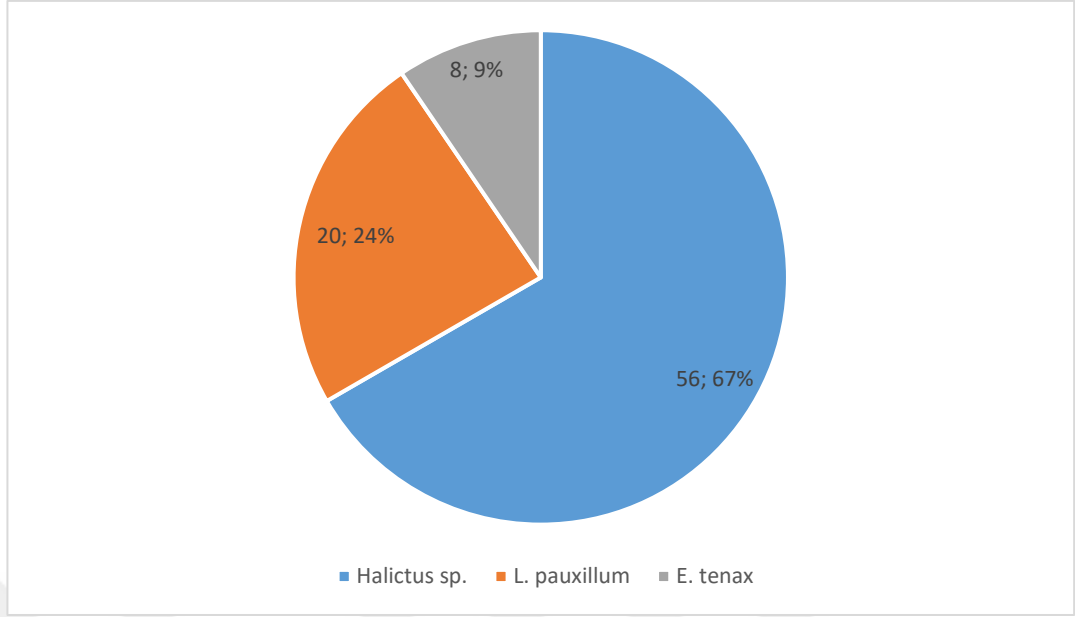
Şekil 4.30. *Scrophularia erzincanica*'da 2019 yılında *Lasioglossum pauxillum*'un ziyaret periyodundaki her bir saat dilimindeki yoğunluğuna göre toplam ziyaret oranları.

Şekil 4.30.'a göre 2019 yılındaki gözlemler sürecinde *L. pauxillum* böcekleri sadece az yoğunluktaki ziyaretleri yapmakta bunu da en fazla 11:00- 13:00 saatleri arasında gerçekleştirmektedir.



Şekil 4.31. *Scrophularia erzincanica*'da 2019 yılında *Lasioglossum pauxillum*'un saat dilimine göre toplam ziyaretleri.

Şekil 4.31'e göre *L. pauxillum* en fazla 11:00- 13:00 saatleri arasında ziyaret gerçekleştirmiştir. 14:00-17:00 saatleri arasında ziyarette bulunulmamıştır.



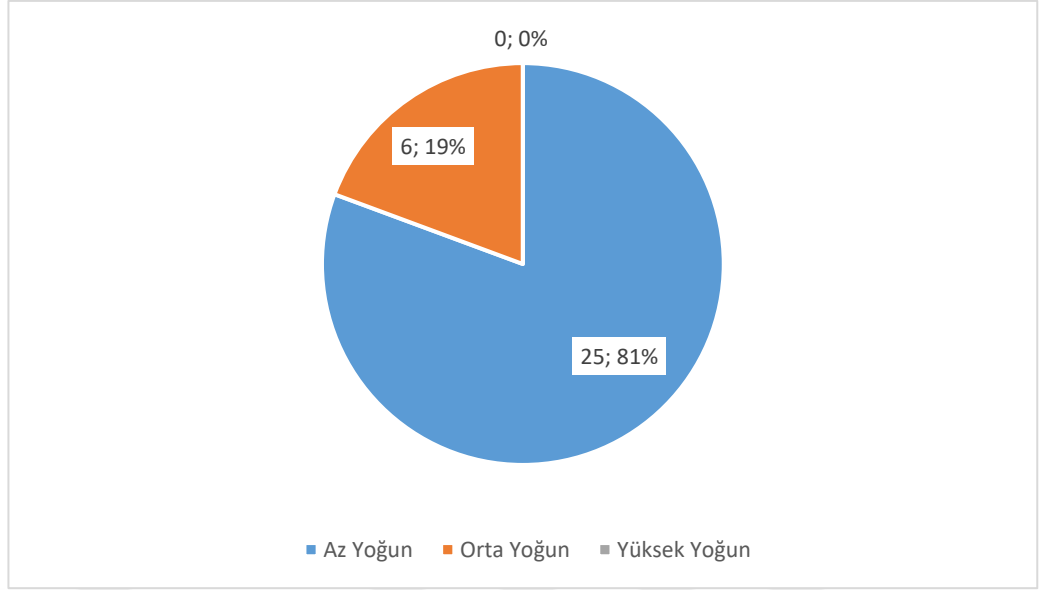
Şekil 4.32. 2019 yılında *Scrophularia erzincanica*'yı ziyaret eden polinatörlerin toplam ziyaret oranları ve yüzdeleri.

Şekil 4.32 'e göre 2019 çiçeklenme döneminde *S. erzincanica* çiçeklerini en yoğun ziyaret eden polinatörün *Halictus* sp. (%67) olduğu belirlenmiştir.

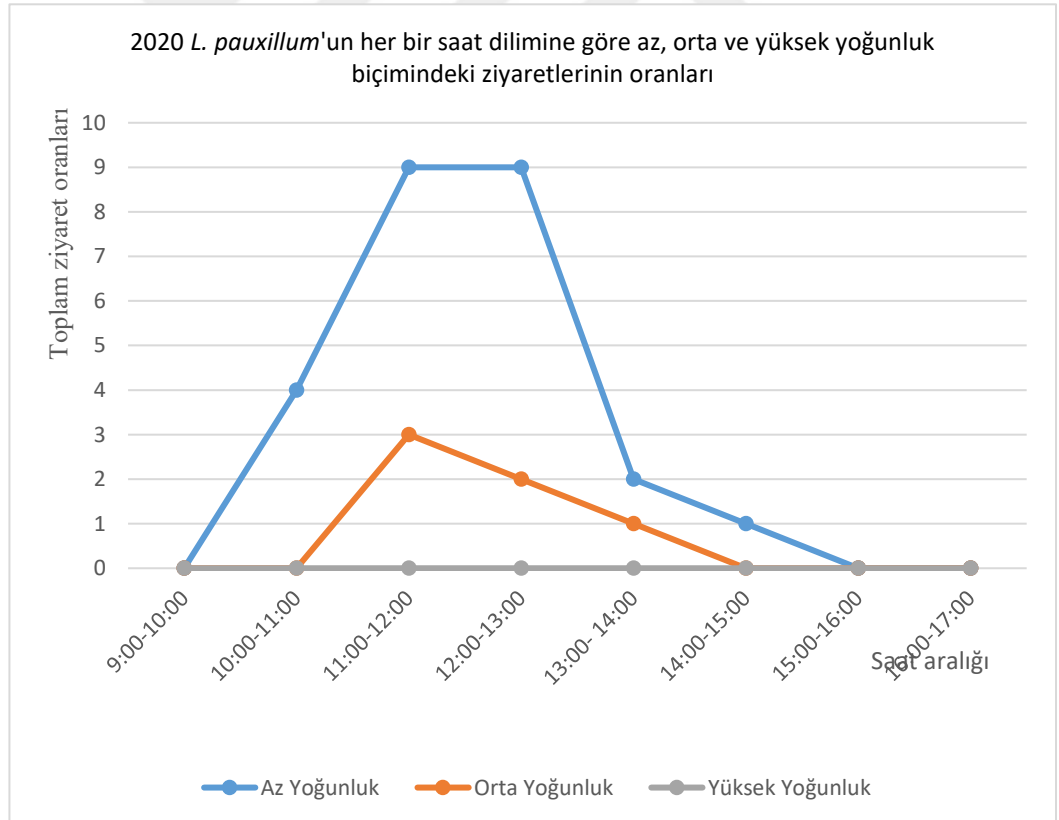
2020 yılında *S. erzincanica*'yı *L. pauxillum* ve *H. quadricinctus* polinatör olarak ziyaret etmiştir. *E. tenax* ve *E. taeniops* tarafından *S. erzincanica*'ya herhangi bir ziyaret gerçekleştirilmemiştir. Bununla birlikte literatürler de dikkate alındığında, gözlenmemiş olsada 2020 çiçeklenme döneminde *H. quadricinctus* dışında başka *Halictus* taksonlarının da ziyaretlerinin olması ihtimal dahilindedir.

Çiçeklenme döneminde 9:00-17:00 saatlerinde *L. pauxillum* ve *H. quadricinctus*'un *S. erzincanica*'yı “az”, “orta”, “yüksek” yoğunluk şeklinde ziyaret oranları ve yüzdeleri dağılımları ile saatlere göre ziyaret sıklıkları Şekil 4.33-39'da gösterilmiştir.

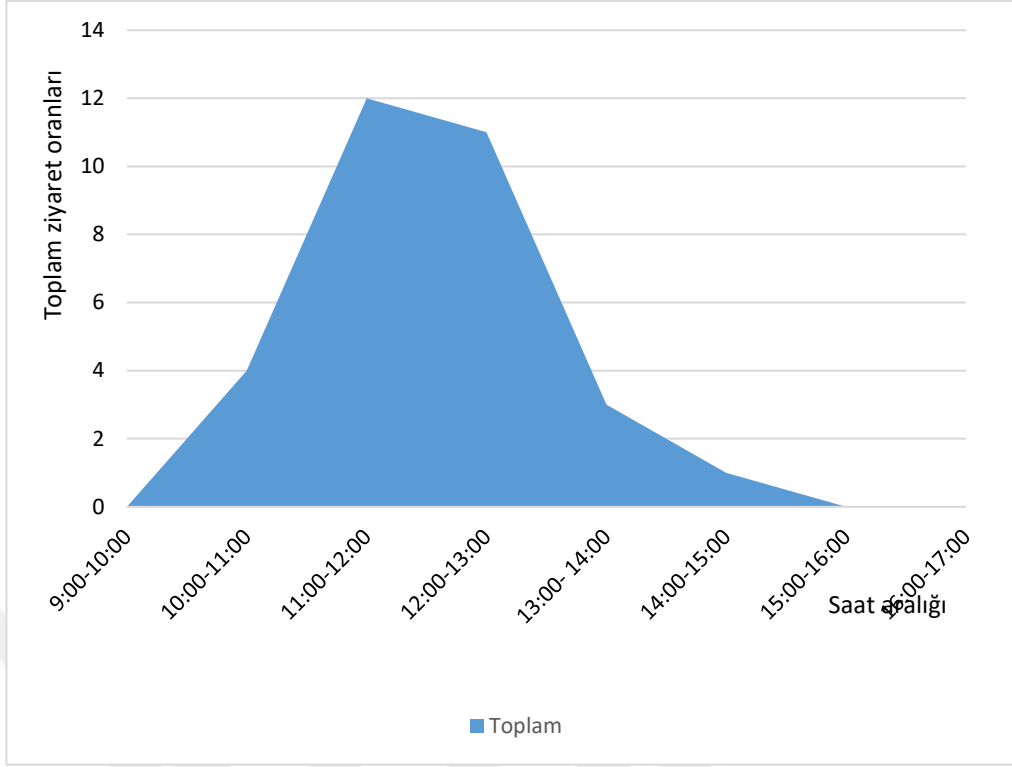
H. quadricinctus'un ziyaret yoğunlukları daha yüksektir. *L. pauxillum* 2019 yılında olduğu gibi 2020 yılındada düşük ziyaret gerçekleştirmiştir. Bu tür çevrede yaygın olan sarı çiçekli *Isatis* (Brassicace) türlerini tercih etmektedir.



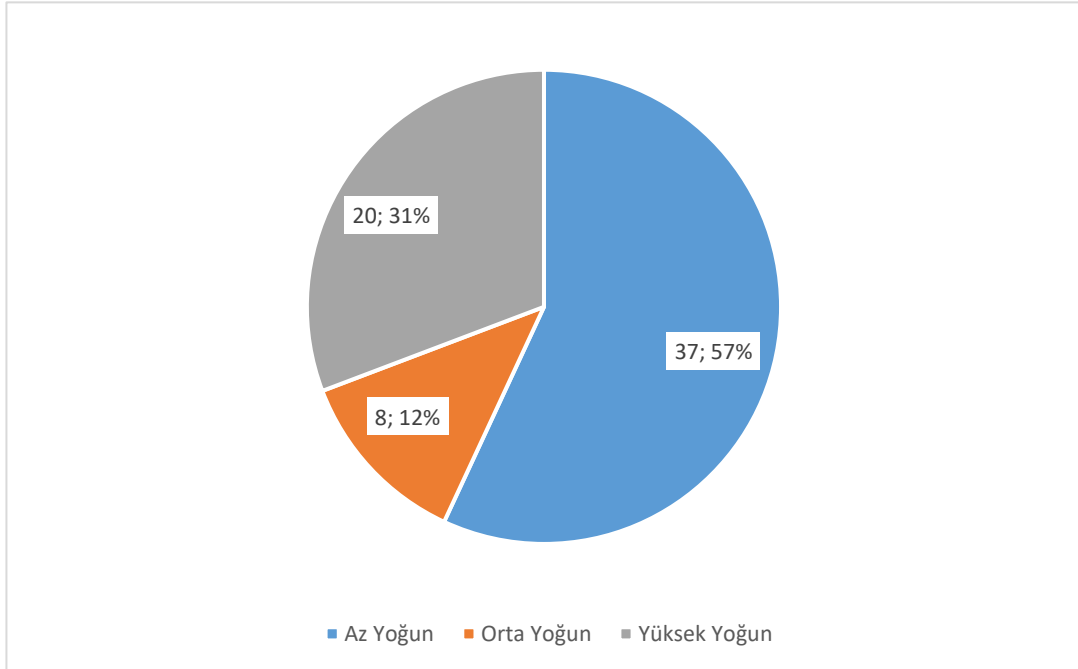
Şekil 4.33. *Scrophularia erzincanica*'da 2020 yılı *Lasioglossum pauxillum*'un “az”, “orta” ve “yüksek” yoğunlukta ziyaret oranları ve yüzdeleri.



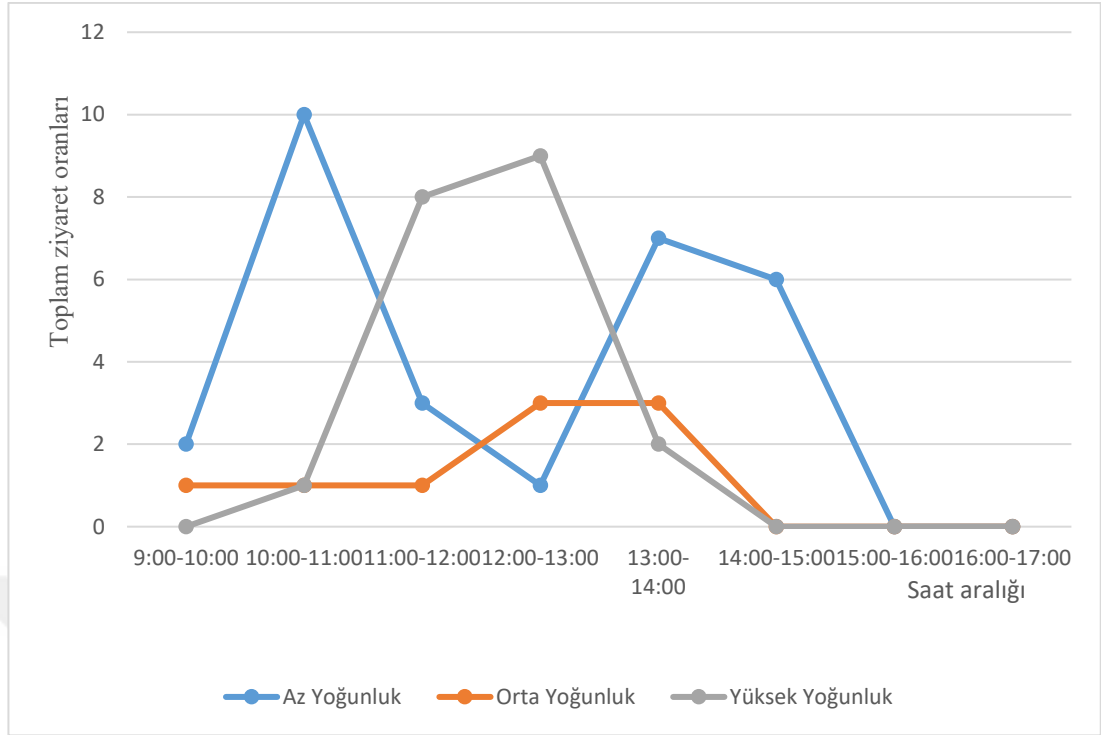
Şekil 4.34. *Scrophularia erzincanica*'da 2020 yılında *Lasioglossum pauxillum*'un her bir saat dilimindeki yoğunluğuna göre ziyaret oranları.



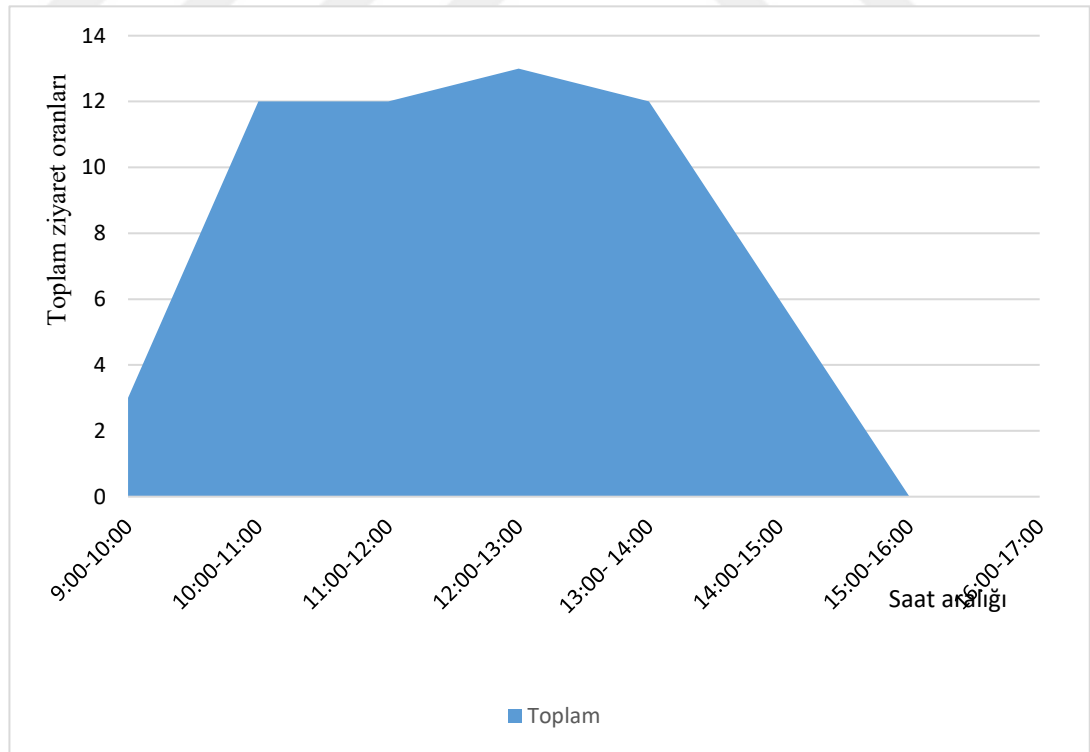
Şekil 4.35. *Scrophularia erzincanica*'da 2020 yılında *Lasioglossum pauxillum*'un saat dilimine göre toplam ziyaretleri.



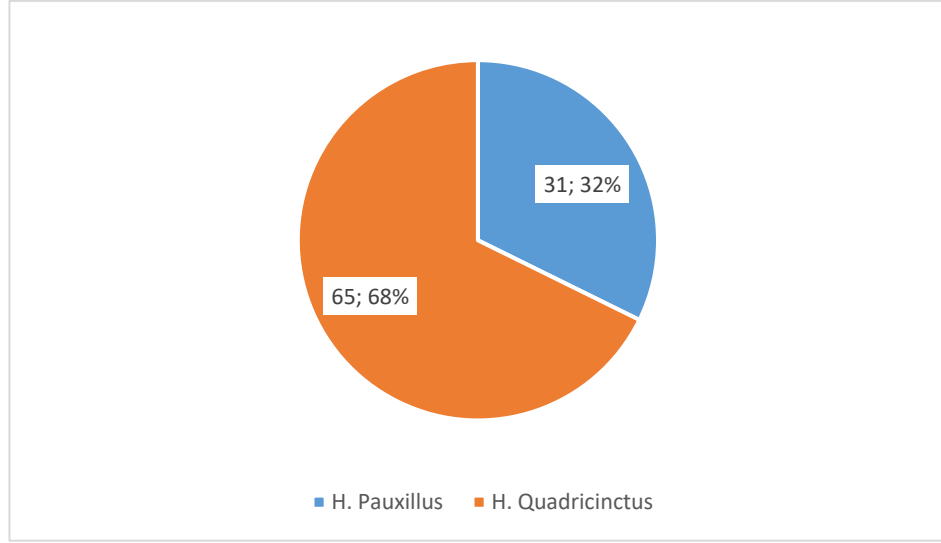
Şekil 4.36. *Scrophularia erzincanica*'da 2020 yılı *Halictus quadricinctus*'un “az”, “orta” ve “yüksek” yoğunlukta ziyaret oranları ve yüzdeleri.



Şekil 4.37. *Scrophularia erzincanica*'da 2020 yılında *Halictus quadricinctus*'un her bir saat dilimindeki yoğunluğuna göre toplam ziyaret oranları.



Şekil 4.38. *Scrophularia erzincanica*'da 2020 yılında *Halictus quadricinctus*'un saat dilimine göre toplam ziyaretleri.



Şekil 4.39. 2020 yılında *Scrophularia erzincanica*'yı ziyaret eden polinatörlerin toplam ziyaret oranları ve yüzdelikleri.

S. erzincanica'nın yetişme ortamında bulunan böcek türlerinin polinatörler dahil Mayıs ayının ilk haftasından itibaren aktifleşmeye başladığı görülmüştür. Çevrede tespit edilen böcekler sınıflandırıldığında 5 takıma ait 20 familyanın üyesi olan 25 türe ait olduğu belirlenmiştir. Böceklerin fonksiyonları dikkate alındığında, 11 polinatör (5'i nektar toplayıcısı), 11 zararlı ve 3 predator (avcı) olduğu görülmüştür. Gerek arazi gerekse laboratuvar çalışmaları sonunda tespit edilen böcekler Tablo 4.36'da verilmiştir. Tabloda “*” ile belirtilen türler *S. erzincanica* ile ilişkili olan türlerdir.

Tablo 4.36. *Scrophularia erzincanica*'nın yaşam ortamında belirlenen böcek çeşitleri (**S. erzincanica* ile ilişkili olan böcekler).

Takım	Familya	Cins/Tür	Açıklama
Coleoptera	Alleculidae	* <i>Omoplus caucasicus</i> Kirsch, 1869	Zararlı polinatör
Coleoptera	Alleculidae	* <i>Omoplus flavipennis</i> Kuster, 1850	Zararlı polinatör
Coleoptera	Alleculidae	* <i>Omoplus proteus</i> Kirsch, 1869	Zararlı polinatör
Coleoptera	Scarabeidae	* <i>Oxythyrea cinctella</i> Schaum, 1841	Zararlı polinatör
Coleoptera	Bubresitidae	<i>Capnodis</i> sp. Eschscholtz, 1829	Zararlı
Coleoptera	Elateridae	<i>Agrotis</i> sp. Ochseneimer, 1816	Zararlı
Coleoptera	Coocinellidae	* <i>Coccinella septempunctata</i> Linnaeus, 1758	Predatör
Coleoptera	Melyridae	<i>Enicopus pilosus</i> Scopoli, 1763	Zararlı polinatör

Tablo 4.36. *Scrophularia erzincanica*'nın yaşam ortamında belirlenen böcek çeşitleri (*S. *erzincanica* ile ilişkili olan böcekler). (devam)

Takım	Familiya	Cins/Tür	Açıklama
Coleoptera	Cleridae	<i>Trichodes punctatus</i> Fischer von Waldheim, 1829	Zararlı polinatör
Coleoptera	Curculionidae	* <i>Cionus hortulanus</i> Geoffroy, 1785	Zararlı
Coleoptera	Curculionidae	* <i>Gymnetron villosulum</i> Gyllenhal, 1838	Zararlı
Diptera	Syrphidae	* <i>Eristalis tenax</i> Linnaeus, 1758	Nektarla beslenir ve polinatör (parazitoid)
Diptera	Syrphidae	* <i>Eristalinus taeniops</i> Wiedemann, 1818	Nektarla beslenir ve polinatör (parazitoid)
Hemiptera	Lygaeidae	* <i>Spilostethus pandurus</i> Scopoli, 1763	Predatör
Hemiptera	Reduviidae	* <i>Rhynocoris cuspidatus</i> Ribaut, 1922	Predatör
Homoptera	Cercopidae	<i>Cercopis intermedia</i> Kirschbaum, 1868	Zararlı
Hymenoptera	Apidae	* <i>Apis mellifera</i> Linnaeus, 1758	Polinatör
Hymenoptera	Bombicidae	<i>Bombus niveatus</i> Kriechbaumer, 1870	Polinatör
Hymenoptera	Andrenidae	<i>Andrena</i> sp. Fabricius, 1775	Polinatör
Hymenoptera	Halictidae	* <i>Halictus</i> sp. Latreille, 1804	Polinatör
Hymenoptera	Halictidae	* <i>Halictus quadricinctus</i> Fabricius, 1776	Polinatör
Hymenoptera	Halictidae	* <i>Lasioglossum pauxillum</i> Schenck, 1853	Polinatör
Hymenoptera	Vespidae	* <i>Vespa</i> sp. Linnaeus, 1758	Nektarla beslenir / polinatör
Hymenoptera	Megashlidae	<i>Megachile</i> sp. Latreille, 1802	Polinatör
Hymenoptera	Formicidae	* <i>Formica</i> sp. Linnaeus, 1758	Nektarla beslenir
Lepidoptera	Nyphalidae	* <i>Vanessa cardui</i> Linnaeus, 1758	Nektarla beslenir / polinatör

Gymnetron villosulum (Şekil 4.40) *S. erzincanica* meyvelerini yiyen en önemli zararlı olduğu tespit edilmiştir.



Şekil 4.40. *Gymnetron villosulum*

S. erzincanica için önemli zararlılarından birisi de *Cionus hortulanus* olduğu saptanmıştır (Şekil 4.41).



Şekil 4.41. *Cionus hortulanus*.

4.9.3. *Scrophularia fatmae*'nin polinatörleri

S. fatmae türünde ise *B. niveatus*'un tek polinatör olduğu saptanmıştır (Şekil 4.42). Çiçek ziyaretleri nadir olsa da düzenlidir. 2020 yılı içinde ani kar erimesine bağlı olarak *S. fatmae* türünün popülasyonundaki ani düşüş *B. niveatus* türünün görülme sıklığını da azaltmıştır. Türün yaşam alanına yakın düşük rakımdaki köylerde arıcılık yapılmaktadır. Çok ender olarak *A. mellifera*'nın da *S. fatmae* çiçeklerini ziyaret ettikleri belirlenmiştir.

Bazı günler nadiren yoğunlukları artmış olsada *S. fatmae* çiçeklerini düzenli olarak ziyaret etmediği görülmüştür. *B. niveatus* alanda bol bulunan *Eryssimum* Opiz (Brassicaceae), *Onobrychis cornuta* (L.) Desv. (Fabaceae) ve *Pedicularis* (Scrophulariaceae) türlerini daha sıklıkla ziyaret etmektedir.

B. niveatus'un *S. fatmae* türünü ziyaret etme zamanları ve sıklığı Tablo 4.37'de, çiçekte kalma süreleri Tablo 4.38'de, vücut uzunlukları Tablo 4.39'da Polinatör Ziyaret İndeksi ise Tablo 4.40'ta belirtilmiştir.

Tablo 4.37. *Scrophularia fatmae* türünde çiçeklenme döneminde polinatör ziyaret sıklığı.

Tarih	Polinatör	Gözlem Saati							
		9:00-10:00	10:00-11:00	11:00-12:00	12:00-13:00	13:00-14:00	14:00-15:00	15:00-16:00	16:00-17:00
18.06.2019	<i>B. niveatus</i>	0	0	0	0	0	0	0	0
30.06.2019	<i>B. niveatus</i>	0	0	0	0	0	0	0	0
02.07.2019	<i>B. niveatus</i>	0	0	1	1	1	0	0	0
04.07.2019	<i>B. niveatus</i>	1	1	1	1	0	1	1	0
09.07.2019	<i>B. niveatus</i>	0	1	1	1	1	1	0	0
12.07.2019	<i>B. niveatus</i>	0	0	1	1	0	0	0	0
18.07.2019	<i>B. niveatus</i>	0	0	1	1	1	0	0	0
25.07.2019	<i>B. niveatus</i>	0	0	1	1	1	1	0	0
30.07.2019	<i>B. niveatus</i>	0	1	1	0	0	0	0	0
06.08.2019	<i>B. niveatus</i>	0	0	1	1	0	1	0	0
08.08.2019	<i>B. niveatus</i>	1	1	1	1	1	1	1	0
16.08.2019	<i>B. niveatus</i>	0	1	1	1	1	1	1	1
23.08.2019	<i>B. niveatus</i>	0	0	1	0	0	0	0	0
28.08.2019	<i>B. niveatus</i>	0	1	1	1	1	0	0	0
29.08.2019	<i>B. niveatus</i>	0	1	1	1	1	1	0	0
05.09.2019	<i>B. niveatus</i>	0	0	0	0	0	0	0	0
18.09.2019	<i>B. niveatus</i>	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>B. niveatus</i> sıklığı		2	7	13	11	8	7	3	1
2020 yılı gözlemleri									
23.06.2020	<i>B. niveatus</i>	0	0	1	1	1	0	0	0
01.07.2020	<i>B. niveatus</i>	0	0	1	1	0	0	0	0
04.07.2020	<i>B. niveatus</i>	0	0	1	1	0	0	0	0
06.07.2020	<i>B. niveatus</i>	1	1	1	1	1	1	1	0
09.07.2020	<i>B. niveatus</i>	0	0	1	1	1	0	0	0

Tablo 4.37. *Scrophularia fatmae* türünde çiçeklenme döneminde polinatör ziyaret sıklığı. (devam)

Tarih	Polinatör	Gözlem Saati							
		9:00-10:00	10:00-11:00	11:00-12:00	12:00-13:00	13:00-14:00	14:00-15:00	15:00-16:00	16:00-17:00
15.07.2020	<i>B. niveatus</i>	0	1	1	1	1	0	0	0
19.07.2020	<i>B. niveatus</i>	1	1	1	1	1	1	1	0
22.07.2020	<i>B. niveatus</i>	0	0	1	1	0	0	0	0
28.07.2020	<i>B. niveatus</i>	0	0	0	0	0	0	0	0
07.08.2020	<i>B. niveatus</i>	0	1	1	1	0	0	0	0
13.08.2020	<i>B. niveatus</i>	0	0	0	1	1	0	0	0
19.08.2020	<i>B. niveatus</i>	0	1	1	1	1	0	0	0
20.08.2020	<i>B. niveatus</i>	0	0	0	0	0	0	0	0
27.08.2020	<i>B. niveatus</i>	0	0	0	0	0	0	0	0
07.09.2020	<i>B. niveatus</i>	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>B. niveatus</i> sıklığı		2	5	10	11	6	2	2	0
Polinatör Ziyareti									
Yok		Bir saat içinde gözlenen bireye polinatör ziyareti olmadı							
Nadir	1	Bir saat içinde gözlenen bireye 10'dan az polinatör ziyareti gözlemlendi							
Yoğun	2	Bir saat içinde gözlenen bireye 10-30 arasında polinatör ziyareti gözlemlendi							
Çok Yoğun	3	Bir saat içinde gözlenen bireye 30'dan fazla polinatör ziyareti gözlemlendi							



Şekil 4.42. *Bombus niveatus*.

Tablo 4.38. *Bombus niveatus* çiçekte kalma süreleri.

Çiçekte kalma süresi (sn)									Ziyaret amacı
3	2	3	2	3	2	4	3	4	Nektar
2	3	5	3	3	4	2	3	4	
3	2	4	4	3	1	3	2	4	
3	4	3	2	3	3	3	4	3	
2	2	4	3	2	2	3	4	3	
Ortalama: 2.94 sn									

Tablo 4.39. *Bombus niveatus* vücut uzunlukları.

Polinatör adı	Polinatör boyu(mm)							
<i>Bombus niveatus</i>	24	16	12	22	18	21	18	
	18	24	25	19	14	15	13	
Ort: 18.5								

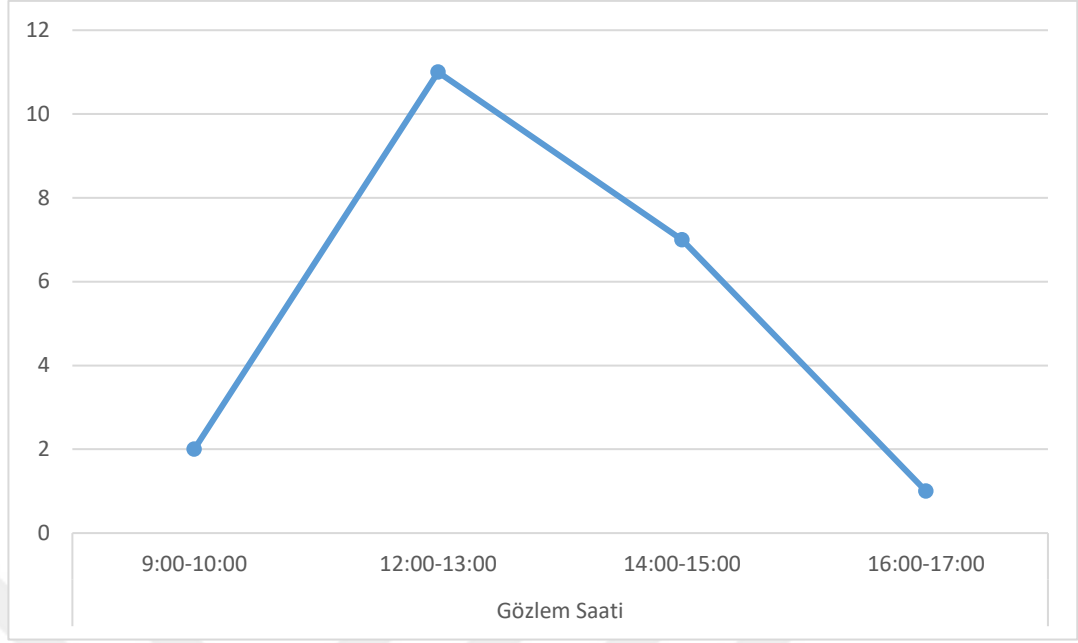
Tablo 4.40. *Scrophularia fatmae*'de polinatörlerin ziyaret süreleri, Ziyaret Frekansları ve Polinatör Aktivite Oranları (PAO) ve Polinatör Ziyaret İndeksleri (PZİ).

	Kaydedilen ziyaret sayısı	Toplam ziyaret süresi (sn)	Ortalama ziyaret süresi (sn)= PAO	Ziyaret frekansı	PZİ
<i>Bombus niveatus</i>	50	147	2,94	1	2,94

Not: Ziyaret frekansı polinatörlerin aktif olduğu tüm zamanları kapsarken kayıt edilen ziyaret sayısı ve toplam ziyaret süresi zaman zaman tutulan kayıtlardan elde edilmiştir. Polinatörlerin kayıt edilen ziyaret sayısı eşit olmadığı için ziyaret sürelerinin ortalaması polinatör aktivite oranı olarak kabul edilmiştir.

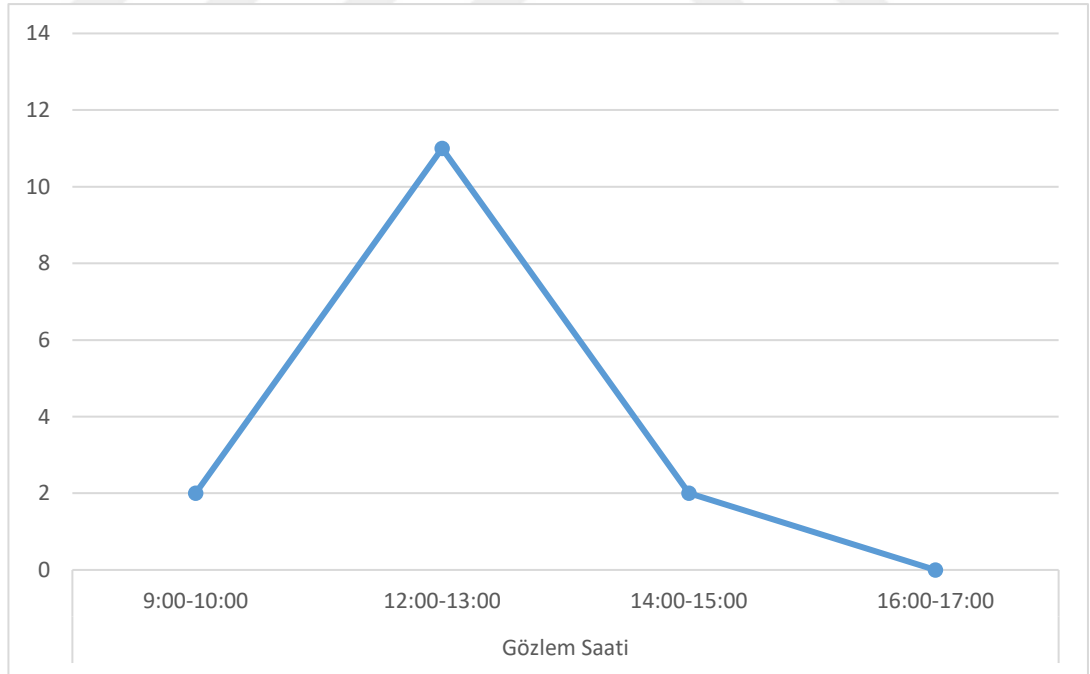
4.9.4. *Scrophularia fatmae*'nin polinatör ziyaret oranları

2019 yılı çiçeklenme döneminde 9:00-17:00 saatlerinde *B. niveatus*'un *S. fatmae* çiçeklerini saatlere göre ziyaret etme oranları Şekil 4.43'te gösterilmiştir.



Şekil 4.43. 2019 çiçeklenme döneminde *Bombus niveatus*'un saat dilimine göre toplam ziyaret oranları.

2020 yılı çiçeklenme döneminde 9:00-17:00 saatlerinde *B. niveatus*'un *S. fatmae* çiçeklerini saatlere göre ziyaret etme oranları Şekil 4.44'te gösterilmiştir.



Şekil 4.44. 2020 çiçeklenme dönemi *Bombus niveatus*'un saat dilimine göre toplam ziyaret oranları.

B. niveatus *S. fatmae*'yı toplamda gün ortasında daha fazla ziyaret etmiştir. Bununla birlikte Tablo 4.37 dikkate alındığında *B. niveatus*'un gözlemi yapılan bitkileri bir saat içinde 10'dan az ziyaret ettiği görülmektedir. Bununla birlikte ziyaret süresi ve aralığı az çok düzenlidir.

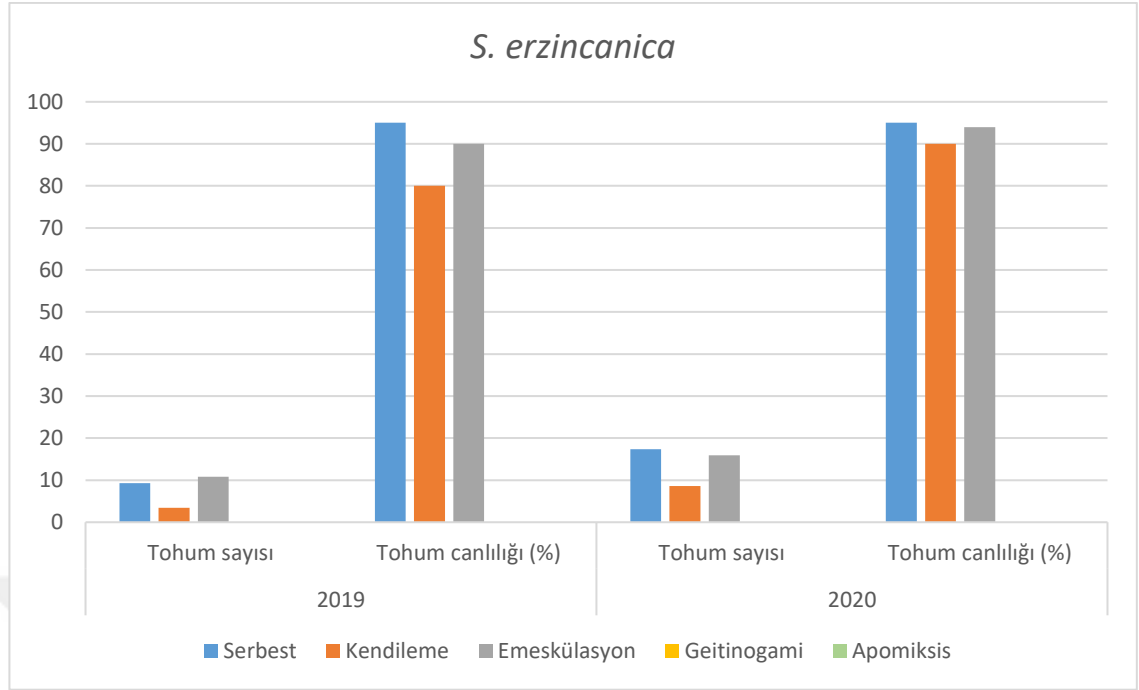
4.10. Farklı Polinasyon Uygulamalarının Türlerin Üreme Başarılarına Etkisi ve Üreme Sistemlerinin Analizi

4.10.1. *Scrophularia erzincanica*'nın üreme başarısı

S. erzincanica'da tohum taslağı sayısının 36 olduğu bulunmuştur. 2019 ve 2020 yıllarında 23 emaskulasyon, 30 serbest tozlaşma, 20 kendileme, 20 geitonogami ve 20 Apomiksis uygulaması yapılmıştır. Çalışmalara göre olgun tohum ve tohum canlılık oranları Tablo 4.41'de verilmiş ve Şekil 4.45'te gösterilmiştir. Canlı ve cansız tohumlara ait görüntüler Şekil 4.46'da görülmektedir.

Tablo 4.41. *Scrophularia erzincanica*'da farklı tozlaşma/üreme gruplarında olgun tohum ve tohum canlılık oranları.

Tozlaşma grupları	<i>S. erzincanica</i>					
		2019			2020	
	Tohum sayısı ortalaması	Tohum ağırlığı (g/100 tohum)	Tohum canlılığı (%)	Tohum sayısı ortalaması	Tohum ağırlığı (100 tohum)	Tohum canlılığı (%)
Serbest	9,3 (%25,83)	0,0536	95	17,4 (%48,33)	0,0700	95
Kendileme	3,4 (%9,44)	0,0318	80	8,6 (%23,89)	0,0360	90
Emaskulasyon	10,8 (30,00)	0,0568	90	15,9 (44,17)	0,0642	94
Geitonogami	0	-	-	0	-	-
Apomiksis	0	-	-	0	-	-



Şekil 4.45. *Scrophularia erzincanica*'da 2019 ve 2020 yılları farklı tozlaşma/üreme gruplarında olgun tohum sayısı ve tohum canlılık oranları.



Şekil 4.46. *Scrophularia erzincanica*'da canlı (sağda) ve cansız (solda) tohum görüntüleri.

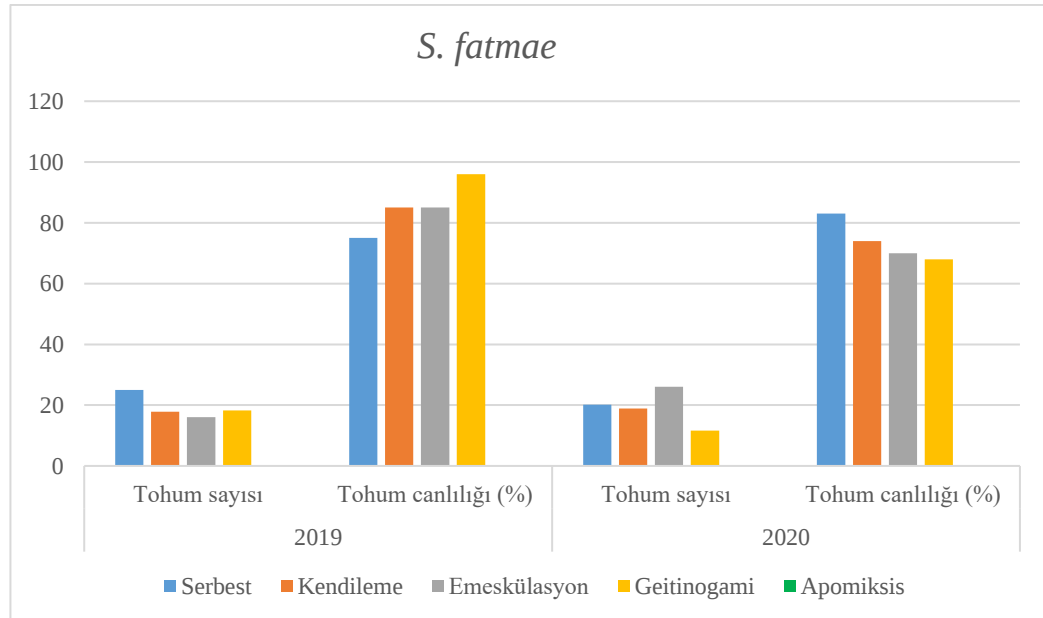
4.10.2. *Scrophularia fatmae*'nin üreme başarısı

S. fatmae'de tohum taslağı sayısının 36 olduğu bulunmuştur. 2019 ve 2020 yıllarında emaskulasyon, serbest tozlaşma, kendileme, geitonogami ve apomiksis uygulaması

yapılmıştır. Çalışmalara göre olgun tohum ve tohum canlılık oranları Tablo 4.42’de ve Şekil 4.47’de verilmiştir. Türe ait canlı cansız tohumlar Şekil 4.48’de gösterilmiştir.

Tablo 4.42. *Scrophularia fatmae*’de farklı tozlaşma/üreme gruplarında olgun tohum ve tohum canlılık oranları.

Tozlaşma grupları	<i>S. fatmae</i>					
	2019			2020		
	Tohum sayısı	Tohum ağırlığı (g/100 tohum)	Tohum canlılığı (%)	Tohum sayısı	Tohum ağırlığı (100 tohum)	Tohum canlılığı (%)
Serbest	25 (%69,44)	0,0616	75	20,2 (%56,11)	0,0632	83
Kendileme	17,8 (%49,44)	0,0712	85	18,9 (%52,50)	0,0726	74
Emaskulasyon	16 (%44,44)	0,0865	85	26,1 (%73,50)	0,0538	70
Geitonogami	18,3 (%50,83)	0,0507	96	11,6 (%32,22)	0,0357	68
Apomiksis	0	-	-	0	-	-



Şekil 4.47. *Scrophularia fatmae*’de 2019 ve 2020 yılları farklı tozlaşma/üreme gruplarında olgun tohum ve tohum canlılık oranları.



Şekil 4.48. *Scrophularia fatmae*'de canlı-cansız tohum görüntüleri (ok işareti ile gösterilen cansız).

4.10.3. *Scrophularia erzincanica*'da üreme sisteminin analizi

S. erzincanica'da kendileşen çiçeklerdeki kendine uyuşmazlık indeksi (kendileşen çiçeklerde tohum tutumu yüzdesi/çaprazlaşan çiçeklerde tohum tutumu yüzdesi) (ISI) ilgili literatürlere göre (Zapata ve Arroyo, 1978; Simpson, 2010; Shivanna ve Tandon, 2014) hesaplanmıştır (Tablo 4.43).

Tablo 4.43. *Scrophularia erzincanica*'da kendine uyuşmazlık indeksi (ISI).

Yıl	Kendileşme Yüzdesi (%)	Çaprazlama Yüzdesi (%)	ISI Değeri (KY/ÇY)
2019	9,44	30,00	0,32
2020	23,89	44,17	0,54
Ort.	16,67	37,09	0,45
KY: Kendileşme Yüzdesi, ÇY: Çaprazlama Yüzdesi			

S. erzincanica'da çiçeklerin kendileşme yüzdesinin çapraz tozlaşma yüzdesine oranlanarak kendine uyuşmazlık indeksi hesaplandığında türün ISI değeri 0,45 olarak tespit edilmiştir.

Türlerin üreme sistemleri, bir çiçekteki ortalama polen/tohum taslağı oranı belirtilen aralıklara göre 2,7–5,4 aralığında ise kleistogam, 8,1–39 aralığında ise zorunlu otogam, 31,9–396 aralığında ise fakültatif otogam, 244,7–2,588 aralığında ise fakültatif

ksenogam, 2,108–195,525 aralığında ise zorunlu ksenogam varsayılmıştır (Cruden, 1977). Elde edilen bulgulara göre P/O değerini hesapladığında:

Bir Çiçekteki Polen Sayısı/tohum Taslağı Sayısı

$26532/36=737$ sonucuna ulaşılmıştır. Buna göre türün P/O katsayısı 737 bulunmuştur.

4.10.4. *Scrophularia fatmae*'de üreme sisteminin analizi

S. fatmae'de kendileşen çiçeklerdeki kendine uyuşmazlık indeksi (kendileşen çiçeklerde tohum tutumu yüzdesi/çaprazlaşan çiçeklerde tohum tutumu yüzdesi) (ISI) ilgili literatürlere göre (Zapata & Arroyo, 1978; Simpson, 2010; Shivanna ve Tandon, 2014) hesaplanmıştır (Tablo 4.44).

Tablo 4.44. *Scrophularia fatmae*'de kendine uyuşmazlık indeksi (ISI).

Yıl	Kendileşme Yüzdesi (%)	Çaprazlama Yüzdesi (%)	ISI Değeri (KY/ÇY)
2019	49,44	44,44	1,11
2020	52,50	72,50	0,72
Ort.	50,97	58,47	0,87

KY: Kendileşme Yüzdesi, ÇY: Çaprazlama Yüzdesi

S. fatmae'de çiçeklerin kendileşme yüzdesinin çapraz tozlaşma yüzdesine oranlanarak kendine uyuşmazlık indeksi hesaplandığında türün ISI değeri 0,87 olarak tespit edilmiştir.

Türlerin üreme sistemleri, bir çiçekteki ortalama polen/tohum (P/O) taslağı oranı belirtilen aralıklara göre 2,7–5,4 aralığında ise kleistogam, 8,1–39 aralığında ise zorunlu otogam, 31,9–396 aralığında ise fakültatif otogam, 244,7–2,588 aralığında ise fakültatif ksenogam, 2,108–195,525 aralığında ise zorunlu ksenogam varsayılmıştır (Cruden, 1977). Elde edilen bulgulara göre P/O değeri hesapladığında:

Bir çiçekteki; Polen sayısı/ Tohum taslağı sayısı

$16604/36=461,2$ sonucuna ulaşılmıştır. Buna göre türün P/O katsayısı 461,2 bulunmuştur.

4.11. Genetik Çeşitlilik

4.11.1. *Scrophularia erzincanica*'da genetik çeşitlilik

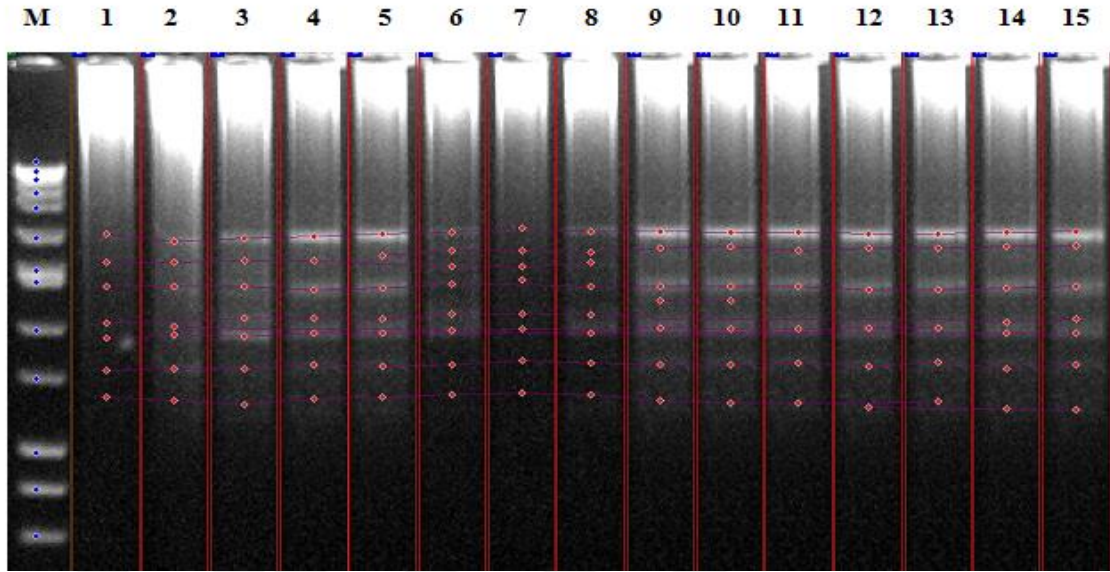
S. erzincanica 3 farklı lokaliteden, *S. fatmae* ise Erğan Dağı'nda 2 farklı lokaliteden örneklenen bireyler arasındaki genetik ilişkiyi belirlemek için ISSR yöntemi kullanılmıştır. Bu teknikte en polimorfik ISSR primerlerini belirlemek için 45 ISSR primeri denenmiş ve bunlardan 10 adet ISSR primeri ile çalışma yürütülmüştür.

Jel elektroforezi ve görüntüleme işlemleri sonucunda elde edilen görüntülerdeki bantların varlığında bir (1), yokluğunda sıfır (0) şeklinde skor edilerek kayıt altına alınmıştır. Çalışmada kullanılan 10 ISSR primeri değerlendirildiğinde; toplam 116 adet bant elde edilmiş, bunların 104 adedi polimorfik bulunmuştur. Bant büyüklükleri 250- 1.500 bp arasında değişmektedir. Primer başına düşen toplam bant sayısı 8–16 (ortalama 11.6) arasında değişmiş, primer başına düşen polimorfik bant sayısı ise 7–14 (ortalama 10.4) arasında değişim göstermiştir. Toplam bant sayısı açısından UBC 827 nolu primer en düşük (8 adet) bant sayısını üretmiş olup, UBC 808 nolu primer ise en fazla (16 adet) bant vermiştir (Tablo 4.45).

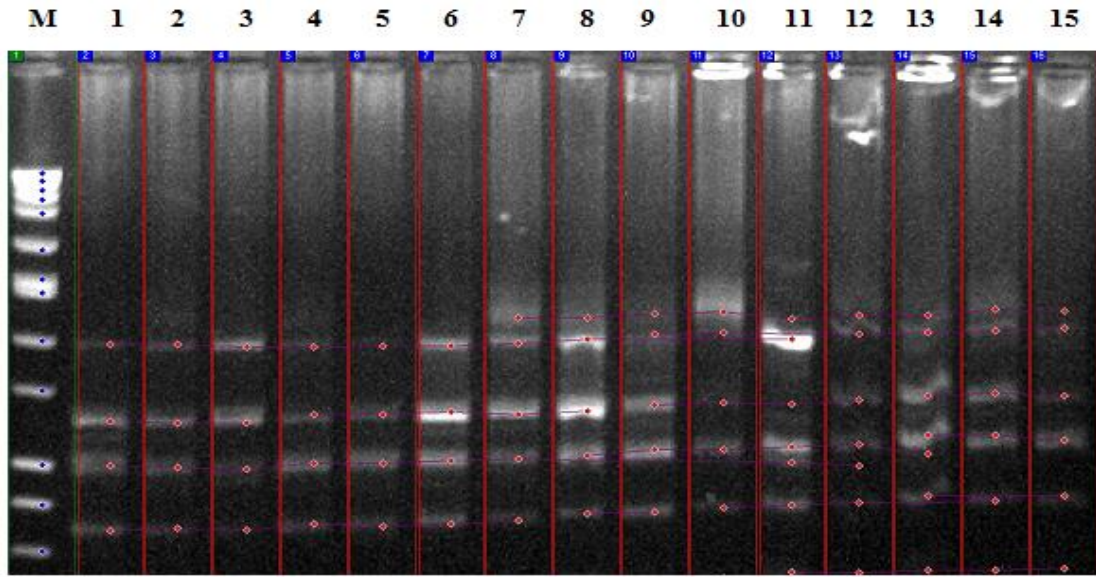
Tablo 4.45. Çalışılan ISSR primerleri ve baz büyüklükleri.

Primer adı	Bant büyüklüğü	Toplam Bant sayısı	Polimorfik bant sayısı	% P
UBC 808	250-1.300	16	14	87.5
UBC 809	700- 1.280	13	12	92.3
UBC 811	530-1.100	10	9	90
UBC 823	400-1.500	14	13	92.9
UBC 827	600-1.170	8	7	87.5
UBC 834	350-980	10	8	80
UBC 855	570-1.450	13	11	84.6
UBC 874	290-1.040	10	10	100
UBC 881	350-1.170	13	12	84.6
UBC 895	300-850	9	8	88.8
Toplam	250-1500	116	104	
Ort.		11.6	10.4	89.6

UBC 827 ve UBC 834 primerlerinin *S. erzincanica* populasyonlarında oluşturduğu amplifikasyon ürünleri Şekil 4.49 ve 4.50’de verilmiştir.



Şekil 4.49. *Scrophularia erzincanica* Kemah populasyonunun UBC 827 primerine karşı oluşturduğu amplifikasyon ürünleri.



Şekil 4.50. *Scrophularia erzincanica* Erzincan – Sakaltutan arası populasyonunun UBC 827 primerine karşı oluşturduğu amplifikasyon ürünleri.

S. erzincanica ve *S. fatmae* populasyonlarına ait 60 bireyin meydana getirdiği ISSR verileri sonucunda genetik benzerlik ve farklılıklar POPGENE sürüm 1.32 (Yeh vd., 1997) bilgisayar programı kullanılarak analiz edilmiştir.

S. erzincanica populasyonları için ortalama gözlenen allel sayısı 1.727, etkili allel sayısı 1.409, Nei'nin genetik çeşitliliği 0.2404, Shannon indeksi 0.3623, Polimorfik lokus sayısı 80, polimorfik lokus yüzdesi %72,72, populasyonlar arasındaki gen akışı (Nm) 1,8974, genetik farklılaşma değeri (Gst) 0,2686, toplam genetik çeşitlilik (HT) 0,3038, Populasyonlar arası genetik çeşitlilik (Hs) 0,2404 olarak hesaplanmıştır (Tablo 4.46 ve 4.47). *S. erzincanica* tür seviyesinde ortalama gözlenen allel sayısı 1,9909, etkili allel sayısı 1,5029, Nei'nin genetik çeşitliliği 0,3038, Shannon indeksi 0,4669, polimorfik lokus sayısı 109, polimorfik lokus yüzdesi %99,09 olarak bulunmuştur.

Tablo 4.46. *Scrophularia erzincanica* populasyonları için genetik varyasyon verileri.

Populasyon	N	Na ± S	Ne ± S	H ± S	I ± S	PLS	PLY (%)
<i>S. erzincanica</i>	15	1.5727±	1.3532±	0.2045±	0.3043±		
Erzincan		0.4969	0.3821	0.2043	0.2913	63	7.27
Sakaltutan.							
<i>S. erzincanica</i>	15	1.8455±	1.5022	0.2947±	0.4420±	93	84.55
Radyolink yolu		0.3631	±	0.1746	0.2380		
			0.3501				
<i>S. erzincanica</i>	15	1.7636±	1.3739±	0.2221±	0.3406±	84	76.36
Kemah		0.4268	0.3684	0.1907	0.2631		
Ortalama		1.727	1.409	0.2404	0.3623	80	72.72
Tür	45	1.9909±	1.5029±	0.3038±	0.4669±	109	99.09
seviyesinde		0.0953	0.3226	0.1467	0.1797		

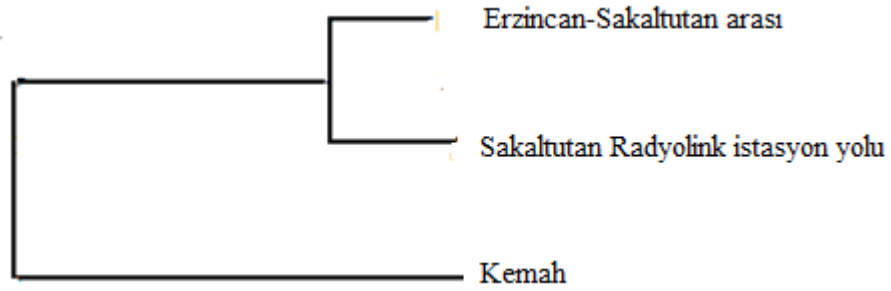
Na: gözlenen allel sayısı, Ne: beklenen allel sayısı, H: Nei's (1972) genetik çeşitliliği, I: Shannon's indeksi, PLS: Polimorfik lokus sayısı, PLY: Polimorfik lokus yüzdesi

Nei (1972)'ye göre hesaplanan populasyonlar arasındaki benzerlik indeksi Tablo 4.47'de verilmiştir. En düşük genetik uzaklık D= 0,0372 değeri ile Sakaltutan Radyolink yolu ile Erzincan-Sakaltutan olurken, en yüksek genetik uzaklık D= 0,1889 değeri ile Kemah ve Erzincan-Sakaltutan olmuştur. *S. erzincanica* populasyonları arasındaki genetik uzaklık değeri 0,0372 ile 0,1889 arasında değişmiştir.

Tablo 4.47. *Scrophularia erzincanica* populasyonları arasındaki benzerlik indeksi.

Populasyon	Kemah	Erzincan-Sakaltutan Arası	Sakaltutan Radyolink İst. Yolu
Kemah	****		
Erzincan-Sakaltutan Arası	0,1889	****	
Sakaltutan Radyolink İst. Yolu	0,1852	0,0372	****

Nei (1972)'ye göre hesaplanan *S. erzincanica* 3 populasyonu arasındaki genetik mesafe Şekil 51. 'da UPGMA metoduna göre çizilmiş ve populasyonlar 2 gruba ayrılmıştır. Sakaltutan Radyolink İstasyonu yolu ve Erzincan-Sakaltutan populasyonları aynı grupta yer alırken, Kemah populasyonu diğer grupta yer almaktadır. Elde edilen dendrogramda populasyonların genetik uzaklıklarına göre gruplandıkları gözlemlendi.



Şekil 4.51. Nei (1972)'ye göre *Scrophularia erzincanica* populasyonları arasındaki genotipik bağlantı.

4.11.2. *Scrophularia fatmae*'de genetik çeşitlilik

S. fatmae populasyonlarında ortalama gözlenen allel sayısı 1,7528, etkili allel sayısı 1,376, Ne'nin genetik çeşitliliği 0,2238, Shannon indeksi 0,3428, polimorfik lokus sayısı 68,5, polimorfik lokus yüzdesi %75,2, populasyonlar arasındaki gen akışı (N_m) 1,569, genetik farklılaşma değeri (G_{st}) 0,2183, toplam genetik çeşitlilik (HT) 0,2309, populasyonlar arası genetik çeşitlilik (H_s) 0,2238 olarak hesaplanmıştır. *S. fatmae* tür seviyesinde ortalama gözlenen allel sayısı 1,9451, etkili allel sayısı 1,3793, Nei's'nin genetik çeşitliliği 0,2309, Shannon indeksi 0,3625, polimorfik lokus sayısı 68,5, polimorfik lokus yüzdesi %94,51 olarak bulunmuştur (Tablo 4.48 ve 4.49).

Tablo 4.48. *Scrophularia fatmae* populasyonları için genetik varyasyon verileri.

Populasyon	N	Na $\pm$ S	Ne $\pm$ S	H $\pm$ S	I $\pm$ S	PLS	PLY (%)
<i>S. fatmae</i> 1	15	1.6044 $\pm$ 0.4917	1.3440 $\pm$ 0.3799	0.2004 $\pm$ 0.2012	0.3013 $\pm$ 0.2848	55	60.44
<i>S. fatmae</i> 2	15	1.9011 $\pm$ 0.3002	1.4097 $\pm$ 0.3560	0.2472 $\pm$ 0.1763	0.3843 $\pm$ 0.2326	82	90.11
Ortalama		1.7528	1.376	0.2238	0.3428	68.5	75.2
Tür seviyesinde	30	1.9451 $\pm$ 0.2291	1.3793 $\pm$ 0.3522	0.2309 $\pm$ 0.1770	0.3625 $\pm$ 0.2345	86	94.51

Na: gözlenen allel sayısı, Ne: beklenen allel sayısı, H: Nei's (1973) genetik çeşitliliği, I: Shannon's indeksi, PLS: Polimorfik lokus sayısı, PLY: Polimorfik lokus yüzdesi

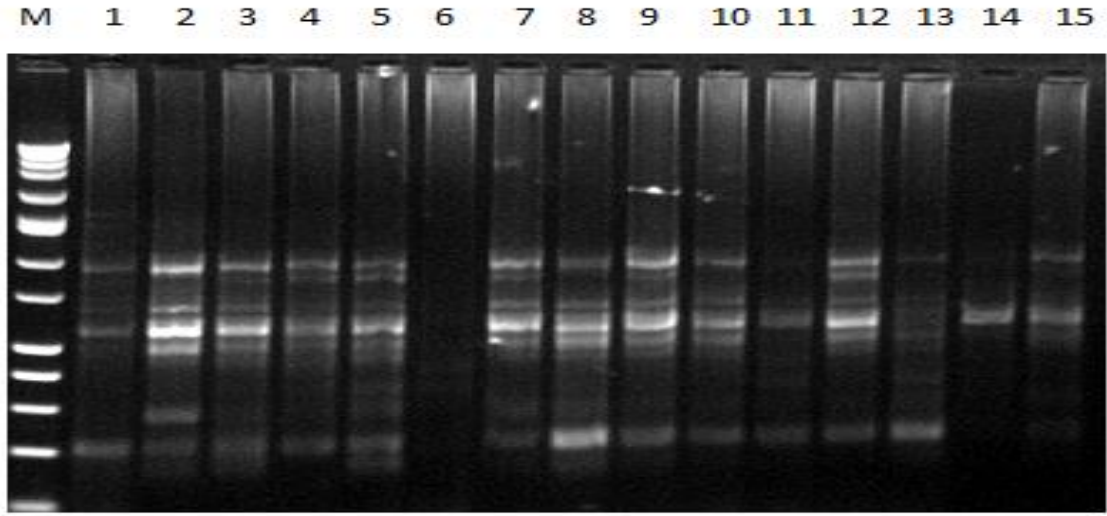
Tablo 4.49. *Scrophularia erzincanica* ve *Scrophularia fatmae* populasyonlarına ait toplam genetik çeşitlilik ve toplam genetik farklılaşma değerleri.

Tür ismi	HT	HS	Gst	Nm
<i>S. erzincanica</i>	0,3038	0,2404	0,2686	1,897
<i>S. fatmae</i>	0,2309	0,2238	0,2183	1,569

Ht: Toplam genetik çeşitlilik, Hs: Populasyonla içi genetik çeşitlilik, Gst: genetik farklılaşma değeri, Nm: populasyonlar arasındaki tahmini gen akışı

S. fatmae populasyonları için Nei (1972)'ye göre hesaplanan populasyonlar arasındaki benzerlik indeksi Tablo 4.50'da verilmiştir. *S. fatmae* Ergen Dağı 1. İstasyon ve *S. fatmae* Ergen Dağı 2. İstasyon birbirlerine olan genetik uzaklık değeri D=0,0181 olarak hesaplanmıştır.

UBC 827 ve UBC 834 primerlerinin *S. fatmae* populasyonlarında oluşturduğu amplikasyon ürünleri Şekil 4.52'de verilmiştir.



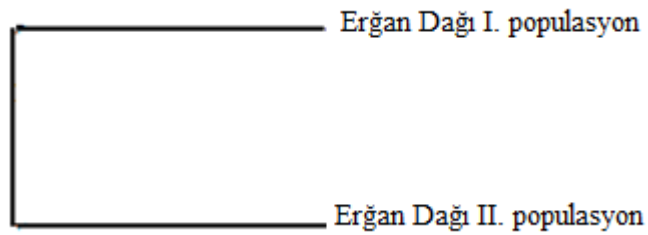
Şekil 4.52. *Scrophularia fatmae* Ergan Dağı 1. popülasyonunun UBC 834 primerine karşı oluşturduğu amplifikasyon ürünleri.

S. fatmae popülasyonları arasındaki benzerlik indeksi tablo 4.50’de gösterilmiştir.

Tablo 4.50. *Scrophularia fatmae* popülasyonları arasındaki benzerlik indeksi.

Popülasyon	Ergan Dağı 1	Ergan Dağı 2
Ergan Dağı 1	****	
Ergan Dağı 2	0,0181	****

Nei (1972)’ye göre hesaplanan *S. fatmae*’nin 2 popülasyonu arasındaki genetik mesafe Şekil 4.53’de verilmiştir.



Şekil 4.53. Nei (1972)’ye göre *Scrophularia fatmae* popülasyonları arasındaki genotipik bağlantı.

5. TARTIŞMA VE SONUÇ

5.1. Yaşam ve Yayılış Alanları

S. erzincanica 'nın Yayılış Alanı büyüklüğü 1196,7 km² ve Yaşam Alanı büyüklüğü 44 km² olarak hesap edilmiştir. *S. fatmae* türünün Yayılış ve Yaşam alanı büyüklüğünün 1,2 km² olduğu görülmüştür. *S. erzincanica* 'da ergin bireylere göre populasyon büyüklüğünün toplamda yaklaşık olarak 2.500, *S. fatmae* 'de 600 olduğu hesap edilmiştir. *S. erzincanica* 'nın yaşam alanında dağılımının seyrek ve havalandırması iyi yamaç toprağına bağlı olarak düzensiz, *S. fatmae* 'de kümeli bir dağılım olduğu görülmüştür. Türde de 2019 ve 2020 yılları arasında ciddi derecede populasyon dalgalanması belirlenmiştir. Daha önceki çalışmaların aksine (Lall ve Mill, 1978; Uzunhisarcıklı vd., 2015) tek yıllık olduğu anlaşılan *S. erzincanica* 'nın ilk yıl tür izleme alanı olarak seçilen bölgede 2020 yılında hiçbir bireyin ortaya çıkmadığı görülmüştür. Türde tohum canlılık oranlarının yüksek olmasına karşın 2020 yılında alanda hiç yeni bireye rastlanamamış olmasının nedeni tespit edilememiştir.

S. fatmae 'de 2020 yılının temmuz ayındaki sıcaklık ortalamasının (17,4 °C) 2019 yılının temmuz ayına göre (14,8 °C) belirgin olarak artması nedeniyle normalde temmuz ayının ilk haftasında çiçeklenmeye başlayan tür daha erken çiçek açmak zorunda kalmıştır. Arazi gözlemlerine göre birçok bireyin ani sıcaklık artışına bağlı gelişmesi mümkün olamamıştır. Bu beklenmeyen durumun iklim değişikliğine bağlı olarak daha sonraki yıllarda yüksek rakıma uyum sağlamış *S. fatmae* için bir tehdit olabileceği tahmin edilmektedir. *S. erzincanica* populasyonundaki meyvelerin bir kısmı zararlı böcekler tarafından tahrip edilmektedir. *S. fatmae* bireylerine bu şekilde zarar veren herhangi bir böcek türüne rastlanmamıştır. Bununla birlikte 2020 yılında az sayıda çiçeklenme dönemine ulaşan bireylerin otçul hayvanlar (muhtemelen tavşan veya dağ keçisi) tarafından yenildiği görülmüştür. *S. fatmae* hareketli kireçtaşı parçaları arasında yoğun kar birikimi olan çukurlara uyum sağlamıştır. Türe ait bireyler eriyen karları takip ederek ortaya çıkmaktadırlar. Yağan kar miktarının ve sıcaklığa bağlı kar erimelerinin türün yaşam döngüsü açısından etkili olduğu görülmüştür.

Yetiştirme ortamı dikkate alındığında *S. fatmae* 'nin zorunlu kireçtaşı, *S. erzincanica* 'nın zorunlu serpantin, yetiştirme yeri yüksekliğine bakıldığında *S. fatmae* 'nin zorunlu alpinik,

S. erzincanica'nın orta irtifalara (1000-1500 m) ve zaman zamanda fakültatif alpinik tür olduğu söylenebilir.

Alpin bitkilerin düşük seviyelerde yaşayan bitkilerle kıyaslandığında ortalama boyları daha kısa, birey başına düşen yaprakları daha az, yaprak ayasının alanı daha küçük, yaprak sapı daha kısa, çiçek durumu kısa ve otogami becerileri fazladır. Alpin bitkilerde yüksekliğe bağlı olarak polinatör yoğunluğunun ve aktivitesinin düştüğünde belirtilmiştir (Erhardt, 1993; Körner, 2003). Bir alpin türü olan *S. fatmae*'de *S. erzincanica* ile kıyaslandığında ortalama boyunun daha kısa olduğu, yaprak sayısının, yaprak aya alanının ve yaprak sapı uzunluğunun daha az olması bakımından mevcut çalışmayla benzerlik göstermektedir. Yine bir alpin türü olan *S. fatmae*'nin kendileme başarısının yüksek olması, polinatör yoğunluğunun ve aktivitenin az olmasında literatürle örtüşmektedir.

5.2. İklimsel Veriler

S. erzincanica ve *S. fatmae* türlerinde polinatörlerin etkin olduğu maksimum-minimum ve optimum günlük sıcaklık, nem, yağış ve rüzgâr hızı değerleri Tablo 5.1'de topluca verilmiştir.

Tablo 5.1. *Scrophularia erzincanica* ve *Scrophularia fatmae* türlerinde polinatörlerin etkin olduğu maksimum-minimum günlük sıcaklık, nem, yağış ve rüzgâr hızı değerler.

İklimsel veriler	<i>S. erzincanica</i>		<i>S. fatmae</i>	
	Minimum	Maksimum	Minimum	Maksimum
Sıcaklık	16,0	31,7	14,6	25,6
Yağış	0,00	0,00	0,00	0,02
Nem	10,0	48,0	22,0	67,0
Rüzgâr	0,5	4,6	0,7	9,2

İklimsel veriler dikkate alındığında *S. erzincanica*'nın polinatörlerinin daha geniş bir sıcaklık aralığında aktif oldukları görülmektedir. *S. erzincanica*'da polinatörler nisbi nemin %10-48 olduğu aralıklarda aktif olmasına rağmen nisbi nemin 15-30 olduğu aralıklarda daha aktiftir. Tablo 4.3 ve Tablo 4.12 incelendiğinde *S. fatmae* türünün

yaşadığı ortamda kuvvetli rüzgâr gün sayısı daha fazla ve ortalama sıcaklık değerleri daha düşüktür. Küçük boyutlu polinatör arılar büyük boyutlu arılara göre düşük sıcaklıklarda vücut sıcaklıklarını ayarlayamamaktadır. Bu nedenle *S. fatmae*'de olduğu gibi *B. niveatus* gibi büyük arılar daha düşük sıcaklıklarda ve daha yüksek rüzgarlar da beslenme davranışı gösterebilmektedir (Corbet vd., 1993; Vicens ve Bosch, 2000). Araştırma sonucuna göre yüksek irtifada yetişen *S. fatmae*'nin polinatör sayısı *S. erzincanica*'ya göre düşüktür. Bunun nedenlerinden birisi de yüksek rakımlardaki hava olaylarının ekstrem olmasına bağlı olarak polinatör sayı ve yoğunluğunun düşük olmasıdır. Ayrıca *S. erzincanica*'nın yetişme aralığı 1200-2800 m arasındadır. Bu aralık böcek yaşamı bakımından farklı zonlara ayrıldığı için *S. erzincanica*'da daha fazla polinatöre uyum sağlandığını düşündürmektedir.

S. fatmae'nin araştırmanın ilk yılı olan 2019 yılında yapılan gözlemlere göre çiçeklenme zamanının temmuz ayının ilk günleri olduğu görülmüştür. 2020 yılında yörede ekstrem sıcaklık değerlerine ulaşılmış, Tablo 4.12'den de anlaşılabileceği üzere bölgede 2019 Temmuz ayı sıcaklık ortalaması 14,8 C⁰ iken bu değer 2020 yılında 17,4 C⁰ olarak gerçekleşmiştir. *S. fatmae* eriyen karları takiben ortaya çıkan bir türdür. 2020 yılı içinde ani kar erimesi bireylerin çoğunun gelişmesine imkân vermemiş, gelişebilenlerde ise çiçeklenme çok daha öne çekilmiştir.

5.3. Fenoloji ve Çiçek Morfolojileri

Özellikle *S. erzincanica*'da uçlara yakın çiçek tomurcuklarının çiçeğe dönüşmediği görülmüştür. Scrophulariaceae *Antirrhinum*, *Linaria*, *Vandellia* cinslerinde ve *S. arguta*'da olduğu gibi kuraklık ve aşırı ışıktaki açılmadan kendileşebilen çiçekler (kleistogam) bulunur. Bu bakımdan *S. erzincanica* ve *S. fatmae* türlerinde kleistogam çiçeklerin olup olmadığı incelenmelidir. (Knuth ve Müller, 1908; Scheunert ve Heubl, 2014).

Populasyonların fenolojisine ait tablolara bakıldığında Tablo 4.21 ve Tablo 4.24 *S. erzincanica*'da fenolojik olayların *S. fatmae*'ye göre daha kısa olduğu görülmektedir. Ayrıca *S. erzincanica*'da populasyondaki bireylerin çiçek açma zamanı birbiri ile örtüşmektedir. *S. fatmae*'de ise çiçeklenme dönemi temmuzun ilk haftasından başlayıp ekimin sonlarına kadar devam eder. Bu türde bireylerin eriyen karları takip etmesi sonucu

populasyondaki bütün bireyler aynı anda çiçek açmaz. Literatüre göre (Makrodimos vd., 2008) alpinik türler zor ekolojik koşullarda yetişmeleri nedeniyle polinatör böcek çeşitliliği ve yoğunluğunun azlığına bağlı olarak üreme başarılarını artırmak amacıyla populasyonun çiçeklenme dönemini uzun tutmaktadır. *S. fatmae* türünde fenolojik olayların daha geniş bir periyoda yayılması ilgili literatürde belirtildiği gibi üreme başarısını artırmaya yönelik bir uyumun sonucu olduğu düşünülmektedir. *S. fatmae*'de kendileşme oranının ve çiçeklerin meyveye dönüşme yüzdelerinin *S. erzincanica*'ya göre daha yüksek olması bu türün alpin koşullara uyum sağladığını desteklemektedir. Tablo 4.22 dikkate alındığında *S. erzincanica*'nın gövde başına düşen çiçek sayısının ve polinatör çeşitliliğinin daha fazla olması ise fenolojik olayların daha kısa sürede gerçekleşmesinde üreme başarısının artırılmasına yönelik stratejiler olduğu tahmin edilmektedir.

Diğer taraftan *S. fatmae*'nin kümeli dağılım göstermesi ve çiçeklerinin daha gösterişli olması polinatör çeşidinin ve ziyaret sıklığının daha az olması nedeniyle polinatör verimliliğini artırdığı tahmin edilmektedir. Çiçek mimarileri bir türdeki polinatör davranışlarını etkileyen faktörlerden birisidir. *S. fatmae*'de olduğu gibi çiçeğin bir eksen boyunca kümelendiği çiçek mimarilerinde polinatörler yukarıdan aşağı ya da aşağıdan yukarı hareket ederek kısa sürede daha fazla çiçek ziyaret edebilir (Corbet vd., 1981). *B. niveatus*'un *S. fatmae* bireylerinde çiçek ziyaretlerini aşağıdan yukarı gerçekleştirerek daha fazla çiçek ziyaret etmektedir. *S. erzincanica*'da çiçeklerin daha az gösterişli olması ve bitkinin arazide fark edilmesinin daha zor olmasına rağmen polinatör ziyaret saatlerinde yoğun bir koku yayması ve staminod ve korolla dudağının oluşturduğu mimikri nedeni ile polinatör çekiciliğini artırdığı düşünülmektedir. Zira renklenmenin mimikriye yol açarak polinatörleri çiçeklerin cezbetme oranını artırdığına yönelik çalışmalar bulunmaktadır (Lunau, 2006).

Her iki türün çiçekleri kıyaslandığında korolla tüpü büyüklüklerinin birbirine yakın olduğu görülmektedir (Tablo 4.23 ve Tablo 4.26). Buna karşın *S. erzincanica*'da korolla tüpü yeşil staminod ve korolla dudağı içte mor, çiçekler daha uzun saplı korolla dudağı korolla tüpünün 1/3'ü uzunluğunda. Kaliks korolla tüpünün yarısından kısa, staminod korolla tüpünün ortasına bağlı ve korolla girişini bir bariyer gibi kapatmaktadır. Ayrıca çiçeklerin seyrek düzeni, korolla tüpünün girişi aşağıya dönüktür. *S. fatmae*'de ise

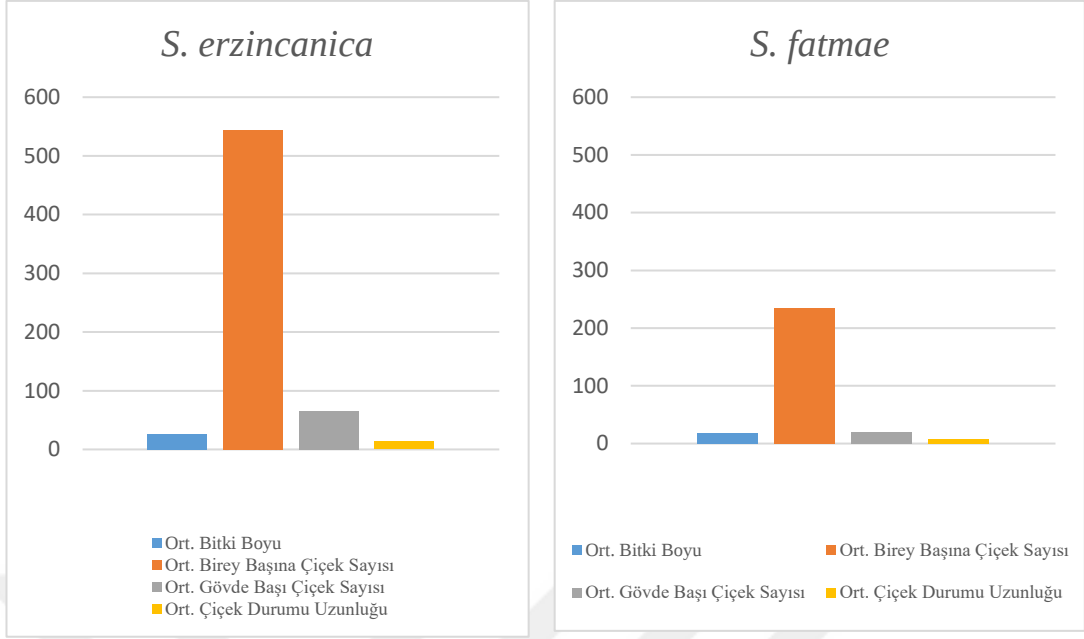
korollanın tüm parçaları çiçeklenme döneminde pembe renkli çiçek sapı kısa ve sağlam korolla dudağı en az korolla tüpü boyunda ve geniş, staminod korolla tüpü tabanına yetişmiş, korolla girişi açık, yana veya yukarı yönelimlidir. Scrophulariaceae familyasına ait türlerde genel olarak narin saplı çiçekler küçük polinatörler tarafından daha yoğun olarak ziyaret edilmektedir (Kampny, 1995).

Bilindiği gibi *S. fatmae* türünde *B. niveatus* polinatör olarak görev yapmaktadır. Aynı polinatör *S. erzincanica*'nın ortamında da bulunmakta fakat *S. erzincanica* çiçeklerini ziyaret etmediği halde korolla tüpü yana yönelimli kısa ve sağlam çiçek saplı, yoğun dizilimli çiçeklere sahip olan *Muscari massayanum* çiçeklerini ziyaret etmesi *S. erzincanica* ile *S. fatmae*'nin polinatör çeşitliliğinde rol oynayan önemli morfolojik karakterler olarak görülmüştür. Her iki türün korolla tüpünün ve ortalama nektar miktarlarının birbirine çok yakın olması polinatör çeşitliliğinde çiçek morfolojilerini daha öne çıkarmaktadır.

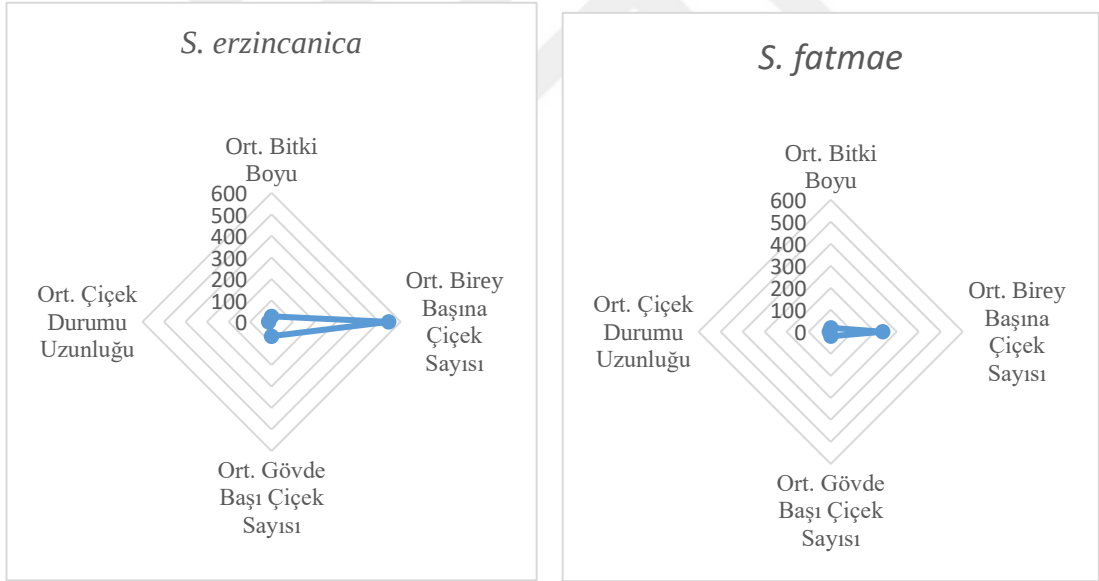
Çoğu *Scrophularia* türü, polinatörleri çekme işlevi gören ve dişi üreme başarısını artıran korolla tüpünün üst üçte birlik kısmında (örneğin, *S. lyrata* ve *S. scorodonia*) konumlandırılmış büyük bir staminoda sahiptir. Bazılarında ise (örneğin *S. canina*) korolla tüpünün alt üçte birinde yer alan küçük bir staminodun olduğu belirtilmiştir (Lopez vd., 2016). *S. erzincanica*'da da staminodlar korolla tüpünün üst üçte birlik kısmında olup büyük bir yapıdadır. *S. fatmae*'de ise *S. canina*'da olduğu gibi alt tarafta ve daha küçüktür.

Staminodların görevlerinden birisi de çekici olmayan çiçeklere polinatörlerin ilgisini artırmaktır (Lunau, 2006). Şekil 4.9 'a bakıldığında *S. erzincanica*'da staminod korolla dudağı ile beraber uçan böceğe benzeyen bir görüntü oluşturmaktadır. *S. erzincanica* aynı zamanda küçük, fark edilmeyen gösterişsiz çiçeklere sahiptir. Staminodun polinatörler için çiçekleri fark etmede rol oynayabileceği düşünülmektedir.

Her iki türün bazı morfolojik karakterlerin ölçüsünü ve sayısını belirten ortalama değerler Şekil 5.1 ve Şekil 5.2'de gösterilmiştir.



Şekil 5.1. Türler ait boy, çiçek durumu uzunluğu, birey ve gövde başına düşen çiçek ortalamalarının sütun grafik ile gösterimi.



Şekil 5.2. Türler ait boy, çiçek durumu uzunluğu, birey ve gövde başına düşen çiçek ortalamalarının örümcek grafiği ile gösterimi.

Alt seviyelerden alpin bölgeye kadar dağılım gösteren 6 bitki türünün çiçekte kalma süreleri üzerine yapılan bir araştırmada türlerin düşük seviyelerden ziyade alpin bölgelerde daha uzun süre çiçekte kaldığı sonucuna ulaşılmıştır. Bunun; alpin bölgelerde böceklerin yaşamasının güçlüğüne bağlı polinatör yoğunluğu ve çeşidinin azlığı

sebebiyle polinasyon için daha uzun süreye ihtiyaç duyulmasından kaynaklanan bir adaptasyondan ileri geldiği ifade edilmiştir (Trunschke ve Stöcklin, 2017). Çalışmamızda elde ettiğimiz sonuçlara göre tipik bir alpin türü olan *S. fatmae*'de *S. erzincanica*'ya oranla daha fazla çiçekte kalması ve vejetasyon döneminin daha uzun sürmesi bu çalışma ile aynı neticeyi ifade etmektedir.

5.4. Çiçek Hareketleri

Çiçeklerde hareket böcek etkisi ile oluşan hareketler ve çiçek aktif hareketleri olarak ikiye ayrılır. Çiçek kısımlarının aktif hareketinde ilgili hareketi gerçekleştiren parçaların sahip olmuş olduğu renk çeşidinin önemli olduğu belirtilmektedir (Ruan ve Silva, 2011). Renge bağlı olarak soğrulan ışığın dalga boyu, ilgili çiçek parçasının hareketi için gerekli metabolizmayı desteklemektedir. *S. erzincanica* ve *S. fatmae* türlerinde kendileşmeyi sağlamak amacıyla filamentler renkli uç kısımlarında anterleri stigmayla buluşturmak üzere bir yönelim hareketi (Şekil 4.9 ve 4.10) göstermektedir. Muhtemelen renklenmeye bağlı ışık soğurulması filamentin uç kısmında indol asetik asit dağılımını etkileyerek asimetrik bir büyümeye neden olmaktadır. Sıcaklığın çiçek parçalarının hareketini yönlendirdiğine ilişkin başka çalışmalarda bulunmaktadır (Havrkamp, vd., 2019).

Hareketli çiçek parçalarından birisi de staminodlardır. Scrophulariaceae familyasındaki cinslerin yaklaşık %30'unda staminod bulunmaktadır (Rodríguez-Riaño vd., 2015). Stamen hareketleri bitkilerin kendileşmesini önlemek ve polenlerin anterlerden ani dağılımını engellemek için yeterli değildir. Staminodlar stamenler tarafından gerçekleştirilemeyen bazı olayları kontrol ederek verimliliği artırmaktadırlar (Walker-Larsen ve Harder, 2000). Staminodların fonksiyonlarının tam olarak anlaşılmamış olmasına karşın çiçeklerde çiçeğin görünümünü değiştirmek, polinatörlere nektarlara ve polenlere ulaşması yanında üreme organlarına temas etmesi için kılavuzluk etmek ve nektar hırsızlığını önlemek gibi fonksiyonları olduğu rapor edilmektedir. Bunun yanında büyük staminodların küçüklerine göre daha fazla damar ihtiva ettiği fakat üretilen nektar miktarı ve nektar konsantrasyonunun staminod olup olmamasıyla ilgili olmadığı da ifade edilmiştir (Rodríguez-Riaño vd., 2015). Staminodların *Scrophularia* cinsinin polinasyonunda önemli fonksiyonlar gördüğü düşünülmektedir. *S. erzincanica*'da olduğu gibi korolla tüpünün üst bölümüne yerleşmiş staminodlar özellikle kurakçıl koşullarda

yetişen *Scrophularia* türleri için polinatörlerin çiçek ziyaretlerini teşvik eden bir çekici olarak iş gördüğü, fonksiyonları tam olarak bilinmeyen staminodların nektar hırsızlığını önlediği, polinatörlerin çiçek ziyaret sıklığının arttırdığı, su baskınına karşı çiçeği koruduğu ileri sürülmektedir (Lopez vd., 2016). Bunun yanında *Scrophularia* cinsinde staminodların nektar hırsızlığını engellemediği, böceklerin çiçek ziyaret sürelerini etkilemediği fakat çiçeğin yağmur suyu tarafından etkilenmesini önlediğini gösteren çalışmalar da bulunmaktadır (Rodríguez-Riaño, vd., 2015). *S. erzincanica*'da staminodun türün polinasyonunda önemli olabileceği düşünülmektedir. Korolla girişine bariyer oluşturması ve hareketine bağlı olarak gün içinde stilus ve stamenlerin pozisyonlarını/yönelimlerini değiştirmiş olması ilginç bir gözlem olarak kaydedilmiştir. Ayrıca ortamda çok sayıda başka polinatörler bulunmasına karşın *S. erzincanica* çiçeklerini vücut büyüklüğü birbirine benzer 4 farklı polinatörün ziyaret ediyor olması ve nektar birikiminin staminod tabanında gerçekleşmesi staminodların bitkinin polinatörlerinin özelleşmesini sağladığını ve onlar için nektar kılavuzu olarak iş gördüğünü düşündürmektedir. Ayrıca *S. erzincanica*'da staminodun korolla girişinde olması polinatörlerin çiçekte kalma süresini uzatmakta ve bu da polinatörlerin eşey organlarına temas süresini ve şansını artırmaktadır.

Marantaceae familyasında staminod stilus üzerine baskı uygulayarak onu gergin tutar. Dışa doğru kavisli stigmalarına benzer stigma, nektar almak için çiçeğin içine uzanan polinatörün hareketleri ile staminodu ittirip bırakması sonucu polinatörlerin getirdiği polenlerin vücut hareketiyle stilusa bulaşması sağlanır (Ruan ve Silva, 2011). Benzer mekanizmanın *S. erzincanica*'da etkin olduğu görülmüştür. *S. fatmae*'de stilusun az çok doğrusal konumda olması nedeniyle bu mekanizma görülmemiştir. *S. fatmae*'nin polinatörünün çiçekte kalma süresinin ve stigma ile temasının çok kısa ve türde staminodun korolla tabanına yerleşmesi nedeniyle böyle bir mekanizmanın olmasına ihtiyaç yoktur. *S. fatmae*'nin kendileşmeye daha yatkın olması ve stilus ve anterlerin birbirinden çok uzaklaşmamış olması da *S. erzincanica*'daki mekanizmanın *S. fatmae*'de olmadığı diğer göstergeleri arasında sayılabilir.

Bitki türlerinin önemli bir kısmı allogamiyi (başka bireylere ait çiçek polenleriyle tozlaşarak) tercih etmesine karşın birçok türde özellikle polinatörlerin iş görmediği durumlarda otogamiye (aynı çiçek tarafından üretilen polenle tozlaşarak) yönelim söz

konusudur. Örneğin *Tetracentron sinense* Oliv. (Trochodendraceae) bitkisi ile yapılan çalışmada, polinatörlerin açık havalarda etkili olduğu, bitkinin allogamiye eğilimli olmasına rağmen özellikle kapalı ve yağmurlu havalarda polinatör aktivitelerinin düşmesiyle otogamiyi tercih ettiği tespit edilmiştir (Gan vd., 2013). Değişik koşullar altında bitki türlerinin bu şekilde karışık tozlaşma biçimlerine başvurdukları bilinmektedir. Benzer şekilde *S. erzincanica* 'da üreme organlarının hareketini koordine eden (stamenlerin stilusa yanaşmasını veya uzaklaşmasını) staminodların türün polinatör varlığında veya yokluğunda otogami veya alogamiye başvurmasında rol oynayabileceği tahmin edilmektedir. Araştırma sonuçlarına göre staminod, stilus ve stamenlerin hareketine dair mekanizma tam olarak anlaşılamamıştır. Bu bakımdan gelecekte konuya ilişkin kontrollü ve daha uzun süreli araştırmalara ihtiyaç bulunmaktadır. Özellikle polinatör aktivitelerinin olmadığı zamanlarda anterlerin stilusla temas ettiriliyor olması otogamiyi destekleyen bir gözlemdir.

Literatürlere göre (Olivencia ve Alcaraz 1993a,b) *Scrophularia* türlerinde dişi fazda stigma alıcılığı bulunmakta ve bu safhada çiçekler nektar üretebilmektedir. *S. erzincanica* ile ilgili bulgular bu literatürle uyum göstermektedir. *Scrophularia* çiçeklerinde staminodlar korolla tüpünün üst veya tabana yakın kısımlarda bulunabilmektedir. Üst kısma yakın staminodları olan türlerde staminodların görevlerinden birisinin de alıcı stigma ile aynı çiçeğin olgunlaşmış anterleri arasına kalkan görevi yaparak kendileşmeyi engellemesidir (Walker-Larsen ve Harder, 2000; López vd., 2016). *S. erzincanica*'da staminodlar korolla tüpünün üst kısmına yerleşmiş olup korolla parçaları görünümündedir. Literatürde olduğu gibi dişi fazda stamenleri korolla tüpü içinde tutarak kendileşmeyi önlediği görülmüştür. Ayrıca erkek fazda stamen ve stilus hareketlerini koordine ettiği (zaman zaman stilus anterlerle buluşmakta, zaman zaman ayrılmaktadır) görülmüştür. *S. erzincanica*'da ISI değerlerine baktığımızda kendileşmenin çapraz tozlaşmaya göre daha düşük olmasında staminodun etkili olduğunu göstermektedir.

S. fatmae türünde staminod korolla tüpünün tabanına yakın kısmında bulunur. Bu türde kendileşme oranının *S. erzincanica*'ya göre daha yüksek olması staminodların konumlarının *Scrophularia* türlerinin polinasyonunda önemli rol oynadığını göstermektedir.

5.5. Polen Özellikleri

Çiçekli bitkilerde polen sayılarının tohum taslaklarına oranı bitkinin kendi kendine veya çapraz tozlaşmaya mı yatkın olduğunu belirleyen önemli bir parametredir (Zapata ve Arroyo, 1978; Arroyo-Correa vd., 2019). Ayrıca polen canlılık olayları türlerin üreme başarıları için oldukça önemlidir. Diğer taraftan polen apertür tipi ekzin süsleri ile polinasyon sendromları ve polenlerin stigmaya tutunmaları arasında sıkı bir ilişki bulunduğu bilinmektedir. Ayrıca vızıltı şeklinde kanat hareketleri görülen polinatörlerin polenlerin anterlerden dağılmasında ve polinatöre yapışmasında rol oynadığına ilişkin çalışmalar bulunmaktadır (De Luca vd., 2013; Wang vd., 2009; Hesse, 2000; Basso-Alves vd., 2011). *S. fatmae* ve *S. erzincanica* türünde polen canlılık oranları yüksek bulunmuş ve polen morfolojisi ve yüzey süslerinin vızıltı şeklinde kanat hareketleri yapan polinatörlere uygun olduğu belirlenmiştir.

S. erzincanica ve *S. fatmae* ile yapılan gözlemlere göre staminodun korolla girişine yerleşmiş olmasının sebebi olarak polinatör seçiciliğinin fazla olması, nektar hırsızlığının önlenmesi, polinatörlerin çiçekte kalma sürelerinin uzatılması, karşı çaprazlamanın teşvik edilmesi, kendilemeyi azaltıcı bir uyum olarak dış bükey stilusun anterlerden uzak tutulmasının sağlanması ve çiçekte bir mimikri ile ilişkisi olarak görülebilir. Tüm bunların yanında staminodun fanksiyonun tam anlaşılabilmesi için cinsin başka türlerindeki ihtiva eden staminod hareketlerine ve bitki polinatör ilişkilerine yönelik daha fazla gözlem yapılması gerekmektedir.

5.6. Tohum Özellikleri

Koruma biyologları tarafından tohum canlılık oranları ve farklı polinatörlerin tozlaştırması sonucu oluşan tohum sayıları polinasyona neden olan canlıların etkinliğini belirlemede kullanılmaktadır (Ne'eman vd., 2010; Park vd., 2016). Araştırma sonuçlarına göre tohum canlılık oranlarının her iki türde de yüksek olduğu bulunmuştur. Farklı polinasyon uygulamaları dikkate alındığında *S. erzincanica*'da üreme gruplarına göre tohum tutum oranları dikkate alındığında 2019 yılında emaskulasyonda %30,00, serbest tozlaşmada %25,83, kendilemede %9,44, 2020 yılında ise sırasıyla %44,17, %48,33 ve %23,89 bulunmuştur. Türde apomiksis ve geitonogami uygulamalarında herhangi bir tohum tutumu görülmemiştir. *S. fatmae*'de ise 2019 yılı verilerine göre serbest tozlaşma

da %69,44, geitonogami %50,83, kendilemede %49,44 ve emaskulasyonda %44,44; 2020 yılında ise sırasıyla %56,11, %32,22, %52,50 ve %72,50 bulunmuştur. Türde apomiksiste herhangi bir tohum tutumu görülmemiştir.

Her iki türde kendine uyumludur. Kendilemede *S. fatmae* 'nin tohum tutum oranının daha yüksek olmasının nedeni polen sayısı/ tohum taslağı sayısı oranından da anlaşıldığı üzere türün kendileşmeye daha yatkın olmasıdır. Bir bakıma kendileşme sayılan geitonogami de *S. erzincanica*'da herhangi bir tohum tutumu gerçekleşmezken *S. fatmae*'de gerçekleşmiş olması türün kendileşme oranının daha yüksek olduğunu gösteren diğer bir kanıttır. Bununla birlikte *S. fatmae*'de serbest ve dış tozlaşma oranında tohum tutum oranlarının yüksek çıkması polinatör *B. niveatus*'un etkinliğinin yüksek olduğunu göstermektedir. Zira ziyaret periyodu çok düşük (saatte 3'ten az) olmasına karşın *B. niveatus*'un bireyleri tek ziyarette açan çiçeklerin yarısından fazlasını ziyaret edebilmektedir. *S. erzincanica*'da emaskulasyon ve serbest tozlaşmanın yüksek olması *S. fatmae*'ya göre dış tozlaşmaya daha açık olduğunu göstermektedir. Yine *S. erzincanica*'da serbest tozlaşmanın 2020 yılında daha yüksek olmasının nedeni olarak türün 2020 yılında aktif polinatörün (*H. quadricinctus*) Polinatör Ziyaret İndeksinin 2019 yılındaki polinatörlerden daha yüksek olması ile açıklanabilir.

5.7. Türlerin Stigma Morfolojileri, Stigma Alıcılığı ve Tohum Taslağı Sayıları

Her iki türünde stigmasının papillar yapıda ve nemli olduğu görülmüştür. Stigma alıcılığı deneylerine göre her iki türün dişi fazda alıcı olduğu, *S. erzincanica*'da erkek fazın ilk aşamasından sonra alıcılığın düştüğü, *S. fatmae* 'de ise alıcılığın çiçek yaşlanıncaya kadar devam ettiği anlaşılmıştır. Bazı bitki türlerinde stigmaya polen ulaşmış olsa bile tohum taslaklarının tamamına yakını dölleninceye kadar stigma alıcılığı devam etmektedir. Örneğin Scrophulariaceae familyasında *Mimulus aurantiacus* Curtis ile yapılan bir çalışmada (Fetscher ve Kohn, 1999) tohum taslağını yeterli polen miktarını alana kadar stigma alıcılığının sürdüğü tespit edilmiştir. *S. fatmae*'de aynı anda çiçek açan birey yoğunluğunun çok az olması ve polinatör çeşitliliğinin düşüklüğü nedeniyle stigma alıcılığının uzun olmasının alpinik koşullarda tozlaşma verimliliğinin artırılmasına yönelik bir uyum olduğu düşünülmektedir.

Diğer taraftan *Scrophularia* cinsi dahil Scrophulariaceae familyasının üyelerinde karşı tozlaşmayı garanti altına almak için bazı mekanizmalar bulunur. Bunlardan birisi de, stigmanın aynı çiçeğe ait polenler yerine başka çiçeklerden gelen polenleri kabul etmek üzere polinatörlere temas kuracak şekilde konumlanmasıdır. Scrophulariaceae üyelerinin genellikle polen olgunlaşmasından önce stigmanın eşeyssel olgunluğa ulaştığı (protogini), polinatör olmadığında kendine döllek olduğu belirtilmiştir. Ayrıca *Scrophularia* cinsi için nektar, polen ve esansiyel yağ toplayan bal arıları ve yaban arılarının cins için bilinen polinatörler olduğu belirtilmiştir (Kampny, 1995).

Stigma alıcılığı tozlaşma başarısı için hayati önemde olup, tozlaşma zamanlarında stigma alıcı olmadan, polen tanecikleri çimlenemez ve sonuç olarak dölleme gerçekleşemez. Başarılı bir dölleme için tohum taslağı alıcılığı da önemli olup, tozlaşma tohum taslağı alıcılığını situmüle eder. Tozlaşma ve dölleme arasındaki zaman periyodu birkaç haftadan, aya değişir (Sengupta ve Tandon, 2010). *S. erzincanica* türü *S. fatmae* türüne göre daha düşük rakımlara uyum sağlamıştır. *S. erzincanica*'da çiçekte kalma ve stigma alıcılığın süresi *S. fatmae* türüne göre daha kısadır. Birey başına düşen çiçek sayısının ve polinatör çeşidinin *S. fatmae*'ye göre daha fazla olması çiçekte kalma sürelerinin ve stigma alıcılığının kısalığını tolere eden bir uyum olarak kabul edilebilir. Ayrıca polinatör çeşidi daha fazladır. Bulgularımıza göre çiçekte kalma süreleri ve stigma alıcılığının süresi daha kısadır.

Kendileşmede, polen dağılımı ile stigmanın alıcılığı aynı zamana denk gelmektedir. Özellikle bu durum *S. fatmae* türünde belirgindir. Diğer taraftan *S. erzincanica* türünde otogami (kendileşme) sonucunda tohum olgunlaşması gerçekleşmesine karşın oranın çok düşük olduğu görülmektedir. *S. erzincanica* kendileşmeden daha ziyade çapraz tozlaşmayı (ksenogam) tercih etmektedir. Sonuçlar *S. fatmae* türünde ise hem kendileşmenin hem de çapraz tozlaşmanın yaygın olduğunu göstermektedir. Bu durum alpin bölgede hayatta kalma stratejisine bir uyumun sonucu olmalıdır. Her iki türde apomiksis ile meyve oluşumu gözlenmemiştir. Eldeki bulgulara göre doğada *S. erzincanica*'nın tohum üretme başarısı *S. fatmae* türü ile karşılaştırıldığında başarısının daha düşük olduğu görülmektedir. *S. erzincanica* bireylerinin çiçek sayılarının *S. fatmae*

türünün en az iki katı olması tohum üretme başarısızlığının oluşturduğu olumsuzluğu azaltabileceği düşünülmektedir. Türün daha geniş alanlara yayılımı bunu göstermektedir. Her iki türünde tohum taslağı sayısı 36 bulunmuştur.

C. rotundifolia ile yapılan çalışmada (Bingham and Orthner, 1998) yükseklerde stigma alıcılığının daha fazla, çiçeklenme periyodunun daha uzun ve polen miktarlarının daha fazla olmasından dolayı yüksekliğe bağlı olarak polinasyon başarısında anlamlı farklar olmadığı ortaya konmuştur. Düşük rakımlardaki *Campanula* populasyonlarında stigma alıcılığı 1,46 gün, yükseklerde 2,36 gün. Çiçekte kalma süresi Şili And dağlarında türde 2310 m de 4.1 gün, 3.500 m’de 9,0 gündür. Buna ilave olarak And boyunca çiçeklenme periyodu 3.2 haftadan 10.8 haftaya kadar değişim gösterir. Yüksekliğe bağlı olarak stigma alıcılığının süresi artar (Arroyo et al. 1981). Yaşam alanı daha yüksek olan *S. fatmae*’de stigma alıcılığının ve çiçeklenme periyodunun uzun olması mevcut literatürle uyumludur.

5.8. Nektar Hacimleri ve Nektar Şeker Konsantrasyonu

Tablo 4.29 ve 4.30 incelendiğinde çiçeklenmenin zirvede olduğu dönemde *S. erzincanica*’nın ortalama nektar miktarının 0,15 µl, *S. fatmae*’de 0,13 µl olduğu görülmüştür. Bu nektar miktarları cinsin başka türlerine ait yapılan çalışmalarda belirlenenlerden daha düşüktür (Olivencia ve Alcaraz, 1993b). Korolla dudakları dikkate alındığında *S. fatmae* çiçeklerinin daha büyük olmasına karşın her iki türün korolla tüpü ve çapları birbirine çok yakındır. Dolayısıyla nektar miktarlarının birbirine yakın olması normal karşılanabilir. Bununla birlikte her iki türünde çiçeklenme dönemleri itibariyle yüksek sıcaklık nedeniyle nektar hacimlerinde buharlaşmaya bağlı düşüşler olabilir. Buna ilişkin yapılmış çalışmalar bulunmaktadır (Herrera, 1990; Takkis, vd., 2019). Bitkilerin nektar salınımlarına ilişkin ilginç bulgulara rastlanmıştır. Örneğin *O. drummondii* (Onagraceae) türünde yapılan çalışmada çiçeklerin nektar oranını *A. mellifera*’nın kanatlarının neden olduğu vibrasyonla üç dakika içinde artırdığı keşfedilmiştir (Veits vd., 2019). *S. fatmae* ve *S. erzincanica* türlerinde de benzer bir durum olup olmadığının araştırılması, nektar miktarlarının düşük olmasının sebepleri konusunda bir fikir verebilir.

Scrophularia fontqueri türü ile ilgili yapılan çalışmada (Ortega-Olivencia ve Devesa, 1998) dişi fazın erkek fazdan daha kısa sürdüğü, nektar üretiminin sabah maksimum

olduğu ve gün ortasından itibaren düştüğü, hava sıcaklığı arttığında nektar miktarının düştüğü ve konsantrasyonun arttığı rapor edilmiştir. Türde geitonogami olasılığının olduğu, polinatörlerin üst kısımlardan aşağıya doğru hareket ettiği, üstte dişi fazla, altta erkek fazla çiçeklerin olması durumunda geitonogami oranının düştüğü, aynı seviyede olmaları durumunda arttığı, geitonogami oranının çiçeklerin yaşlanması ile azaldığı da ifade edilmiştir.

Her iki türde de refraktometrenin skalasında okunabilecek düzeyde sükröz tespit edilememiştir.

5.9. Polinatörler / Tozlayıcılar

Scrophularia cinsinde kuşlardan değişik böcek gruplarına kadar değişim gösteren bir pollinator çeşitliliği görülür. Polinatör çeşitliliğinde türlerin geçmişi ve geçmişten günümüze yayılış gösterdiği fitocoğrafi alanların etkili olduğu belirtilmiştir (Navarro-Pérez, 2013). *Scrophularia* cinsi üyelerinin çoğu yaban arılarıyla uyumlu çiçeklere sahiptir. Bunun yanında Bombuslardan Syrphid üyesi sineklere kadar geniş yelpazede polinatörlerle de tozlaşabilirler (Olivenca vd., 2012; Olivenca ve Alcaraz, 1993a, 1993b).

S. erzincanica'nın temel polinatörleri *Halictus* sp., *H. quadricinctus* ve *L. pauxillum* türleridir. *Halictus* sp. 2019, *H. quadricinctus* 2020 yılında görülmüştür. *L. pauxillum*'a her iki yılda da rastlanmıştır. *L. pauxillum* sıklıkla çevrede bulunan *Isatis* türlerini ziyaret ederken, zaman zaman da *S. erzincanica* çiçeklerine gelmektedir. Çiçekleri ziyaret zamanı her iki *Halictus* taksonu ile örtüşmektedir. Bununla birlikte ziyaret sıklıkları düşüktür. Polinatörlerden *H. quadricinctus*'un PZİ değeri en yüksek bulunmuştur. *E. tenax*'ın 2019 yılında çiçekleri düşük frekansta ziyaret ettiği görülmüştür. Ender olarak *E. taeniops* çiçek ziyaretinde bulunmuştur. Zaman zaman ve düzensiz olarak *A. mellifera*'ya da çiçeklerden nektar toplarken rastlanmıştır. *Halictus* türlerinin nektar yanında polen topladıkları da tespit edilmiştir. *L. pauxillum* ender olarak polen toplama faaliyetinde bulunmaktadır. *E. tenax* ve *E. taeniops* ise nektar toplayıcılarıdır. *S. erzincanica*'nın polinatörlerini ve zararlı böceklerini özetleyen ön çalışma Kılıç vd. (2020) tarafından yayınlanmıştır.

Stigma bileşimine çok karışık yapıda polen ulaşması polen başarısızlığına neden olur (Wilcock ve Neiland, 2002). *Halictus* taksonları dışında diğer polinatörlerin aynı zamanda çevredeki diğer bitkileride ziyaret ediyor olmaları polinasyondaki etkinliklerini düşürüyor olabilir.

Valtueña vd. (2013)'nin çalışmasında İber Yarımadasındaki *Scrophularia* türleri için *A. mellifera*, *Chrysotoxum* sp., *E. balteatus*, *Eupeodes* sp., *Paragus* sp., *P. clypeatus*, *S. pyrastris*, *Sphaerophoria* sp. *Syricta* sp., *Anthophora* sp., *Andrena* sp., *Bombus* sp., *Lasioglossum* sp., *Halictus* sp., *Panurgus* sp., *Sphecodes* sp., *S. gracilis*, *Dolichovespula* sp., *Polistes* sp., *V. crabro*, *Vespula* sp. taksonlarının fonksiyonel polinatör grupları olduğu rapor edilmiştir. Bu taksonların bazılarının, Doğu Anadolu'dan kayıt edilmiş olması nedeniyle (Özbek, 1979, 1983, 1998, 2002, 2014; Dikmen ve Aytekin, 2011; Dikmen vd., 2011) bölgede *Scrophularia* türlerinin polinatörleri olması kuvvetle muhtemeldir.

Halictus cinsi yaban arıları, Akdeniz Bölgesi, Türkiye ve diğer Ortadoğu ülkelerinde oldukça fazla çeşitlilik içermektedir (Dikmen vd., 2011). *H. quadricinctus* Türkiye'de yaz aylarında 2000 m'ye kadar yükseltisi olan steplerde yaygın olarak dağılım göstermektedir (Grace, 2010). Yine *H. quadricinctus* ve *L. pauxillum* türlerinin Erzincan ve çevresindeki illerde yayılışı bulunmaktadır (Özbek, 1979). Erzurum ve çevresinde *H. quadricinctus*'un *Medicago sativa* L. ve *Onobrychis sativa* L. kültür bitkilerinin polinasyonunda rol oynadığı rapor edilmiştir. Ayrıca bu polinatörün Ürdün'de *Helianthus annuus* L. (ayçiçeği), orkide ve tarım alanlarında yaygın olduğu tespit edilmiştir (Dikmen ve Aytekin, 2011). Türün Türkiye doğal florasında hangi türlerin polinasyonunda rol oynadığına ilişkin daha önceden yapılmış bir çalışmaya rastlanmamıştır.

Halictus cinsine ait arı türleri için verilen diğer kayıtlar: *H. patellatus*, *H. cochlearitarsis*, *H. scabiosae*, *H. sexcinctus*, *H. squamosus*, *H. quadricinctus*, *H. pentheri*, *H. sajoii*, *H. tetrazonianellus*, *H. tetrazonius*, *H. georgicus*, *H. asperulus*, *H. maculatus*, *H. simplex* (Dikmen ve Aytekin 2011). Literatüre göre *Halictus* türleri *Scrophularia* cinsi için temel polinatörlerdendir (Valtueña vd., 2013). Bu bakımdan özellikle *S. erzincanica* için diğer *Halictus* türlerinin de polinatör olma olasılığı bulunmaktadır.

Scrophulariaceae ve ona yakın familyalarda vazo ve çan şekilli korollanın yaygın olması nedeniyle “arılarla polinasyon” temel tozlaşma biçimidir. Buna karşın familyanın çiçek şekli, rengi ve böcekleri çiçeklere çeken nektar gibi faktörlerin değişkenliği dolayısı ile sineklerin de içinde bulunduğu çok farklı böcek grupları familya üyeleri için polinatör olarak görev yapmaktadır (Kampny, 1995).

Scrophularia cinsinin üreme biyolojisi ile ilgili yapılan en kapsamlı çalışmalardan birinde, cinse ait temel polinatörlerin yaban arıları ve Syrphidae familyasına ait türler olduğu belirtilmiştir. Cinse ait *Canina* seksiyonunda ise Syrphidae üyelerinin (Örn. *E. tenax*) en önemli polinatörler olduğu görülmektedir. İncelenen *Scrophularia* türlerinden dışarı uzamış ve merkezden uzaklaşan kavisli stilus pozisyonunun dikogamik (erkek ve dişi organlar farklı zamanlarda olgunlaşır) çiçeklerde kendine tozlaşmayı önleyici bir mekanizma olduğu anlaşılmaktadır. Benzer familyaya ait başka cinslerde de görülmüştür. Syrphidae, Hymenoptera ve Diptera üyeleri *Scrophularia* cinsinde polinatörler olarak belirlenmiştir. Hymenoptera üyeleri cinsde şüphesiz önemli polinatörler olmasına karşın Syrphidae sinekleri Sect. *Canina* da polenleri ve düşük miktarlarda nektarları alabilen polinatörler olarak saptanmıştır. *Scrophularia* bireyleri üzerinde dolaşan karıncaların polinasyona katkısı olmadan nektar hırsız olarak faaliyet gösterdiği de ifade edilmiştir (Olivencia ve Alcaraz, 1993a; 1993b). Syrphidae familyası üyelerinin bazı bitkilerin polinasyonunda en az arılar kadar etkin olduğu belirtilmektedir (Irshad, 2014).

Bulgaristan Pleven Bölgesinde içlerinde *H. quadricinctus* polinatör arıların bollukları ile abiyotik faktörler arasındaki ilişki incelenmiştir. Araştırma sonuçlarına göre arıların yoğun olduğu saatlerin sıcaklığın yüksek nem oranının düşük olduğu aralıklar olduğu belirlenmiştir. Arıların çiçek ziyaretleri ve besin tercihleri sıcaklık, nem, mevsim, topoğrafya ve çiçek türlerine göre değişim gösterdiğide vurgulanmıştır. Bu çalışmada hava koşullarına bağlı olarak 2015 çiçeklenme dönemindeki arı yoğunluğunun 2014 çiçeklenme dönemine göre %40,8 azaldığı tespit edilmiştir. Alanda en yoğun bulunan *H. quadricinctus* 2014’te 1m² lik alanda 32 kez görülürken 2015’te en yoğun olduğu zaman da 19’a düşmüştür (Nikolova vd., 2016).

E. tenax doğal bitkilerde olduğu kadar seralarda da tozlayıcı böcek olarak kullanılmaktadır. *E. tenax* UV ışığı absorblayan veya yansıtan çiçeklerdeki ziyaret

sıklığını etkilemektedir. Gerek UV ışığı yansıtan gerekse absorplayan çiçeklerde sarı çiçekleri yoğunlukla tercih etmektedir. Açık renkli çiçeklerde UV absorplayan çiçeklerde sarıdan sonra maviyi tercih ettiği, koyu renkli çiçeklerde ise sarı dışında tüm çiçekleri daha az tercih ettiği belirlenmiştir (Nikolova vd., 2016).

Scrophulariaceae familyasından *Mimulus repens* R. Br. türünün polinasyonu ile yapılmış olan araştırmada *E. tenax*'ın çiçekleri ziyaret ettiği ve anterlerden dışarı saçılan polenleri yediği gözlemlenmiş, ayrıca polenlerin yanında diğer bitkisel salgılarla da beslendiği rapor edilmiştir (Böcher ve Philipp, 1985). Bu literatürde olduğu gibi *E. tenax*'ın *S. erzincanica*'da korolla boğazından içeriye uzanarak nektar topladığı ve bu esnada vücut kıllarına polenlerin bulaştığı görülmüştür. Türün doğu Anadolu'da yayılışı olduğuna ilişkin kayıtlara da rastlanmıştır (Gözüaçık ve Özgen, 2018).

E. tenax polen yemek ve nektarla beslenmek için kokulu bitkileri ziyaret etmekte ve polenlerin aminoasit içerikleri, çiçek renkleri ve staminod gibi yapıların türe nektar ve polenlere ulaşmak için kılavuzluk ettiği belirlenmiştir (Woodcock vd., 2014). *S. erzincanica*'da nektarların korolla tüpünün tabanında staminodların tam alt kısmında biriktiği tespit edilmiştir. *E. tenax* dahil tüm polinatörlerin staminodların sağ ve sol tarafındaki açıklıktan korolla tüpünün içine uzanıyor olması staminodların polinatörlerin nektara ulaşımında kılavuz rolü üstlendiği söylenebilir.

Polinatörlere baktığımızda boyutlarının *S. erzincanica* çiçeklerinden belirgin olarak uzun oldukları görülmektedir. Literatüre göre polinatörlerin çiçekteki erkek ve dişi organlar arasındaki açıklıktan daha büyük olması gerektiği, daha küçük olanların muhtemelen nektar ve polen hırsızları oldukları vurgulanmaktadır (Solís-Montero ve Vallejo-Marín, 2017). Buna göre *S. erzincanica* polinatörlerinin tür için uygun olduğu söylenebilir. Scrophulariaceae familyasında genel olarak karşı tozlaşmanın yaygın olduğu, bunun için erkek ve dişi organların olgunlaşma zamanlarının farklı olduğu ve stilusun anterlerden uzak pozisyonda olması nedeniyle polinatörlerin ilk önce stigmaya dokunarak getirdiği poleni bıraktığı belirtilmektedir (Kampany, 1995). Özellikle *S. erzincanica* türünde polinatörlerin stigmayla sıkı temas içinde olduğu oldukça bariz olarak görülmektedir. *S. fatmae* türünde ise polinatörün çiçekte en uzun kaldığı durumlarda benzer durum

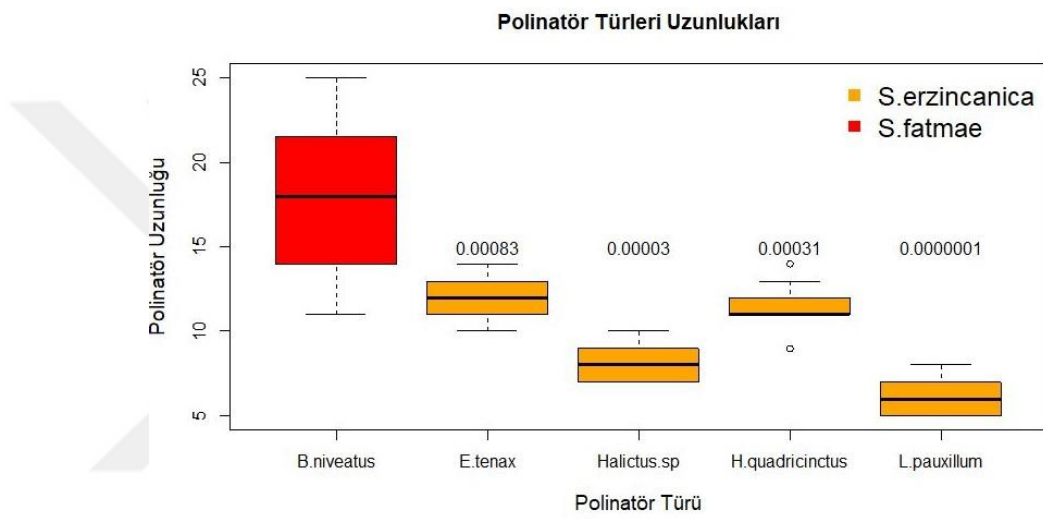
olabilmektedir. *S. fatmae*'de polinatörün stigmaya ve anterlere temas ettiği süre *S. erzincanica* ile kıyaslandığında çok kısadır.

Diğer taraftan literatürlerde belirtildiği şekilde (Kunth ve Müller, 1908) polinatörler gelmediği durumlarda her iki *Scrophularia* türünde de stamenler stilus üzerine kıvrılarak kendileşmeyi sağlamaktadır.

İber Yarımadasında 5 *Scrophularia* türü ile yapılan çalışmada Bombuslar ve farklı büyüklükteki arıların polinatör olduğu bitkilerde, küçük polinatörlerin daha çok yatay hareketleri, Bombusların ise dikey hareketleri tercih ettiği görülmüştür. Yatay hareketlerde polinatörler daha çok büyük çiçeklere yönelmiştir (Valtuna vd., 2013). *S. erzincanica* ve *S. fatmae* türündeki bulgulara göre küçük polinatörlerin çiçek durumunun yaygın, çiçekleri sık olmayan çiçek mimarilerinde (*S. erzincanica*), büyük polinatörün ise çiçeklerin sık bir ekseninde toplandığı çiçek mimarisinde (*S. fatmae*) olduğu görülmüştür. *S. erzincanica*'da polinatörler aynı seviyedeki simözlerdeki ortadaki büyük çiçekleri tercih ederek az çok yatay hareket gerçekleştirirken, *B. niveatus*'un polinatör olduğu *S. fatmae*'de çiçek durumunun alt kısımlarından başlayarak dikey yönde ilerlemektedir.

S. erzincanica ve *S. fatmae* türlerinde polinatör büyüklükleri dikkate alındığında (Tablo 4.33 ve 4.39) polinatör böceklerin vücut büyüklükleri çiçek büyüklüklerinden (Şekil 5.1 ve 5.2) belirgin bir şekilde daha fazladır. Polinatörler baş kısımları korolla ağzını tamamen doldurmakta ve nektara ulaşmada polinatör ağız uzantılarının önemli bir fonksiyon gördüğü anlaşılmaktadır. Literatürlere bakıldığında da çiçekleri ziyaret eden polinatörlerin, çiçeklerin açık, kapalı, tüpsü olup olmamasına göre büyüklüğünden ziyade ağız parçalarının uzunluğunun öne çıktığı vurgulanmaktadır (Celep vd., 2014; Szucsich ve Krenn, 2002; Karolyi vd., 2012). *S. fatmae*'nin polinatörü olan *B. niveatus* korolla tüpüne *S. erzincanica* polinatörleri gibi tamamen sokarak uzun süre geçirmemektedir. Ziyaret süresi ortalama birkaç saniye sürmektedir. *S. erzincanica*'da bireylerine polinatörler daha sık gelirken, az sayıda çiçek ziyaret ederken, *S. fatmae*'de seyrek gelerek daha fazla çiçeği dolaşmaktadır. *B. niveatus* baş kısmını tamamen korolla tüpü içine sokmadan ziyade bir kısmı dışarıda kalacak şekilde ağız uzantılarıyla nektar toplamaktadır.

Scrophularia türlerinin polinatörü olan böceklerin toplam uzunluklarını karşılaştırmak, analizler ve grafik çizimleri ile farklılıklarını ortaya koymak amacıyla R istatistiksel analiz programı versiyon 3.6.1 (R Development Core Team, 2020) kullanılmıştır. Burada toplam uzunluk, polinatör büyüklüğünün bir fonksiyonu olarak kullanılmıştır. Toplam uzunluk ölçümlerinin bitki türleri arasında farklı olduğunu göstermek amacıyla kutu grafikleri (Tukey) kullanılmıştır; ayrıca parametrik olmayan bir U-testi (Mann-Whitney) ile *S. fatmae* polinatörü *B. niveatus* ölçümleri, *S. erzincanica* polinatörü böcek türlerine ait ölçümlerle karşılaştırılmıştır (Tablo 4.33 ve Tablo 4.39).



Şekil 5.3. Çalışmaya konu olan tüm böcek türlerine ait toplam uzunluk verilerinin kutu grafikleri ile karşılaştırılması.

Şekil 5.3'te ayrıca Mann-Whitney U testi kullanılarak yapılan, *S. fatmae* polinatörü *B. niveatus* ile *S. erzincanica* polinatörleri arasındaki farkların şansa bağlı ortaya çıkma olasılıklarını ifade eden p değerleri verilmiştir.

Şekil 5.3'e göre *S. fatmae* polinatörü *B. niveatus*, *S. erzincanica* polinatörlerinin tamamına göre büyüklük açısından anlamlı derecede farklı ve daha büyüktür. Bununla birlikte *S. fatmae* polinatörleri arasında da büyüklük açısından anlamlı farklılıklar bulunmaktadır. Bu durum, polinatör tür zenginliğinin artması ile tetiklenen niş paylaşımı ile açıklanabilir. Türler ait polinatör büyüklüklerine bakıldığında *S. erzincanica* polinatörlerinin daha küçük olmalarına karşın büyüklük açısından daha fazla değişkenlik gösterdiği anlaşılmaktadır. Türlerin dağılımına bakıldığında *S. fatmae* 'nin ortalama 3.000 m rakımda yaşadığı, *S. erzincanica* 'nın ise 1.200-2.800 m aralığına uyum sağladığı

görülmektedir. *S. erzincanica*'nın böcek yaşamı açısından farklı zonları teşkil eden dağılım rakımlarındaki bu değişkenlik farklı böcek büyüklüğüne sahip polinatörlere çekebilecek bir uyuma sahip olabileceğini göstermektedir. Zira 2019 yılında tür gözlem sahasında belirlenen *Halictus* sp. ve *E. tenax*'ın 2020 yılında başka bir alanda görülmemiş olması (2019 yılındaki alanın 3 km daha uzağı), 2020 yılında ise *H. quadricinctus*'un etkin polinatör olması türün coğrafi dağılımında ki geniş varyasyona uyumun bir sonucu olabilir. Bununla birlikte bölgede *Scrophularia* türleri için temel polinatörler olan başka *Halictus* türlerinin de kaydedilmiş olması farklı vadi içlerinde ve farklı yükseltilerde türün başka *Halictus* türlerince de tozlaştırıyor olabileceğini düşündürmektedir. Bunu belirlemek için daha uzun süreli gözlemlere ihtiyaç duyulmaktadır. *S. erzincanica*'nın il içinde birbirinden uzak vadi içlerinde de yayılış gösteriyor olması bu ihtimali güçlendirmektedir. Gelecekte böcek bilimcilerin ildeki polinatörlerin dağılımına ilişkin yapacakları çalışmalar durumun açıklığa kavuşturulmasını sağlayabilir.

S. erzincanica'da *Halictus* türlerinin *S. erzincanica* dışında diğer bitki türleriyle ilgilenmedikleri görülmüştür. Diğer polinatörlerin başka türlerin çiçeklerini daha fazla ziyaret ettikleri görülmüştür. Literatüre göre polinatörler tarafından stigmaya bileşimi fazla karışmış polen taşınması “polen başarısızlığına” neden olmaktadır (Wilcock ve Neiland, 2002). Bu nedenle *Halictus* dışındaki polinatörlerin *S. erzincanica* dışında tozlaşma başarısızlığına neden olabilir. *S. fatmae*'nin polinatörü *B. niveatus*'un da çevredeki başka bitkileri ziyaret etmesi benzer bir duruma yol açıyor olabilir.

Vespinae altfamilyasına ait yaban arıları önemli tozlaştırıcılar arasında yer almaktadır (Douwes vd., 2012). Bu alt familyaya ait gözlemlenen *Vespa Velutin* cinsine ait türü belirlenememiş olan bireyler toplanmıştır. Fakat bu bireylerin *S. erzincanica*'nın ortamında bulunmasına rağmen, iki vejetasyon döneminde de çiçeklerine ilgi gösterdikleri görülmemiştir.

Çevrede birçok başka polinatör böcek çeşidine daha rastlanmıştır. Fakat bu polinatörlerin ortamdaki diğer bitki türlerini ziyaret ettiği görülmüştür. Zararlı polinatörler olarak belirtilen ve *S. erzincanica* üzerinde görülen başka böcek çeşitlerinin çiçeklerin anter,

stamen ve stigma ile temas ettikleri belirlenememiştir. Dolayısıyla bu böcek çeşitleri *S. erzincanica*'nın polinatörleri olarak kabul edilmemiştir.

G. villosulum meyveleri yiyen en önemli zararlı olduğu tespit edilmiştir. *Gymnetron* Schönherr üyeleri Scrophulariaceae ve Plantaginaceae familyaları için gal oluşturan, bitki dokularıyla beslenen parazit böcek türleridir. Ayrıca *Gymnetron* türlerinin larvaları bu familyaya ait bitki dokuları içinde gelişebilmektedir (Hernández-Vera vd., 2019). Benzer bir şekilde *S. erzincanica*'da *G. villosulum*'un yetişkin bireylerinin bitki kısımlarını yediği, olgun meyvelerinin içinde larvadan itibaren gelişimini tamamlamış bireyler saptanmıştır. Bu zararlıya tohum sayımı yapmak üzere toplanan ve 7 ay sonra incelenen bazı meyvelerde bile rastlanmıştır. Bu durum, meyve olgunlaşmadan önce türün yumurtasını ovaryuma bıraktığını göstermektedir.

S. erzincanica için önemli zararlılarından birisi de *Cionus* Clairville cinsine aittir. Türkiye'de *Cionus* cinsine ait 12 tür olduğu bildirilmektedir (Erbey ve Candan, 2015). Bu cinse ait türlerin *Verbascum* ve *Scrophularia* cinsi üyeleri için zararlı olduğuna ilişkin çalışmalar bulunmaktadır (Avgın ve Colonnelli, 2011; Kostal ve Caldara, 2019).

Literatürlere göre *Scrophularia* cinsinin polinatörlerine ilişkin çalışmalar bu araştırmada olduğu gibi gündüz saatlerinde gerçekleştirilmiştir (Olivencia vd., 2012; Olivencia ve Alcaraz, 1993a ve 1993b). Bununla birlikte gelecekte gün ışığı dışında da aktif polinatörlerinin olup olmadığı yönünde başka çalışmaların yapılması türün bitki-polinatör ilişkilerinin daha iyi anlaşılmasına katkıda bulunacaktır.

S. erzincanica'da bitki yoğun salgı tüyler ile kaplıdır. İki yıllık arazi gözlemlerinde zararlı böceklerin çiçeklenmenin sona ermeye başladığı ve bitkinin yaydığı kesif kokunun azaldığı dönemlerde yoğunlaştığı görülmüştür. *Scrophularia* ve familyaya ait başka cinslerin türlerinde belli böceklerle karşı öldürücü (insektisit) ve uzaklaştırıcı (repellent) maddeler olduğu belirlenmiştir (Pasdaran vd., 2013; Sadgrove vd., 2016). *S. erzincanica*'da böcek- bitki ilişkilerinin daha iyi anlaşılması açısından içerdiği sekonder metabolitlerin yetiştirme ortamında bulunan değişik böcek türlerine karşı insektisit ve repellent etkilerinin olup olmadığının ortaya koyması önem arz etmektedir.

Halictus taksonları ve *E. tenax* üyeleri *S. erzincanica* çiçeklerinden oldukça büyüktür. Diğer polinatör *L. pauxillum* yaklaşık olarak korolla tüpü uzunluğunda olup, nektar toplamak için çiçekleri ziyaret etmektedir. Diğer polinatörlere göre daha hızlı hareket eden bu takson agresif ve elle temas halinde hemen sokma eğilimi göstermektedir. *Halictus* türleri ile kıyaslandığında bitkiyi daha az ziyaret etmekte ve çiçekte geçirdiği süre daha kısadır. Ortalama dört *Halictus* ziyaretine karşılık bir *L. pauxillum* ziyareti gerçekleşmektedir.

Finlandiya'nın güney doğusu South Savo'da yapılan bir çalışmada polinatörlerin izlendiği bir çalışmada çiçekli bitkilerin %75'inin Bombuslar tarafından ziyaret edildiği, yoğun yağmur, rüzgâr ve hava sıcaklığının 10 °C nin altına düştüğünde *Bombus* aktivitelerinin azaldığı belirtilmektedir (Teräs, 1976). Günlük olarak güneş doğduktan sonra batıncaya kadar aktif olduklarını fakat hava koşullarına bağlı olarak gün ortasında ve gün ortasını geçerken daha yoğun aktivite gösterdikleri rapor edilmiştir. Ayrıca bağıl nem yüzdesi açısından geniş bir aralıkta (%32-100) çalışabildikleri vurgulanmıştır. *S. fatmae* polinatörü *B. niveatus*'ta benzer davranışlar gözlemlenmiştir. Fakat gün ortasında aktivitelerinin bir miktar daha yüksek olduğu saptanmıştır.

5.10. Farklı Polinasyon Uygulamalarının Türlerin Üreme Başarılarına Etkisi

Tohum taslaklarının tohuma dönüşme oranları bir türün üreme başarısının en önemli göstergeleri arasında yer alır. Farklı polinatörlerin tozlaştırması sonucu oluşan tohum sayıları da polinasyona neden olan canlıların etkinliğini belirlemede kullanılmaktadır (Ne'eman vd., 2010; Park vd., 2016). Bu çalışmada farklı tozlaşma uygulamaları sonucu elde edilen tohum ve canlılık oranları türlerin üreme başarısının göstergesi olarak kullanılmıştır.

Sonuçlara göre; 2019 yılı denemelerine göre *S. erzincanica*'da emaskulasyon uygulamasında tohum tutma oranı %30, serbest tozlaşmada %25,83 olarak bulunmuştur. Buna göre *S. erzincanica*'nın karşı dış tozlaşma ya daha yatkın olduğunu göstermektedir. Serbest tozlaşmanın bir kısmının da hem dişi fazın etkisi hem de polinatör davranışlarıyla dış tozlaşma sonucu olduğu varsayıldığında türün dış tozlaşmaya eğiliminin olduğu da görülecektir. *S. erzincanica*'da kendileme uygulaması sonucunda da tohum tutumu

gözlenmiştir. 2020 verilerine göre serbest tozlaşma başarısı emaskulasyon uygulamasından bir miktar daha fazladır. Bunun nedeni 2020 yılında *S. erzincanica*'nın etkin polinatörlerinin ziyaret indeksinin daha yüksek olması olabilir. Türün dış tozlaşmaya yatkın olmasının nedenlerinden birisi de polinatör çeşitliliğinin *S. fatmae*'ye göre daha fazla ve polinatör davranışlarının farklı olmasından olabilir. *S. fatmae* polinatörü *B. niveatus* nektar toplayıcısı olarak görev yaparken *S. erzincanica* polinatörlerinin bir kısmı nektar yanında polen de toplamaktadır. Ayrıca *B. niveatus*'un çiçekte geçirdiği süre ortalama 3 saniye iken bu oran *S. erzincanica*'da polinatörlerden *L. pauxillum* 10,05 sn, *Halictus* sp. 14,76 sn, *H. quadricinctus*'un 23 sn ve *E. tenax*'ın 13,31 saniyedir. Ayrıca Tablo 4.32, Tablo 4.34, Tablo 4.35, Tablo 4.37 ve Tablo 4.38'e bakıldığında *S. erzincanica* polinatörlerinin ziyaret sıklığı daha yüksektir. *S. erzincanica*'da tohum canlılığı genel olarak yüksek olmasına karşın, kendileme denemlerinde daha düşük gerçekleşmiştir. Geitonogami ve apomiksis uygulamasında ise tohum tutumu olmamıştır.

S. fatmae'de 2019 verilerine göre en yüksek tohum tutumu serbest tozlaşmada (%69,44), en düşük ksenogamide (%44,44), 2020'de en çok ksenogamide (%72,50) ve en az geitonogamide (%32,22) tohum tutumu görülmüştür. Apomiksis uygulaması sonucu tohum tutumu olmamıştır. *S. erzincanica*'dan farklı olarak geitonogami uygulaması sonucu tohum tutumu gözlenmiştir. Kendileme uygulamasında da tohum tutum oranı 2019 yılı için %49,44, 2020 yılı için ise %52,50 bulunmuştur.

S. fatmae türünde de serbest tozlaşma başarısı diğer uygulamalara göre daha yüksek çıkmıştır. Bununla birlikte kendileme başarısı *S. erzincanica* türüne göre daha yüksektir. Polinatör sayısının azlığı ve ziyaret frekanslarının düşüklüğü bunda etkili olabilir. Tomurcukların çiçeğe, çiçeklerin meyveye dönüşme oranları *S. fatmae* türünde *S. erzincanica*'ya göre daha yüksek olması, türün alpinik koşullarda üreme başarısının artırmaya yönelik bir strateji olarak değerlendirilebilir. Bunun yanında kendileşme bitkilerde üstün bir karakterin korunmasına da yol açmaktadır (Primack, 2012). Bu nedenle kendileşme *S. fatmae*'nin alpinik koşullara uyum yeteneği olan bireylerinin hayatta kalmasına yol açmış olabilir. *S. fatmae*'nin genetik çeşitliliğinin ve gen akışının *S. erzincanica*'ya göre daha düşük olması da kendileşmenin etkisini ortaya koymaktadır.

S. fontqueri'nin farklı tozlaşma türlerine göre tohum tutumlarının belirlenmesine yönelik çalışmada (Ortega-Olivencia ve Devesa, 1998) türün çapraz tozlaşmada tohum tutum başarısı %90, serbest tozlaşmada %71,6, geitonogamide %1,5 ve kendilemede ise %0 olarak belirlenmiştir. Sonuçlara bakıldığında *S. erzincanica* ve *S. fatmae* türlerinde kendileşen bireylerin olması bu çalışma ile farklılık göstermektedir. Serbest, çapraz ve geitonogami tozlaşma başarıları ise türler arasında değişkenlik göstermektedir.

S. sambucifolia L. ve *S. grandiflora*'nın üreme biyolojisi üzerine yapılan çalışmada her iki türde de dikogaminin kendileşmeyi azaltıcı etki yaptığı vurgulanmıştır. Türlerin spontan kendileme, elle yaptırılan geitonogami ve serbest tozlaşma şeklinde olmak üzere 3 farklı üreme grubuna ayrılarak izlendiği çalışmada *S. sambucifolia* 'da kendileme oranı %3,1, elle geitonogami %31,8 ve serbest kontrol grubunda ise %61,4 olarak, *S. grandiflora* 'da ise sırasıyla %0,9, %13,4 ve %46,2 olarak tespit edilmiştir. Türlerde kendileşmeye en büyük bariyerin protogini olduğuda belirtilmiştir. Çalışmada protoginide etken faktör olan stigmanın aşağı doğru kıvrılmasının az olduğu *Scrophularia* türlerinde ise kendileşme oranının daha yüksek olduğuda açıklanmıştır (Navarro-Perez vd., 2019). Sonuçlar *S. erzincanica* ve *S. fatmae* türleri karşılaştırıldığında serbest tozlaşma başarıları benzer olmakla birlikte kendileme başarı oranlarının çalışma konumuz türlerde daha yüksek olduğunu göstermektedir. Geitonogami başarısı *S. fatmae* ile uyum gösterebilir *S. erzincanica* ile farklılık arz etmektedir. Yine stigma yöneliminin dikogamiye etkisi bakımından karşılaştırdığımızda, *S. erzincanica* 'da daha kıvrımlı olan stigma protoginiyi güçlendirerek kendileme başarısını düşürmüştür, *S. fatmae* 'de ise daha az kıvrık olan stigma kendileme başarısını artırmıştır. Bu yönüyle her iki çalışmanın sonuçları birbirini desteklemektedir.

Scrophulariaceae familyasının polinasyonunu mercek altına alan en kapsamlı çalışmalardan birinde (Kampny, 1995) familya genelinin çapraz tozlaşmayı tercih ettiği, polinatör yetersizliği durumunda ise kendileme türü tozlaşmayı alternatif olarak kullandığı belirtilmiştir. Ayrıca familya içinde protogininin en belirgin olduğu cinslerden birinde *Scrophularia* olduğunu belirtmiştir. Her iki türde yaptığımız tozlaşma deneylerinde çapraz tozlaşma başarılarının yüksek olması, P/O ve ISI indeks hesaplamalarına göre türlerin fakültatif ksenogam özellik göstermeleri ve protogininin

bariz olarak göze çarpması familyanın belirtilen özellikleri ile uyuşmakta ve sonuçlarımızı desteklemektedir.

5.11. Üreme Sisteminin Analizi

Türlerin üreme sistemleri analizinde kendine uyumsuzluk indeksi (ISI) hesaplamasından yararlanılmıştır (Zapata ve Arroyo, 1978; Simpson, 2010; Shivanna ve Tandon, 2014). Bu indekse göre ISI= (Kendileşen çiçeklerde tohum tutumu yüzdesi/çaprazlaşan çiçeklerde tohum tutumu yüzdesi) ile bulunmuştur. Türlerdeki ISI değeri, Türler, ISI=1 veya ISI>1 olduğunda “tam kendine uyuşan” oldukları sayılmıştır. ISI>0,2 ancak ISI<1 “kısmi kendine uyuşan” ve ISI<0,2 veya ISI=0 olduğunda “kendine uyumsuz” varsayılmıştır (Tablo 5.2).

Tablo 5.2. Kendine uyumsuzluk indeksi (ISI/Index of Self Incompability).

ISI=1 veya ISI>1	Tam kendine uyuşan
ISI>0,2 veya ISI<1	Kısmi kendine uyuşan
ISI<0,2 veya ISI=0	Kendime uyumsuz

Buna göre *S. erzincanica*’nın iki vejetasyon dönemi ortalama üreme başarıları dikkate alınarak kendileşme tohum tutum yüzdesinin, çapraz tohum tutum yüzdesine bölünmesiyle ISI değeri hesaplandığında, $16,67 / 37,09 = 0,45$ değerine ulaşılmıştır. Bu sonuç ISI indeksine göre kısmi kendine uyuşan kategorisinde olup, türün sahada yapılan üreme deneyi sonuçları ile uyumaktadır. *S. erzincanica* üreme deneyleri sonucunda hem kendine uyduğu hemde çapraz tozlaşma yapabildiği görülmüştür.

Aynı şekilde *S. fatmae* türü için de iki vejetasyon dönemi ortalama üreme başarıları dikkate alınarak kendileşme tohum tutum yüzdesinin, çapraz tohum tutum yüzdesine bölünmesiyle ISI değeri hesaplandığında, $50,97 / 58,47 = 0,87$ değerine ulaşılmıştır. Bu sonuç ISI indeksine göre kısmi kendine uyuşan kategorisinde olup, türün sahada yapılan üreme deneyi sonuçları ile uyumaktadır. *S. fatmae* üreme deneyleri sonucunda hem kendine uyduğu hemde çapraz tozlaşma yapabildiği görülmüştür.

Türlerin üreme sistemlerini belirlemek için geliştirilen başka bir ölçekte (Cruden, 1977) bir çiçekteki ortalama polen/tohum taslağı oranı belirtilen aralıklara göre 2,7–5,4 aralığında ise kleistogam, 8,1–39 aralığında ise zorunlu otogam, 31,9–396 aralığında ise fakültatif otogam, 244,7–2.588 aralığında ise fakültatif ksenogam ve 2.108–195.525 aralığında ise zorunlu ksenogam varsayılmıştır. Cruden’in ölçeği Tablo 5.3 ve Tablo 5.4’te belirtilmiştir. Tablo’da OCI (outcrossing Index) değeri türlerin çapraz tozlaşma tercih derecesini ifade etmektedir.

Tablo 5.3. Türlerin polen ovül oranlarına göre üreme sistemleri ölçeği (Cruden, 1977).

OCI	Breeding System	N=	P/O $\pm$ S.E.	Log P/O $\pm$ S.E.
0	Cleistogamy	6	4,7 $\pm$ 0,7	0,65 $\pm$ 0,07
1	Obligate Autogamy	7	27,7 $\pm$ 3,1	1,43 $\pm$ 0,05
2	Facultative Autogamy	20	168,5 $\pm$ 22,1	2,15 $\pm$ 0,06
3	Facultative Xenogamy	38	796,6 $\pm$ 87,7	2,81 $\pm$ 0,05
4	Xenogamy	25	5.859,2 $\pm$ 936,5	3,65 $\pm$ 0,06

Tablo 5.4. Türlerin polen ovül oranlarına göre üreme sistemleri ölçeği (Cruden, 1977).

Pollen:Ovule ratio (P/O)	Breeding system
2,7 – 5,4	Cleistogamy
8,1 – 39	Obligate Autogamy
31,9 – 396	Facultative Autogamy
244,7 – 2.588	Facultative Xenogamy
2.108 – 195.525	Xenogamy

Cruden’in (1977) yöntemine göre *S. erzincanica* türü analiz edildiğinde;

Bir çiçekteki Polen sayısı (P) / Tohum taslağı sayısı (O) = P/O = 26532 / 36 = 737 sonucu elde edilmiştir. Bu sonuca göre tür fakültatif ksenogam tozlaşanlar grubunda yer almakta olup, üreme deneylerimiz sonucunda elde ettiğimiz bulgulara bunu desteklemektedir. İki vejetasyon döneminin üreme deneyleri sonuçlarına göre *S. erzincanica*’nın kendileme

oranının (%16,67), çapraz tozlaşma (ksenogam) oranının ise (%37,09) olduğu gözükmemektedir. Fakültatif (tercihen) ksenogam olma özelliğini desteklemektedir. Bu sonuçlara göre bitki hem çaprazlama hemde kendileme yapmakla birlikte ksenogam başarısının daha yüksek olduğu ve fakültatif ksenogam olduğu görülmekte ve Cruden'in (1977) P/O indexi ile örtüşmektedir.

S. fatmae'de P/O oranı hesap edildiğinde ise;

Bir çiçekteki Polen sayısı (P) / Tohum taslağı sayısı (O) = P/O = 16.604 / 36 = 461,2 sonucu elde edilmiştir. Bu sonuca göre *S. fatmae*'de fakültatif ksenogam üreme grubunda yer almaktadır. Üreme deneylerinden elde ettiğimiz sonuçlara baktığımızda iki vejetasyon döneminin ortalaması olarak bitkinin kendileme başarısı %50,97 çaprazlama başarısı ise %58,47 olarak görülmektedir. Bu sonuçlara göre bitki hem çaprazlama hemde kendileme yapmakla birlikte ksenogam başarısının daha yüksek olduğu ve fakültatif ksenogam olduğu görülmekte ve Cruden'in (1977) P/O indexi ile örtüşmektedir.

P/O indexinin *S. erzincanica*'da 737, *S. fatmae*'de 461,2 olması her ikisinin de fakültatif ksenogam indeks aralığında yer almasını göstermekle birlikte, *S. erzincanica*'nın indeks değerinin daha yüksek olması tür içinde çapraz tozlaşma yeteneğinin kendileme yeteneğiyle kıyaslandığında, *S. fatmae*'ye göre oransal olarak daha fazla olması ile desteklenmektedir (Tablo 5.5).

Tablo 5.5. Türlerin P/O değerleri.

	2019-2020 ortalama kendileme başarı yüzdesi (%)	2019-2020 ortalama çapraz tozlaşma başarı yüzdesi	Kendileme ve çaprazlama arasındaki oransal fark (%)	P/O değeri
<i>S. erzincanica</i>	16,67	37,09	%122,50	737
<i>S. fatmae</i>	50,97	58,47	%14,72	461,2

Ortega-Olivencia ve Devesa (1998) *S. fontqueri* ile yaptıkları çalışmada P/O oranını 381,04 olarak hesaplamış ve türlerinin üreme tercihinin Cruden (1977) indeksine göre fakültatif ksenogam olduğunu tespit etmişlerdir. *S. erzincanica*'da 737, *S. fatmae*'de ise 461,2 olarak tespit edilen P/O oranlarımız yine aynı indekse göre fakültatif ksenogam olduğu görülmüş ve bu yönüyle mevcut çalışmayla uyusmaktadır.

Scrophularia cinsine ait 22 taksonun üreme sistemlerinin analiz edildiği bir araştırmada dikogaminin kendine tozlaşmayı tam engellemediği, ancak tozlaştırıcıların varlığında çapraz tozlaşmayı destekleyici olduğu sonucuna varmışlardır (Ortega-Olivencia ve Alcaraz, 1993a). Çalışmada P/O indeksi dikakte alındığında 4 tür fakültatif ksenogam 18 tür ise zorunlu ksenogam olarak belirlenmiştir. Türlerin çapraz tozlaşmaya yatkınlık değeri çalışma konumuz türlerden fazla olsada üreme tercihleri bakımından benzerlik göstermektedir.

5.12. Genetik Çeşitlilik

Bu çalışma ile endemik olan *S. erzincanica* ve *S. fatmae* türlerinin populasyonlarındaki genetik çeşitlilik bilgisi ISSR yöntemi ile ilk kez araştırılmıştır. *S. erzincanica* ve *S. fatmae* türlerine ait 60 birey, moleküler marker tekniklerinden ISSR yöntemi kullanılarak karakterize edilmiştir. Yapraklardan elde edilen DNA'lar jel elektroforezinde yürütüldükten sonra elde edilen bantlar 1 ve 0 olarak skorlanmıştır. Skorlama sonrasında populasyonlar arası genetik mesafeler belirlenerek genetik çeşitlilikleri saptanmıştır. *S. fatmae* ve *S. erzincanica* türlerinin genetik çeşitliliğine ait verilerin özeti Tablo 5.6'da belirtilmiştir.

Tablo 5.6. *Scrophularia fatmae* ve *Scrophularia erzincanica* türlerinin genetik çeşitliliğine ait veriler.

Bitki Özellikleri	<i>S. erzincanica</i>	<i>S. fatmae</i>
Populasyonlar arası genetik çeşitlilik	0,2404	0,2238
Toplam genetik çeşitlilik	0,3038	0,2309
Gen akış oranı	1,8974	1,569
Polimorfik lokus %'si	72,72	75,2
Shannon indeksi	0,3623	0,3428

Nadir ve nesli tükenmekte olan bitkiler için etkili korumanın sağlanmasında populasyonlar içindeki ve arasındaki genetik çeşitliliği anlamak çok önemlidir. Populasyon genetiği çalışmalarında moleküler yöntemler sıklıkla kullanılmaktadır. ISSR markerları (Zietkiewicz vd., 1994) dahil olmak üzere birçok moleküler marker nesli

tükenmekte olan türler söz konusu olduğunda genetik çeşitliliğin ve genetik yapının tespiti için etkili araçlardır (Qiu vd., 2004; Cao vd., 2006; Shao vd., 2009).

Scrophulariaceae familyasından dar ve nadir yayılış gösteren bazı türlerin populasyon genetiği AFLP, izoenzim, RAPD gibi moleküler yöntemlerle çalışılmıştır (Schmidt ve Jensen 2000, Park vd., 2010, Torres vd., 2003)

Literatürde Scrophulariaceae familyasından endemik olan *Verbascum songaricum* (Selseleh vd., 2019), *Neopicrorhiza scrophulariiflora* (Pennell) D. Y. Hong (Liu vd., 2011), *S. ningpoensis* (Yang vd., 2010) türleri ile yapılan populasyon genetik çalışmalarının sonuçları bizim çalıştığımız türlerle kıyaslanmıştır. Buna göre gözlenen ve beklenen allel değerleri, Nei's genetik çeşitliliği, Shannon sabiti, G_{st} değerleri ve Polimorfik lokus yüzdesi değerleri bizim sonuçlarımızla paralellik göstermektedir (Tablo 5.7).

Tablo 5.7. Scrophulariaceae familyasına ait türlerle yapılan bazı populasyon genetik çalışma sonuçları.

	V. <i>songaricum</i>	S. <i>ningpoensis</i>	N. <i>scrophulariiflora</i>	S. <i>erzincanica</i>	S. <i>fatmae</i>
Na	1,76	1,88	1,30	1,727	1,7528
Ne	1,54	1,33	1,22	1,409	1,376
H	0,30	0,21	0,12	0,2404	0,2238
I	0.44	0,346	0,179	0,3623	0,3428
PLY	%76,57	%88,93	%30,56	%72,72	%75,2
G_{st}		0,435	0.,6955	0,2686	0,2183
N_m		0,649	0,2188	1,89	1,569

Na: gözlenen allel sayısı, Ne: beklenen allel sayısı, H: Nei's (1973) genetik çeşitliliği, I: Shannon's indeksi, PLY: Polimorfik lokus yüzdesi, G_{st}: genetik farklılaşma değeri, N_m: populasyonlar arasındaki tahmini gen akışı

Çalışma sonucunda gözlenen allel sayısı *S. erzincanica* populasyonları için 1,727, *S. fatmae* populasyonları için 1,7528 olarak bulunmuştur. Etkili allel sayıları ise *S.*

erzincanica populasyonları için 1,409, *S. fatmae* populasyonları için 1,376 olarak bulunmuştur. Tüm populasyonların etkili allel sayıları beklendiği gibi gözlenen allel sayılarından düşük bulunmuştur. Çünkü, letal alleller etkili allel sayısına dahil edilmediğinden, etkili allel sayısı gözlenen allel sayısından her zaman düşük olur. Gözlenen allel sayısı sadece tüm alleller aynı frekansta olduğu zaman etkili allel sayısına eşit olur (Kimura ve Crow, 1978).

Ne'i genetik çeşitliliği *S. erzincanica* populasyonları için 0,2404 olurken, *S. fatmae* populasyonları için 0,2238 olmuştur. Çalıştığımız türler düşük genetik çeşitlilik göstermektedir. Bu bağlamda bizim sonuçlarımız Scrophulariaceae familyasından çalışılan endemik türlerle kıyaslandığında uygunluk göstermektedir (Tablo 5.7). Genellikle endemik ve nesli tükenmekte olan bitkiler düşük genetik çeşitlilik seviyesine sahiptirler (Diaz vd., 2007). Aynı şekilde dar dağılmış türler de düşük düzeyde gen çeşitliliğine sahip olma eğilimindedir (Hamrick ve Godt, 1989; He vd., 2000).

Shannon indeksi 0 – 5 arasında değişen değerlerle, her bir populasyondaki varyasyon düzeyini gösteren bir sabittir. Allel frekanslarına dayanılarak hesaplanmaktadır (Lewontin, 1972). *S. erzincanica* populasyonları için ortalama Shannon indeksi 0,3623 olurken, *S. fatmae* populasyonları için bu değer 0,3428 olarak hesaplanmıştır.

Kullanılan ISSR primerlerinin göstermiş olduğu polimorfizm oranı *S. erzincanica*'da tür seviyesinde %99,09, populasyonları için ortalama %72,72 olurken, *S. fatmae*'de ise tür seviyesinde %94,54, populasyonları için %75,2, olmuştur. Çalışılan türlerde polimorfizm oranları birbirine yakın bulunmuştur.

Gst değeri 0 ile 1 arasında olabilir ve genetik farklılaşma düzeyini gösterir. Kendi kendine döllen türlerde 0,51'den (Hamrick ve Godt, 1989) daha yüksek olduğu, tohumla üreyen türlerde 0,1 ile 0,2 arasında olduğu ifade edilmektedir. Nybom ve Bartish (2000) Gst değerinin kendi kendine döllen türlerde 0,59, out crossing türlerde 0,23 ve karışık çiftleşen bitki türleri için 0,19 olarak rapor etmişlerdir. Gst değeri *S. erzincanica* populasyonlarında 0,2686, *S. fatmae* populasyonlarında 0,2183 olarak hesaplanmıştır.

Coğrafi izolasyon, populasyonlar arasında sınırlı gen akışı ile sonuçlanmaktadır. Bu durum populasyonlar arasındaki genetik farklılaşmayı teşvik eder.

Populasyonların gen havuzları arasında gen transferinin olması olayına gen akışı denilmektedir. Gen akışı genellikle tohum transferi, polen transferi vb. yöntemlerle veya bireylerin göç etmesiyle gerçekleşmektedir. Hamrick (1990) ortalama N_m değerinin 0,265 olması kendi kendini dölleyebilen, tohumlarını ve polenlerini 2-3 metre gibi kısa mesafelere yayabilen türler için, 4,750 değeri ise çeşitli tohum ve polen taşıyıcıları ile uzak mesafelerden döllen ve aynı şekilde uzak mesafelere tohum ve polenlerini yayabilen türler için kullanılan değerler olduğu bildirilmiştir. N_m değerleri çalışılan türlerin çeşitli tohum ve polen taşıyıcıları ile uzak mesafelerden döllen ve aynı şekilde uzak mesafelere tohum ve polenlerini yayabilen türler olabileceğini göstermektedir. Gen akış düzeyinin yüksek olması populasyonların genetik olarak farklılaşmalarını engellemektedir. Gen akışı değeri *S. erzincanica* için $N_m = 1,897$, *S. fatmae* için $N_m = 1,569$ olarak hesaplanmıştır.

Her iki türde de genetik çeşitlilik düşük olmasına rağmen gen akışı değeri yüksek çıkmıştır. Polinatör sayısının *S. erzincanica*'da daha fazla olmasının gen akışının *S. fatmae*'ya göre bir miktar yüksek olmasına neden olmuş olabilir.

S. erzincanica populasyonlarının oluşturduğu dendrogram incelendiğinde coğrafi olarak uzak olan populasyonlar genotipsel olarak da uzak olurken (Kemah ve Erzincan-Sakaltutan populasyonları), coğrafi olarak yakın olan populasyonlar genotipsel olarak da yakın oldukları (Erzincan-Sakaltutan 1 ve Erzincan-Sakaltutan 2 populasyonları) dendrogramda doğrulanmıştır. Coğrafi mesafe ile genetik varyasyon arasında ilişki bulunmuştur. Dendrograma ve mesafe verilerine göre populasyonlar arası coğrafi mesafe arttıkça populasyonların genetik mesafeleri de artmaktadır.

Nei (1972)'ye göre *S. erzincanica* populasyonları arasındaki genetik uzaklık değeri 0,0372 ile 0,1889 arasında değişmektedir. *S. fatmae* populasyonlarında ise 0,0181 olarak bulunmuştur. Bu sonuçlar her iki tür için de yüksek genetik benzerlik olduğunu göstermektedir.

S. erzincanica populasyonları için toplam genetik çeşitlilik (HT) 0,3038, populasyon içi genetik çeşitlilik (HS) 0,2404 olarak hesaplanırken, *S. fatmae* populasyonları için toplam genetik çeşitlilik (HT) 0,2309, populasyon içi genetik çeşitlilik (HS) 0,2238 olarak hesaplanmıştır. Elde edilen bulgulara göre toplam genetik çeşitlilik ve populasyon içi genetik çeşitlilik *S. erzincanica* türünde *S. fatmae* türünden yüksektir.

Biyolojik özellikler, üreme sistemi ve üreme modu genellikle bitki populasyonlarında genetik çeşitliliği etkileyen ana faktörlerdir (Petrova vd., 2017). Tozlaşma sistemide bitki türlerinde genetik çeşitliliği etkileyen en önemli faktörlerden biridir (Ballesteros-Mejia vd., 2016).

Çapraz tozlaşan bitkiler, kendi kendine tozlaşan bitkilerden daha yüksek genetik çeşitliliğe sahiptir. Çapraz tozlaşan bitki türlerinde populasyonlar arası genetik çeşitlilik gözlenirken, yıllık ve kendi kendine tozlaşan bitkiler de daha fazla populasyon içi çeşitliliği ortaya çıkarır (Hamrick, 1996).

Habitat bozulması, bitki ve hayvanlar için önemli tehditlerden birini oluşturmaktadır. Habitat parçalanması populasyon küçülmesi, populasyon içi üremeyi artırarak genetik çeşitliliği azaltmak gibi bazı olumsuz durumlara sebep olabilmektedir. Genetik çeşitliliğin azalmasını önlemek için çalışmadaki veriler dikkate alınarak koruma çalışmaları yapılabilir.

Araştırma süresince elde edilen çalışmalar dikkate alındığında her iki bitki türünün de dar yayılışlı ve kendilenme oranının yüksek olması nedeniyle genetik çeşitlilik oranlarının düşük olduğu görülmektedir. Buna karşın polinatörler aracılığı ile dış tozlaşma seçeneğini de tercih etmeleri genetik çeşitliliğin sürdürülmesine katkıda bulunması açısından önemlidir. Polinatör Ziyaret İndeksleri dikkate alındığında genetik çeşitliliğe *S. erzincanica* türünde en çok *Halictus* taksonlarının, *S. fatmae* 'de ise *B. niveatus* 'un katkıda bulunduğu görülmektedir.

5.13. Verilerin İstatistiksel Analizi

Tablo 5.8'de her iki *Scrophularia* türünün de karşılaştırılan özelliklerinin bir özeti verilmiştir.

Tablo 5.8. *Scrophularia erzincanica* ve *Scrophularia fatmae* türlerinin özet karşılaştırma tablosu.

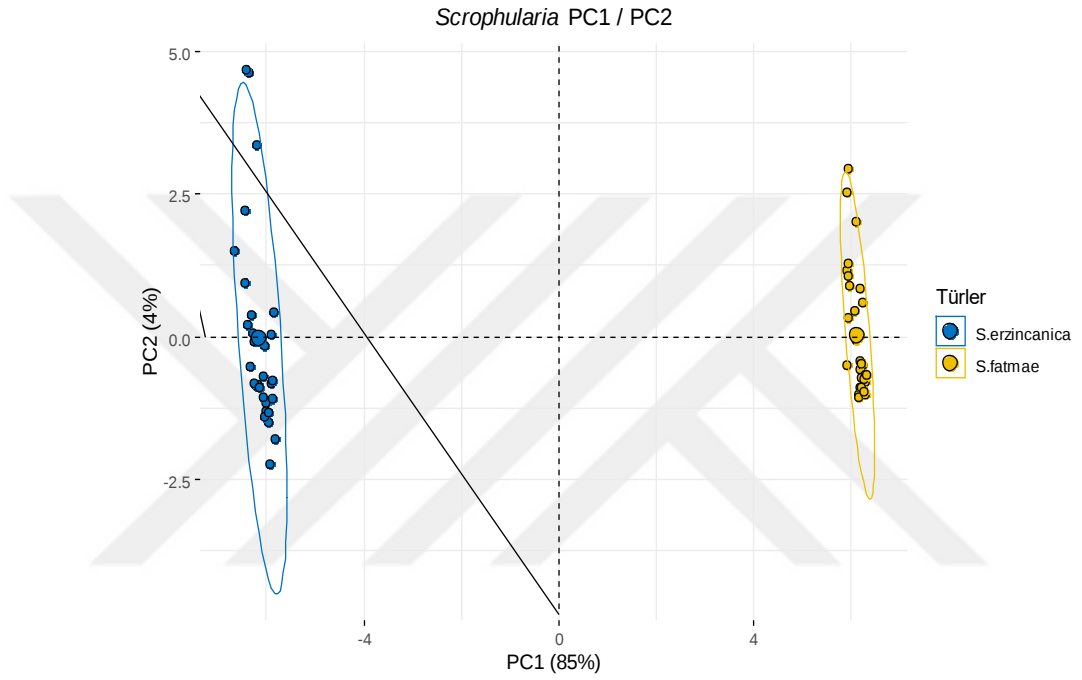
Özellik	<i>S. erzincanica</i>	<i>S. fatmae</i>
Bitki ortalama boyu	27,52 cm	18.44 cm
Çiçek durumunun ortalama boyu	13,60 cm	7,93 cm
Gövde başına ortalama çiçek sayısı	66,03	20,17
*Tek simözdeki çiçek sayısı	Çok (5-12)	Az (1-4)
*Çiçek durumunun uzaysal dağılımı	Birden fazla eksen üzerinde	Tek bir ana eksen üzerinde
Çiçekler arası mesafe	Gevşek	Sıkı
Populasyonun ortalama çiçeklenmede kalma süresi	1 aydan az	3 ay
Ortalama polen sayısı	6.633	4.151
*Populasyondaki bireylerin çiçek açma durumu	Aynı anda	Farklı zamanlarda
*Korolla girişinin yönelimi	Aşağıya	Yana veya hafifçe yukarı
*Çiçeklerde mimikri	Var	Yok
*Çiçek sapı	Uzun, narin	Kısa, kalın
*Korolla tüpü rengi	Yeşil, bazen üstte mor	Pembe
Ortalama korolla çapı	2,18 mm	2,35 mm
Ortalama korolla tüpü uzunluğu	5,21 mm	5,30 mm
Korolla dudagının korolla tüpüne oranı	1/3	1/2 - 1/1
*Korolla dudacı rengi	Dışta yeşil, içte mor	Her iki yüzde pembe
*Staminod pozisyonu	Korolla tüpünün girişinde	Korolla tüpünün tabanında
*Staminod görünümü	Öne yönelimli, uzun saplı	Arkaya yönelimli, kısa saplı 2
*Staminod rengi	Mor	Pembe
Ortalama nektar miktarı	0,15 mikrolitre	0,13 mikrolitre
*Çiçeklenme döneminde koku	Çok yoğun	Yoğun değil

Tablo 5.8. *Scrophularia erzincanica* ve *Scrophularia fatmae* türlerinin özet karşılaştırma tablosu. (devam)

Özellik	<i>S. erzincanica</i>	<i>S. fatmae</i>
Etkin polinatör sayısı	4	1
*Polinatör büyüklüğü	Küçük (5-14 mm)	Büyük (13-25 mm)
*Etkili polinatörün çiçekte kalma süresi	uzun (3-160 sn)	kısa (1-5 sn)
Zararlı böcek çeşidi	11	0
Serbest tozlaşmada üreme başarısı	%37,08	%62,78
Kendine tozlaşmada üreme başarısı	%16,97	%50,97
Çapraz tozlaşma oranı	%37,09	%58,47
ISI değeri	0,45	0,87
*Çiçek başına olgunlaşan meyve oranı	%60	%85
Tohum taslağı sayısı	36	36
*Olgun tohum oranı	Az	Çok
*Dişi fazın süresi	Uzun	Kısa
*Dişi faz ve erkek faz çiçeklerinin görülme zamanı	İç içe geçmiş	Farklı zamanlar
Populasyonlar arası genetik çeşitlilik	0,2404 fazla	0,2238 az
Toplam genetik çeşitlilik	0,3038 fazla	0,2309 az
Gen akış oranı	1,8974 fazla	1,569 az
Polimorfik lokus %'si	%72,72	%75,2
Shannon indeksi	0,3623	0,3428
*Stigma alıcılığı	Kısa	Uzun
Populasyon büyüklüğü (ort.)	5.000	600
Yayılış alanı büyüklüğü	1196,7 km ² büyük	1,2 km ² küçük
Yaşam alanı büyüklüğü	44 km ²	1,2 km ²
*Bireylerin dağılımı	Seyrek	Kümeli
*Yaşam süresi	Tek yıllık	Çok yıllık
Yetiştirme Aralığı (Rakım)	1200-2000 (-2800) m alçak	(2700-) 2900-3100 m yüksek
* Türlerle ait kategorik karakterleri ifade eder		

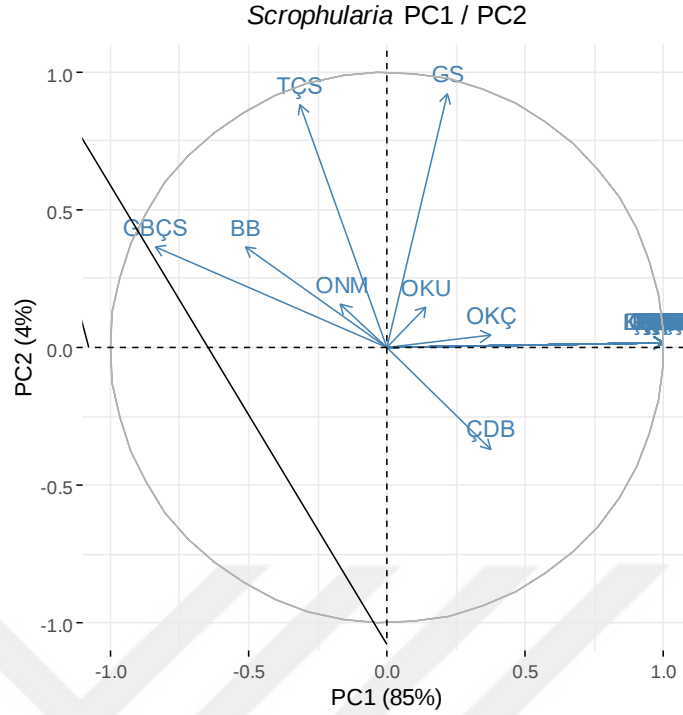
Kümeleme analizleri için R istatistiksel analiz programı versiyon 3.6.1 (R Development Core Team, 2020) kullanılmıştır. Analizler ve grafik çizimleri için R programı için yazılmış olan “vegan”, “ggplot”, “factoextra” uygulama paketlerinden faydalanılmıştır.

Temel bileşen analizi (PCA) için hesaplamalar, iki *Scrophularia* türüne ait bireyler için örnekler üzerinden arazide veya laboratuvarında ölçülen özellikleri ile oluşturulan veri kümesinin ölçeklenmiş hali kullanılarak yapılmıştır (Şekil 5.4 ve Şekil 5.5).



Şekil 5.4. *Scrophularia* cinsinden iki türe ait bireylerin PCA düzleminde kümelenmesi: bireylerin metinde adı geçen özellikler kullanılarak kümeleme analizi (PCA-Temel Bileşen Analizi) ile karşılaştırılması.

Birinci eksen (PC1) toplam değişkenliğin %85'i ile bireyler arasındaki farklılıkları açıklayan en önemli eksen olarak karşımıza çıkmıştır ve iki taksonu birbirinden ayırtetmede başarılıdır. Şekilde gösterilen ikinci eksen (PC2) toplam değişkenliğin %4'ünü açıklamakta ve türlerin bireyleri arasındaki varyasyonu açıklamaktadır (Diğer eksenler toplam değişkenliğin %2 veya daha azını açıkladıkları için burada değinilmemiştir).



Şekil 5.5 *Scrophularia* cinsinden iki türe ait bireylerin PCA düzleminde kümelenmesinde etkili olan özelliklerin eksenler üzerindeki yönelimleri.

Tablo 5.9. Analizde kullanılan özelliklerden etki günü yüksek olanların eksenlere etkileri.

	PC1	PC2	PC3	PC4	PC5	PC6	PC7
BB	-0.08258273	0.25104972	-0.112101346	-0.12918574	0.46716374	0.7351265460	0.085559873
GS	0.03492671	0.63831182	0.023247149	-0.04081609	-0.25323849	-0.1027180878	-0.072279624
ÇDB	0.06076228	-0.25537844	-0.006435057	0.39208938	-0.66844663	0.5648389307	-0.045299073
TÇS	-0.05056680	0.60935277	0.115595027	0.04337297	-0.31612995	-0.0415066078	-0.080547090
GBÇS	-0.13531777	0.25245649	0.023108427	0.05023636	0.08736577	0.2923177755	0.109517522
TSÇS	0.16128936	0.01301512	0.010083987	-0.00150336	0.01534711	0.0113275518	0.008550317
ÇDD	0.16128936	0.01301512	0.010083987	-0.00150336	0.01534711	0.0113275518	0.008550317
ÇAM	0.16128936	0.01301512	0.010083987	-0.00150336	0.01534711	0.0113275518	0.008550317
ÇZ	0.16128936	0.01301512	0.010083987	-0.00150336	0.01534711	0.0113275518	0.008550317
PolS	0.16128936	0.01301512	0.010083987	-0.00150336	0.01534711	0.0113275518	0.008550317
ÇAD	0.16128936	0.01301512	0.010083987	-0.00150336	0.01534711	0.0113275518	0.008550317
ÇY	0.16128936	0.01301512	0.010083987	-0.00150336	0.01534711	0.0113275518	0.008550317
ÇM	0.16128936	0.01301512	0.010083987	-0.00150336	0.01534711	0.0113275518	0.008550317
ÇS	0.16128936	0.01301512	0.010083987	-0.00150336	0.01534711	0.0113275518	0.008550317
KTR	0.16128936	0.01301512	0.010083987	-0.00150336	0.01534711	0.0113275518	0.008550317
OKÇ	0.06009121	0.03124577	-0.646148460	0.05486468	0.06895004	-0.0004642171	-0.747369326
OKU	0.02294923	0.10126708	-0.712264397	0.23244718	-0.06596605	-0.1514398580	0.630131297
KDKTO	0.16128936	0.01301512	0.010083987	-0.00150336	0.01534711	0.0113275518	0.008550317
SP	0.16128936	0.01301512	0.010083987	-0.00150336	0.01534711	0.0113275518	0.008550317
SG	0.16128936	0.01301512	0.010083987	-0.00150336	0.01534711	0.0113275518	0.008550317
SR	0.16128936	0.01301512	0.010083987	-0.00150336	0.01534711	0.0113275518	0.008550317
ONM	-0.02711329	0.10848945	0.210628639	0.87543170	0.38133465	-0.1230472051	-0.092681621

Sembollerin Açıklaması: Bitki Boyu: BB; Gövde Sayısı: GS; Çiçek Durumu Boyu: ÇDB; Toplam Çiçek Sayısı: TÇS; Gövde Başına Çiçek Sayısı: GBÇS; Tek simözdeki çiçek sayısı: TSÇS; Çiçek Durumu Dallanması: ÇDD; Çiçekler Arası Mesafe: ÇAM; Çiçeklenme Süresi(Zamanı): ÇZ; Polen Sayısı: PolS; Çiçek Açma Durumu : ÇAD; Çiçek Yönelimi: ÇY; Çiçeklerde Mimikri: ÇM; Çiçek Sapı: ÇS; Korolla Tüpü Rengi: KTR; Ortalama Korollatüpü Çapı: OKÇ; Ortalama Korollatüpü Uzunluğu: OKU; Korolla Dudağının Korolla Tüpüne oranı: KDKTO; Staminod Pozisyonu: SP; Staminod Görünümü: SG; Staminod Rengi: SR; Ortalama

Nektar Miktarı μ l: ONM; Çiçeklenme Döneminde Koku: ÇDK; Polinatör Sayısı: PS; Polinatör Büyüklüğü: PB; Polinatör Kütlesi: PK; Etkili Polinatörün Çiçekte Kalma Süresi: PÇKS; Zararlı Böcek: ZB; Serbest Tozlaşmada Üreme Başarısı: STB; Kendine Tozlaşmada Üreme Başarısı: KTB; Çapraz Tozlaşma Oranı: ÇTB; ISI Değeri: ID; Çiçek Başına Olgunlaşan Meyve Oranı: ÇBMO; Olgun Tohum Oranı: OTO; Dişi Fazın Süresi: DFS; Dişi Faz Ve Erkek Faz Çiçeklerinin Görülme Zamanı: DEÇGZ; Populasyonlar Arası Genetik Çeşitlilik: PAGÇ; Toplam Genetik Çeşitlilik: TGÇ; Gen Akış Oranı: GAO; Stigma Alıcılığı: SA; Populasyon Büyüklüğü: PopB; Yayılış Alanı Büyüklüğü: YAB; Bireylerin Dağılımı: BD; Yaşam Süresi: YS; Yetiştirme Aralığı (Rakım): YA.

Şekil 5.4, Şekil 5.5 ve Tablo 5.9'a bakarak: türler arasındaki (PC1) farklılığın ortaya çıkmasında büyük ölçüde kategorik olarak ifade edilen TSÇS, ÇDD, ÇAM, ÇZ, Pols, ÇAD, ÇY, ÇM, ÇŞ, KTR, KDKTO, SP, SG ve SR özellikleri etkili olurken, ayrıca devamlılık arzeden değişkenler arasında GBÇS'de türler arasında değişkenlik gösteren önemli bir değişken olarak karşımıza çıkmıştır. Türler içinde, bireyler arasındaki (PC2) farklılıkları ortaya çıkaran en önemli özellikler ise BB, GS, ÇDB, TÇŞ, GBÇS olarak yorumlanabilir. Diğer eksenlerin toplam değişkenlik üzerindeki açıklama yüzdeleri %2'nin altında olduğu için yorumlara burada yer verilmemiştir.

Bütün veriler ışığında araştırmada ulaşılan sonuçların özeti aşağıda sıralanmıştır.

- *S. erzincanica* ve *S. fatmae* polinasyon açısından hem kendine hemde karşı tozlaşmaya uyumludur.
- *S. erzincanica*'da fenolojik olayların süresi *S. fatmae*'ya göre daha kısadır.
- Her iki türde polen canlılık oranı yüksektir.
- Tohum canlılık oranı genel olarak *S. erzincanica*'da daha yüksektir.
- Tomurcukların çiçeklere, çiçeklerden meyve oluşum oranı *S. erzincanica*'da daha düşüktür.
- *S. erzincanica*'da *Halictus* sp., *H. quadricinctus*, *L. pauxillum* etkin polinatörler olarak belirlenmiştir. Bu polinatörlerden PZİ oranları dikkate alındığında *H. quadricinctus*'un genetik çeşitliliğe katkısının en yüksek olduğu söylenebilir.
- *S. fatmae*'de etkin polinatör *B. niveatus*'tur.
- *S. erzincanica*'da polinatör büyüklüğünün daha küçük, çiçek ziyaretlerinin daha sık, çiçekte kalma sürelerinin ile eşey organlarına temaslarının daha uzun ve ziyaret edilen çiçek sayısının daha az olduğu görülmüştür. *S. fatmae*'de polinatör ziyareti daha seyrek, çiçekte kalma ve eşey organlarla temas süresi daha kısa ve ziyaret edilen çiçek sayısı daha fazladır.

- Her iki türde polinatörlerin davranışları çiçek mimarileriyle yakından ilişkilidir.
- Her iki türde genetik çeşitlilik oranı düşük olmasına karşı bu oran *S. erzincanica*'da daha yüksektir.
- *S. erzincanica*'nın polinatörleri daha düşük nispi nem ve daha yüksek sıcaklık ortalamalarında aktif iken *S. fatmae* polinatörü daha geniş nispi nem aralığında ve ortalama sıcaklığın daha düşük olduğu değerlerde aktiftir.
- Her iki türde de polinatör aktivitelerinin gün ortasında yoğun olduğu, *S. erzincanica* da polinatör faaliyetlerinin daha düşük nem de daha yüksek sıcaklıkta gerçekleştiği görülmüştür
- Türlerin yüksekliğe bağlı dağılımları polinatör çeşitliliğini etkilediği görülmüştür.
- Bitkilere ait korolla yöneliminin, staminod pozisyonunun, çiçek mimarisinin, bitki kokusunun her iki türde polinatör seçiminde etkili olduğu sonucuna varılmıştır.

6. ÖNERİLER

- Her iki türde de populasyon büyüklüğünde yıllara bağlı ciddi dalgalanmalar görülmüştür. Bu bakımdan her iki türün populasyon dinamiklerini ve polinatör etkileşimlerini daha iyi anlayabilmek için daha uzun süreli gözlemlere ihtiyaç duyulmaktadır.
- Özellikle *S. fatmae*, zorunlu alpinik tür olması, polinatör ve genetik çeşitliliğinin düşük, tür yaşam alanının küçük olması nedeniyle yakından izlenmeli ve koruma çalışmalarına başlanmalıdır.
- Her iki türde de literatürler dikkate alınarak gündüz saatlerinde bitki polinatör ilişkilerine dair gözlemler yapılmıştır. Gelecekte türlerin gece aktif polinatörlerinde olup olmadığı araştırılmalıdır.
- *S. erzincanica*'nın polinatör çeşitliliği 2 yıllık gözlem boyunca yıllara göre değişim gösterdiği görülmüştür. Bu bakımdan dağılım gösterdiği tüm alanlarda ve yükseltilerde daha uzun süreli gözlemlerin yapılması türün polinatör ilişkilerinin daha iyi anlaşılmasına katkıda bulunacaktır.
- Araştırmada her iki bitki türünün üreme biyolojisine ait önemli veriler ortaya konmuştur. Gelecekte her iki türünde korunma çalışmalarında bu veriler dikkate alınmalıdır.
- Başta Erzincan olmak üzere dağılımı dar, populasyon büyüklüğü düşük diğer bitki türlerine ait benzer çalışmalar ivedilikle yapılmalıdır.

KAYNAKLAR

- Abrol, D. P. (1988). "Effect of climatic factors on pollination activity of alfalfa-pollinating subtropical bees *Megachile nana* Bingh and *Megachile flavipes* Spinola (Hymenoptera: Megachilidae)", *Acta Ecologica/Ecologica Generalis*, 9, 371-377.
- Abrol, D. P., Gorka, A. K., Ansari, M. J., Al-Ghamdi, A. and Al-Kahtani, S. (2019). "Impact of insect pollinators on yield and fruit quality of strawberry", *Saudi Journal of Biological Sciences*, 26(3), 524-530.
- Albano, S., Salvado, E., V Borges, P. A. and Mexia, A. (2009). "Floral visitors, their frequency, activity rate and index of visitation rate in the strawberry fields of Ribatejo, Portugal: selection of potential pollinators", Part 1, *Advances in Horticultural Science*, 23(4), 238-245.
- An, L., Neimann, A., Eberling, E., Algora, H., Brings, S. and Lunau, K. (2018). "The yellow specialist: Dronefly *Eristalis tenax* prefers different yellow colours for landing and proboscis extension", *Journal of Experimental Biology*, 221(22), 1-12.
- A.P.G. (2021). Angiosperm Phylogeny Website, <http://www.mobot.org/MOBOT/research/APweb/> (erişim tarihi. 15.01.2021).
- Arroyo, M. T. K., Armesto, J. J. and Villagran, C. (1981). "Plant phenological patterns in the high Andean Cordillera of central Chile", *The Journal of Ecology*, 69, 205-223.
- Arroyo-Correa, B., Beattie, C. and Vallejo-Marín, M. (2019). "Bee and floral traits affect the characteristics of the vibrations experienced by flowers during buzz pollination", *Journal of Experimental Biology*, 222(4), 1-12.
- Atakan, E. and Pehlivan, S. (2015). "Attractiveness of various colored sticky traps to some pollinating insects in apple", *Turkish Journal of Zoology*, 39(3), 474-481.
- Atmowidi, T., Buchori, D., Manuwoto, S., Suryobroto, B. and Hidayat, P. (2007). "Diversity of Pollinator Insects in Relation to Seed Set of Mustard", *HAYATI Journal of Biosciences*, 14(4), 155-161.
- Avgın, S.S. and Colonnelli, E. (2011). "Curculionoidea (Coleoptera) from southern Turkey", *African Journal of Biotechnology*, 10(62), 13555-13597.
- Aygün, F. (2006). "Viciacanesens Populasyonları Arasındaki Varyasyonunun RAPD ve FAMEs ile Analizi", Yüksek lisans tezi, *Atatürk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Erzurum, 13-14.
- Babür, H. ve Kandemir, A. (2019). "Scrophulariaceae (Sıracotugiller) Familyasına Ait Erzinca'n'a Özgü Bazı Türlerin Polen Morfolojileri", *Iğdır Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 9(4), 1931-1936.

- Ballesteros-Mejia, L., Lima, N. E., Lima-Ribeiro, M. S. and Collevatti, R. G. (2016). "Pollination mode and mating system explain patterns in genetic differentiation in neotropical plants", *PLoS One*, 11, e0158660.
- Basso-Alves, J. P., Agostini, K. and de Pádua Teixeira, S. (2011). "Pollen and stigma morphology of some *Phaseoleae* species (Leguminosae) with different pollinators", *Plant Biology*, 13(4), 602-610.
- Batra, S.W.T. (1995). "Bees and pollination in our changing environment", *Apidologie*, 26(5), 361– 370.
- Bawa, K. S., Primack, R. B. and Oomen, M. N. (2011). "Conservation Biology: a Primer for South Asia", *Hyderabad Universities Press*.
- Bharti, V., Ahlawat, D. S., Sharma, S. K., Singh, N. V., Jitender, J. and Singh, N. (2015). "Diversity, abundance and pollination efficiency of insect pollinators of fennel (*Foeniculum vulgare* Miller) and effect of abiotic factors on insect pollinator activity", *Journal of Applied and Natural Science*, 7(2), 786-793.
- Bingham, R. A. and Orthner, A. R. (1998). "Efficient pollination of alpine plants", *Nature*, 391(6664), 238-239.
- Blambert, L., Mallet, B., Humeau, L. and Paillet, T. (2016). "Reproductive patterns, genetic diversity and inbreeding depression in two closely related *Jumellea* species with contrasting patterns of commonness and distribution", *Annals of Botany*, 118(1), 93-103.
- Bishop, J., Jones, H. E., Lukac, M. and Potts, S. G. (2016). "Insect pollination reduces yield loss following heat stress in faba bean (*Vicia faba* L.)", *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 220, 89-96.
- Böcher, J. and Philipp, M. (1985). "Aspects of the reproductive biology of *Mimulus repens* (Scrophulariaceae) at Lake Ellesmere, Canterbury, New Zealand", *New Zealand Journal of Botany* 23(1), 141-149.
- Brodmann, J., Emer, D. and Ayasse, M. (2012). "Pollinator attraction of the wasp-flower *Scrophularia umbrosa* (Scrophulariaceae)", *Plant Biology*, 14(3), 500-505.
- Bryant, V. J. (1990). "Pollen: Nature's Fingerprints of Plants", *Encyclopedia Britannica*.
- Buchmann, S.E. and Nabhan, G.P. (1996). The forgotten pollinators, *Island Press* Washington D.C. USA.
- Burd, M. (1994). "Bateman's Principle and Plant Reproduction: The Role of Pollen Limitation in Fruit and Seed", *Botanical Review*, 60(1), 83-139.
- Campbell, N. A. and Reece, J. B. (2006). Biyoloji (6. baskıdan çeviri), Çeviri editörleri Gündüz, E., Demirsoy, A. ve Türkan, İ., *Palme Yayıncılık*, Ankara.
- Cao, P.J., Yao, Q.F., Ding, B.Y. and Zeng, H.Y. (2006). "Genetic diversity of *Sinojackia*

- dolichocarpa* (Styracaceae), a species endangered and endemic to China, detected by inter-simple sequence repeat (ISSR)”, **Biochemical Systematics and Ecology** 34(3), 231–239.
- Celep, F., Atalay, Z., Dikmen, F., Doğan, M. and Classen-Bockhoff, R. 2014. “Flies as pollinators of melittophilous *Salvia* species (Lamiaceae)”, **American Journal of Botany**, 101(12), 2148-2159.
- Charlesworth, D. (1988). “A Method For Estimating Outcrossing Rates in Natural Populations of Plants”, **Heredity**, 61(3), 469-471.
- Cheek, M., Nic Lughadha, E., Kirk, P., Lindon, H., Carretero, J., Looney, B. and Ainsworth, A. M. (2020). “New scientific discoveries: Plants and fungi”, **Plants People Planet**, 2(5), 371-388.
- Chen, C., Duan, L. N., Zhou, X. L., Chen, B. L. and Fu, C. X. (2011). “Molecular authentication of geo-authentic *Scrophularia ningpoensis*”, **Journal of Zhejiang University SCIENCE B**, 12(5), 393-398.
- Chen, D., Zhang, X., Wang, Y. and Li, L. (2012). “Genetic diversity of *Scrophularia ningpoensis* based on SCoT analysis”, **Zhongguo Zhong yao za zhi= Zhongguo zhongyao zazhi= China journal of Chinese materia medica**, 37(16), 2368-2372.
- Chen, G., Liu, C. and Sun, W. (2016). “Pollination and seed dispersal of *Aquilaria sinensis* (Lour.) Gilg (Thymelaeaceae): An economic plant species with extremely small populations in China”, **Plant Diversity**, 38(5), 227-232.
- Chouteau, M., Gibernau, M. and Barabe, D. (2008). “Relationships between floral characters, pollination mechanisms, life forms, and habitats in Araceae”, **Botanical Journal of the Linnean Society**, 156(1), 29-42.
- Corbet, S. A. (1990). “Pollination and the weather”, **Israel Journal of Plant Sciences**, 39(1-2), 13-30.
- Corbet, S. A., Cuthill, I., Fallows, M., Harrison, T. and Hartley, G. (1981). “Why do nectar-foraging bees and wasps work upwards on inflorescences?”, **Oecologia**, 51(1), 79-83.
- Corbet, S. A., Fussell, M., Ake, R., Fraser, A., Gunson, C., Savage, A., Smith, K. 1993. “Temperature and the pollinating activity of social bees”, **Ecological entomology**, 18(1), 17-30.
- Cornwell, W. K., Pearse, W. D., Dalrymple, R. L. and Zanne, A. E. (2019). “What we (don't) know about global plant diversity”, **Ecography**, 42(11), 1819-1831.
- Crea, C., Ali, R. A. and Rader, R. (2016). “A New model for ecological networks using species-level traits”, **Methods in Ecology and Evolution**, 7(2), 232-241.
- Crenna, E., Sala, S., Polce, C. and Collina, E. (2017). “Pollinators in life cycle assessment: towards a framework for impact assessment”, **Journal of Cleaner Production**, 140,

- Cruden, R. W. (1977). "Pollen-Ovule Ratios: a Conservative Indicator of Breeding Systems in Flowering Plants", *Evolution*, 32-46.
- Dafni, A. and Maués, M. M. (1998). "A rapid and simple procedure to determine stigma receptivity", *Sexual plant reproduction*, 11(3), 177-180.
- Davis, P. H. (1978). "Flora of Turkey and East Aegean islands (6)", G. Ü. Kütüphanesi, Dü., S. S. Lall, and R. R. Mill, Çev., *University Press*, Edinburgh, Great Britain.
- De Luca, P. A., Bussiere, L. F., Souto-Vilaros, D., Goulson, D., Mason, A. C. and Vallejo-Marín, M. (2013). "Variability in bumblebee pollination buzzes affects the quantity of pollen released from flowers", *Oecologia*, 172(3), 805-816.
- Dick, C. W. (2001). "Genetic Rescue of Remnant Tropical Trees by an Alien Pollinator", *The Royal Society*, 268, 2391-2396.
- Dikmen F. ve Aytekin A.M, (2011). "Notes on the *Halictus* Latreille (Hymenoptera: Halictidae) Fauna of Turkey", *Turkish Journal of Zoology*, 35(4), 537-550.
- Dikmen, F., Radchenko, V. G. and Aytekin, A. M. (2011). "Taxonomic studies on the genus *Halictus* Latreille, 1804 in Turkey: (Hymenoptera: Halictidae)", *Zoology in the Middle East*, 54(1), 79-100.
- Donaldson, E. and Fant, J. (2017). "Influence of Different Pollinator Guilds on Inbreeding and Genetic Diversity", https://www.cbgreu.org/sites/all/files/poster_elizabeth.pdf, Son erişim tarihi: 02/26/2018.
- Douwes, P., Abenius, J., Cederberg, B., Wahlstedt, U., Hall, K., Starkenberg, M. and Östman, T. (2012). "Nationalnyckeln till Sveriges flora och fauna", Steklar: Myror-getingar Hymenoptera: Formicidae-Vespidae, *Art Databanken, SLU*, Uppsala.
- Duara, P. and Kalita, J. (2013). "An Investigation on the Pollinating Insects of Medicinally Important Plants", *International Journal of Life Sciences Biotechnology and Pharma Research*, 2(1), 318-324.
- Duman, M., Mutlu, Ç., Büyük, M. ve Karaca, V. (2013). "Karacadağ çeltik ekim alanlarında bulunan faydalı böcek, örümcek ve polinatör türlerin belirlenmesi", *Türkiye Biyolojik Mücadele Dergisi*, 4(1), 53-64.
- Ecevit, O. ve Mennan, S. (2000). Entomoloji'de Laboratuvar Yöntemleri, *Ondokuz Mayıs Üniversitesi Yayını*, Samsun, 35.
- Ekim, T., Koyuncu, M., Vural, M., Duman, H., Aytaç, Z. ve Adıgüzel, N. (2000). Red Data Book of Turkish Plants (Pteridophyta ve Spermatophyta), *Türkiye Tabiatı Koruma Derneği ve Van 100. Yıl Üniversitesi*, Ankara.
- Erbey, M. and Candan, S. (2015). "Comparative morphology of scales in *Cionus*

- Clairville, 1798 (Coleoptera: Curculionidae) species'', ***Journal of Entomology and Zoology Studies***, 3, 246-249.
- Erhardt, A. (1993). "Pollination of the edelweiss, *Leontopodium alpinum*", ***Botanical Journal of the Linnean Society***, 111(2), 229-240.
- Fattorini, R. and Glover, B. J. (2020). "Molecular Mechanisms of Pollination Biology", ***Annual Review of Plant Biology***, 71, 487-515.
- Fenner, M. (1998). "The phenology of growth and reproduction in plants", ***Perspectives in Plant Ecology Evolution and Systematics***, 1(1), 78-91.
- Fernandez, J. D., Lorite, J., Bosch, J. and Gómez, J. M. (2015). "Variation in the reproductive success of a narrow endemic plant: Effects of geographical distribution, abiotic conditions and pollinator community composition", ***Basic and Applied Ecology***, 16(5), 375-385.
- Fetscher, A. E. and Kohn, J. R. (1999). "Stigma behavior in *Mimulus aurantiacus* (Scrophulariaceae)", ***American Journal of Botany***, 86(8), 1130-1135.
- Fistcher, E. (2004). The families and genera of vascular plants, K. Kubitzki (ed.), ***Springer***, Berlin, 7, 333-432,
- Free, J.B. (1993). Insect Pollination of Crops No. ed. 2., ***Academic Press***, London.
- Frigyik, B. A., Kapila, A. and Gupta, M. R. (2010). "Introduction to the Dirichlet distribution and related processes" ***Department of Electrical Engineering, University of Washington, UWEETR-2010-0006***, (0006), 1-27.
- Gan, X., Cao, L., Zhang, X. and Li, H. (2013). "Floral biology, breeding system and pollination ecology of an endangered tree *Tetracentron sinense* Oliv. (Trochodendraceae)", ***Botanical Studies***, 54(1), 1-9.
- Garratt, M. D., Breeze, T. D., Jenner, N., Polce, C., Biesmeijer, J. C. and Potts, S. G. (2014). "Avoiding a bad apple: Insect pollination enhances fruit quality and economic value", ***Agriculture Ecosystems and Environment***, 184, 34-40.
- Garratt, M. D., Coston, D. J., Truslove, C. L., Lappage, M. G., Polce, C., Dean, R. and Potts, S. G. (2014). "The identity of crop pollinators helps target conservation for improved ecosystem services", ***Biological Conservation***, 169, 128-135.
- Gibson, R. H., Nelson, I. L., Hopkins, G. W., Hamlett, B. J. and Memmott, J. (2006). "Pollinator webs, Plant Communities and the Conservation of Rare Plants: Arable Weeds as a Case Study", ***Journal of Applied Ecology***, 43(2), 246-257.
- Giurfa, M., Dafni, A. and Neal, P. R. (1999). "Floral symmetry and its role in plant-pollinator systems", ***International Journal of Plant Sciences***, 160(6), 41-50.
- Godoy, F. M. D. R., Lenzi, M., Ferreira, B. H. D. S., Silva, L. V. D., Zanella, C. M. and Paggi, G. M. (2018). "High genetic diversity and moderate genetic structure in the

- self-incompatible, clonal *Bromelia hieronymi* (Bromeliaceae)", *Botanical Journal of the Linnean Society*, 187(4), 672-688.
- Gözüaçık, C. ve Özgen, İ. (2018). "Contribution to the Syrphidae (Diptera) fauna in the cereal fields of Southeastern Anatolia Turkey", *Munis Entomology & Zoology*, 13(2), 522-526.
- Grace, A. (2010). Introductory biogeography to bees of the Eastern Mediterranean and Near East (pp. 284), *Bexhill*, Bexhill Museum.
- Graham, L. E., Graham, J. M. and Wilcox, L. W. (2004). Bitki biyolojisi, Çeviri editörü Işık, K., *Palme Yayınları*, Akdeniz Üniversitesi.
- Gülperçin, N. ve Tezcan, S. (2016). "Türkiye orman ekosistemlerinin elateridae (insecta: coleoptera) faunası üzerinde bir değerlendirme", *Bartın Orman Fakültesi Dergisi* 18(1), 132-144.
- Gülşen, O. ve Mutlu, N. (2005). "Bitki biliminde kullanılan genetik markırlar ve kullanım Alanları", *Alatarım*, 4(2), 27-37.
- Güner, A. (ed.). (2012). Türkiye bitkileri listesi:(damarlı bitkiler), *Nezahat Gökyiğit Botanik Bahçesi Yayınları*, İstanbul.
- Güner, A. ve Ekim, T. 2014. Resimli Türkiye Florası 1. *NGBB Yayınları, Flora Dizisi 2, Flora Araştırmaları Derneği ve Türkiye İşbankası Kültür Yayınları*, İstanbul.
- Hamrick, J. L., W. Godt, M. J. and Sherman-Broyles, S. L. (1992). "Factors influencing levels of genetic diversity in woody plant Species", *New Forests*, 6, 95-124.
- Han, J.P., Zhang, W.S., Cao, H.B., Chen, S. and Wang, Y.Y. (2007). "Genetic diversity and biogeography of the traditional Chinese medicine, *Gardenia jasminoides*, based on AFLP markers", *Biochemical Systematics and Ecology*, 35(3), 138-145.
- Hasbenli, A. ve Ersoy, D. E. (2012a). "*Sideritis akmanii*'nin Polinasyonu", *Kırgızistan I. Uluslar Arası Biyoloji Kongresi 24-26 Eylül*, Bışkek, Bildiri Kitabı Cilt 1.
- Hasbenli, A. ve Ersoy, D. E. (2012b). "Stachys tmolea'nın tohum üretiminde böceklerin etkinliği", *Kırgızistan I. Uluslar Arası Biyoloji Kongresi 24-26 Eylül*, Bışkek, Bildiri Kitabı Cilt 1.
- Haverkamp, A., Li, X., Hansson, B. S., Baldwin, I. T., Knaden, M. and Yon, F. (2019). "Flower movement balances pollinator needs and pollen protection", *Ecology*, 100(1), e02553.
- He, T.H., Rao, G.Y., You, R.L.S. and Zhang, D.M. (2000). "Genetic diversity of widespread *Ophiopogon intermedius* (Liliaceae s.l.): a comparison with endangered *O. xylorrhizus*", *Biological Conservation*, 96(2), 253-257.
- Hernández-Vera, G., Toševski, I., Caldara, R. and Emerson, B. C. (2019). "Evolution of host plant use and diversification in a species complex of parasitic weevils

- (Coleoptera: Curculionidae)”, *PeerJ*, 7, e6625.
- Herrera, C. M. (1990). “Daily patterns of pollinator activity, differential pollinating effectiveness and floral resource availability, in a summer-flowering Mediterranean shrub”, *Oikos*, 277-288.
- Hesse, M. (2000). “Pollen wall stratification and pollination”, *Pollen and pollination*, 1-17.
- Heywood, V. H., Brummitt, R. K., Culham, A. and Seberg, O. (2007). Flowering plant families of the world, *Firefly Books*, Ontario, Cilt 88.
- Howell, G. J., Slater, A. T. and Knox, R. B. 1993. “Secondary pollen presentation in angiosperms and its biological significance”, *Australian Journal of Botany*, 41(5), 417-438.
- International Union for Conservation of Nature, et al.. (2012). “IUCN Red List categories and criteria, version 3.1, second edition”, <https://portals.iucn.org/library/node/10315>. Son erişim Tarihi: 16.11.2020.
- IPBES. (2018). “Review of Pollinators and Pollination Relevant to The Conservation and Sustainable Use of Biodiversity In All Ecosystems, Beyond Their Role In Agriculture and Food Production (Draft for consultation)”, *Conference of the Parties to the Convention on Biological Diversity 22. Meeting 2-7 July*, Montreal, Kanada.
- Irshad, M. 2014. “Role of Syrphids (Diptera: Syrphidae) as biotic agents and pollinators in Pakistan”, *Journal of Bioresource Management*, 1(2), 1-9.
- Ishii, H. S., Hirabayashi, Y. and Kudo, G. (2008). “Combined effects of inflorescence architecture, display size, plant density and empty flowers on bumble bee behaviour: experimental study with artificial inflorescences”, *Oecologia*, 156(2), 341-350.
- Itino, T. and Hirao, A. S. 2016. “Structure and Function of Mountain Ecosystems in Japan”, Plant Genetic Diversity and Plant Pollinator Interactions Along Altitudinal Gradients, *Springer*, Tokyo, Japan, 63-88.
- Jaccard, P. (1908). “Nouvelles Researchers Sur La Distribution florale Société”, *Vaudoises des Sci. Naturelles*, 44, 22-27.
- Jiménez, J. F., Sánchez-Gómez, P., Güemes, J., Werner, O. and Rosselló, J. A. (2002). “Genetic variability in a narrow endemic snapdragon (*Antirrhinum subbaeticum*, Scrophulariaceae) using RAPD markers”, *Heredity*, 89(5), 387-393.
- Jordan, C. Y., Natta, M. and Harder, L. D. (2016). “Flower orientation influences the consistency of bumblebee movement within inflorescences”, *Annals of botany*, 118(3), 523-527.
- Kampny, C. M. (1995). “Pollination and flower diversity in Scrophulariaceae”, *The*

Botanical Review, 61(4), 350-366.

- Kandemir, A., İlhan, V., Korkmaz, M. ve Karacan, S. (2014). “*Scrophularia fatmae* (Scrophulariaceae): Doğu Anadolu Bölgesi’nden sıra dışı yeni bir Sıracaotu (*Scrophularia* L.) türü”, *Bağbahçe Bilim Dergisi*, 1(1), 11-17.
- Kandemir, A., Sevindi, C., Korkmaz, M., ve Çelikoğlu, Ş. (2015). “Erzincan Türkiye’ye özgü endemik bitki taksonlarının IUCN tehdit kategorileri”, *Bağbahçe Bilim Dergisi*, 2(1), 43-65.
- Karol, S., Suludere, Z. ve Ayvalı, C. (2010). Biyoloji Terimleri Sözlüğü (5 b.), *Türk Dil Kurumu Yayınları*, Ankara.
- Karolyi, F., Szucsich, N.U., Colville, J.F. and Krenn, H.W. (2012). “Adaptations for nectar-feeding in the mouthparts of long-proboscid flies (Nemestrinidae: Prosoeca)”, *Biological Journal of the Linnean Society*, 107(2), 414-424.
- Kevan, P. G. (1999). “Pollinators as bioindicators of the state of the environment: species, activity and diversity”, *Invertebrate Biodiversity as Bioindicators of Sustainable Landscapes*, 373-393.
- Kılıç, E., Yıldız, F., Türkoğlu, H. İ., Kandemir, A., Doğan, N. Y. ve Bekdemir, M. (2020). “Sürek Sıracaotu *Scrophularia erzincanica* R.R. Mill (Scrophulariaceae) ’nin Polinatörleri ve Zararlı Böcekleri Üzerine Bir Araştırma”, *Bağbahçe Bilim Dergisi*, 7(3), 1-11.
- Kimura, M. and Crow, J. (1978). “Effect Of Overall Phenotypic Selection On Genetic Change At Individual Loci.”, *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 75(12), 6168-6171.
- Klecka, J., Hadrava, J., Biella, P. and Akter, A. (2018). “Flower visitation by hoverflies (Diptera: Syrphidae) in a temperate plant-pollinator network”, *Peer J*, 6, e6025.
- Klug, M. and Büneman, G. (1983). “Pollination: wild bees as an alternative to the honey bee?”, *Acta Horticulturae*, 139, 59–64.
- Klug, W. S., Cummings, M. R. and Spencer, C. A. (2009). Genetik Kavramlar, 8. baskıdan çeviri, Çeviri editörleri Öner, C., Sümer, S., Öner, R., Ögüş, A. ve Açık, L., *Palme Yayıncılık*, Ankara.
- Knight, T. M., Steets, J. A. and Vamosi, J. C. (2005). “Pollen Limitation of Plant Reproduction: Pattern and Process”, *Annual Review of Ecology, Evolution and Systematics*, 36, 467-497.
- Knuth, P. E. O. W. and Müller, H. (1908). Handbook of Flower Pollination: Based Upon Hermann Müller's Work the Fertilisation of Flowers by Insects' (Cilt 1), *Clarendon Press*.
- Koch, L., Lunau, K. and Wester, P. (2017). “To be on the safe site Ungroomed spots on the bee’s body and their importance for pollination”, *PloS one*, 12 (9), e0182522.

- Košťál, M. and Caldara, R. (2019). “Revision of Palaearctic species of the genus *Cionus* Clairville (Coleoptera: Curculionidae: Cionini)”, *Zootaxa*, 4631(1), 1-144.
- Koyuncu, K. (2014). “Türkiye *Bombus* Altıncisi (Hymenoptera: Apidae, *Bombus* Latreille, S. Str.) Türleri Üzerinde Sistemik Araştırmalar ve Bunların Tozlaştırıcı Etkileri Üzerine Çalışmalar”, Yüksek Lisans Tezi, *Hacettepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Ankara.
- Körner, C. (1989). “Der Flächenanteil unterschiedlicher Vegetationseinheiten in den Hohen Tauern: Eine quantitative Analyse großmaßstäblicher”, *Vegetationskartierungen in den Ostalpen. Veröffentlichungen des Österreichischen MaB-Programms*, 13, 33-47.
- Körner, C. (2003). *Alpine Plant Life Functional Plant Ecology of High Mountain Ecosystems* (2nd Edition). **Berlin: Springer-Verlag Berlin Heidelberg**, New York.
- Lall, S. S. and Mill, R. R. (1978). “*Scrophularia* L.”, *Flora of Turkey and the East Aegean Islands* Davis, P.H. (Ed.), **Edinburgh University Press**, Edinburgh, cilt 6, 603–647.
- Lewontin, R. C. (1972). “The Apportionment of Human Diversity”, *Evolutionary Biology*, 6, 381-398.
- Liu, X. L., Qian, Z. G., Liu, F. H., Yang, Y. W. and Pu, C. X. (2011). “Genetic diversity within and among populations of *Neopicrorhiza scrophulariiflora* (Scrophulariaceae) in China, an endangered medicinal plant”, *Biochemical Systematics and Ecology*, 39(4-6), 297-301.
- Lopez, J., Rodríguez-Riaño, T., Valtueña, F.J., Pérez-Bote, J.L., González, M. and Olivencia, A.O. 2016. “Does the *Scrophularia* staminode influence female and male functions during pollination?”, *International Journal of Plant Sciences*, 177(8), 671-681.
- Lunau, K. (2006). “Stamens and mimic stamens as components of floral colour patterns”, *Botanische Jahrbücher*, 127(1), 13-41.
- Makrodimos, N., Blionis, G. J., Krigas, N. and Vokou, D. (2008). “Flower morphology, phenology and visitor patterns in an alpine community on Mt Olympos, Greece. Flora-Morphology, Distribution”, *Functional Ecology of Plants*, 203(6), 449-468.
- Mauseth, J. D. (2012). *Botanik: bitki biyolojisine giriş*, Çeviri editörleri Özen, H. Ç. Ve Biricik, M., **Nobel**. Ankara.
- Matsuki, Y., Tateno, R., Shibata, M. and Isagi, Y. (2008). “Pollination efficiencies of flower-visiting insects as determined by direct genetic analysis of pollen origin”, *American Journal of Botany*, 95(8), 925-930.
- Metropolis, N. and Ulam, S. (1949). “The monte carlo method”, *Journal of the American statistical association*, 44(247), 335-341.
- Miller, R., Owens, S. J. and Rørslett, B. (2011). “Plants and colour: flowers and

- pollination”, *Optics & Laser Technology*, 43(2), 282-294.
- Navarro-Pérez, M. L., López, J., Fernández-Mazuecos, M., Rodríguez-Riaño, T., Vargas, P. and Ortega-Olivencia, A. (2013). “The role of birds and insects in pollination shifts of *Scrophularia* (Scrophulariaceae)”, *Molecular Phylogenetics and Evolution*, 69(1), 239-254.
- Navarro-Pérez, M. L., López, J., Rodríguez-Riaño, T. and Ortega-Olivencia, A. (2019). “Reproductive system of two Mediterranean *Scrophularia* species with large, showy flowers”, *Botany Letters*, 166(4), 467-477.
- Neal, P. R., Dafni, A. and Giurfa, M. (1998). “Floral symmetry and its role in plant-pollinator systems: terminology, distribution, and hypotheses”, *Annual Review of Ecology and Systematics*, 29(1), 345-373.
- Ne'eman, G., Jürgens, A., Newstrom-Lloyd, L., Potts, S. G. and Dafni, A. (2010). “A framework for comparing pollinator performance: effectiveness and efficiency”, *Biological Reviews*, 85(3), 435-451.
- Nei, M. (1972). “Genetic distance between populations”, *The American Naturalist*, 106(949), 283-291.
- Nikolova, I., Georgieva, N., Kirilov, A. and Mladenova, R. (2016). “Dynamics of Dominant Bees-Pollinators and Influence of Temperature, Relative Humidity and Time of Day on Their Abundance in Forage Crops in Pleven Region, Bulgaria”, *Journal of Global Agriculture and Ecology*, 5(4), 200-209.
- Nyblom, H. and Bartish I.V. (2000). “Effects of life history traits and sampling strategies on genetic diversity estimates obtained with RAPD markers in plants”, *Perspectives in Plant Ecology Evolution and Systematics*, 3(2), 93-114.
- Okur, M., Yildirim, A., and İnci, A. (2020). “First molecular characterization of the facultative myiasis agent *Eristalis tenax* in Turkey using mitochondrial cytochrome c oxidase subunit I DNA barcoding sequences”, *Turkish Journal of Veterinary and Animal Sciences*, 44(2), 449-455.
- Olivencia, A.O. and Alcaraz, J.A.D. (1993a). “Sexual reproduction in some *Scrophularia* species (Scrophulariaceae) from the Iberian Peninsula and the Balearic Islands”, *Plant Systematics and Evolution*, 184(3-4), 159-174.
- Olivencia, A.O. and Alcaraz, J.A.D. (1993b). “Floral rewards in some *Scrophularia* species (Scrophulariaceae) from the Iberian Peninsula and the Balearic Islands”, *Plant Systematics and Evolution*, 184(3-4), 139-158.
- Olivencia A. O., Rodríguez Riaño T., Pérez Bote J. L., López J., Mayo C. and Valtueña F. J. (2012). “Insects, birds and lizards as pollinators of the largest-flowered *Scrophularia* of Europe and Macaronesia”, *Annals of Botany*, 109(1), 153-167.
- Olivier, A., Glaszmann, J. C., Lanaud, C. and Leroux, G. D. (1998). “Population structure, genetic diversity and host specificity of the parasitic weed *Striga hermonthica*

- (Scrophulariaceae) in Sahel”, *Plant Systematics and Evolution*, 209(1-2), 33-45.
- Olmstead, R. G., de Pamphilis, C. W., Wolfe, A. D., Young, N. D., Elisons, W. J. and Reeves, P. A. (2001). “Disintegration of the Scrophulariaceae”, *American Journal of Botany*, 88(2), 348-361.
- Ortega-Olivencia, A. N. A. and Devesa, J. A. (1998). “Taxonomy and breeding system in a new species of *Scrophularia* L. (Scrophulariaceae) from Morocco”, *Botanical journal of the Linnean Society*, 128(2), 185-202.
- Ögür, E. ve Tuncer, C. (2011). “The effects of global warming on insects”, *Anadolu Tarım Bilimleri Dergisi*, 26(1), 83-90.
- Özbek, H. (1979). “Doğu Anadolu Bölgesi Halictidae (Hymenoptera Apoidea) Faunası ve Bunların Ekolojisi”, *Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 10(3-4), 27-41.
- Özbek, H. (1983). “Doğu Anadolu’nun bazı yörelerinde Bombinae (Hym.: Apoidea, Bombidae) türleri üzerinde taksonomik ve bazı biyolojik çalışmalar”, *Atatürk Üniversitesi Basımevi*, Erzurum, 70.
- Özbek, H. (1998). “On the bumblebee fauna of Turkey: II. The genus *Pyrobombus* (Hymenoptera, Apidae, Bombinae)”, *Zoology in the Middle East*, 16(1), 89-106.
- Özbek, H. ve Çalmaşur, Ö. (2001). “Sert çekirdekli meyvelerde tozlaşma, tozlayıcı böcekler ve tarımsal savaş. I.”, *Sert Çekirdekli Meyveler Sempozyumu*, 25(28), 257-264.
- Özbek, H. (2002). “On the bumblebee fauna of Turkey: IV. The subgenera *Megabombus*, *Eversmannibombus*, *Laesobombus*, *Rhodobombus* and *Subterraneobombus* (Hymenoptera, Apidae, Bombini)”, *Zoology in the Middle East*, 25(1), 79-98.
- Özbek, H. 2008. “Insects visiting temperate region fruit trees in Turkey”, *Uludağ Bee Journal*, 8(3), 92–103.
- Özbek, H. (2014). “Distribution data on the family Melittidae (Hymenoptera) of Turkey with considerations about their importance as pollinators”, *Turkish Journal of Zoology*, 38(4), 444-459.
- Özbek, F. (2018). “Türkiye *Scrophularia* L. (Scrophulariaceae) Cinsi Polen ve Tohum Morfolojisi”, Doktora Tezi, *Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Ankara.
- Özbek, F., Uzunhisarcikli, M. E., Ekici, M., Güner, E. D. and Pinar, N. M. (2020). “Seed morphology of the genus *Scrophularia* L. (Scrophulariaceae) from Turkey and its taxonomic implications”, *Phytotaxa*, 434(1), 35-64.
- Park, J., Kim, M. and Park, K. R. (2010). “Genetic variation in endangered *Scrophularia takesimensis* (Scrophulariaceae) from Ulleung Island”, *Botanical Studies*, 51(3), 371-376.

- Park, M. G., Raguso, R. A., Losey, J. E. and Danforth, B. N. (2016). "Per-visit pollinator performance and regional importance of wild *Bombus* and *Andrena* (Melandrena) compared to the managed honeybee in New York apple orchards", *Apidologie*, 47(2), 145-160.
- Pasdaran, A., Nahar, L., Asnaashari, S., Sarker, S. D. and Delazar, A. (2013). "Gc-ms analysis, free-radical-scavenging and insecticidal activities of essential oil of *Scrophularia oxysepala* Boiss", *Pharmaceutical Sciences*, 19(1), 1-5.
- Pasdaran, A. and Hamed, A. (2017). "The genus *Scrophularia*: a source of iridoids and terpenoids with a diverse biological activity", *Pharmaceutical biology*, 55(1), 2211-2233.
- Peterson, A., Bartish, I. V. and Peterson, J. (2007). "Effects of population size on genetic diversity, fitness and pollinator community composition in fragmented populations of *Anthericum liliago* L.", *Plant Ecology*, 198(1), 101-110.
- Petrova, G., Petrov, S., Delcheva, M. and Bancheva, S. (2017). "Genetic diversity and conservation of Bulgarian endemic *Verbascum tzar-borisii* (Scrophulariaceae)", *Annales Botanici Fennici*, 54(4-6), 307-316.
- Potts, S. G., Biesmeijer, J. C., Kremen, C., Neumann, P., Schweiger, O. and Kunin, W. E. (2010). "Global pollinator declines: trends, impacts and drivers", *Trends in Ecology and Evolution*, 25(6), 345-353.
- Primack, R. B. (2012). Koruma Biyolojisi, Çeviri editörleri Dönmez, A. A. ve Dönmez, E. O., *Hacettepe Üniversitesi Yayınları*, Ankara.
- Qiu, Y.X., Hong, D.Y., Fu, C.X. and Cameron, K.M. (2004). "Genetic variation in the endangered and endemic species *Changium myrnioides* (Apiaceae)", *Biochemical Systematics and Ecology*, 32(6), 583-596.
- R Core Team. (2020). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria, <https://www.R-project.org/>, Son erişim tarihi: 06.01.2021.
- Rasmont, P., Terzo, M., Aytekin, A. M., Hines, H., Urbanova, K., Cahlikova, L. and Valterova, I. (2005). "Cephalic secretions of the bumblebee subgenus *Sibiricobombus* Vogt suggest *Bombus niveatus* Kriechbaumer and *Bombus vorticosus* Gerstaecker are conspecific (Hymenoptera, Apidae, Bombus)", *Apidologie*, 36(4), 571-584.
- Rasmont, P., Aytekin, A.M., Kaftanoğlu, O. and Flagodier, D. (2009). "*Bombus* of Turkey". <http://www.atlashymenoptera.net/page.aspx?id=103>. Son erişim tarihi: 10.01.2021.
- Rianti, P., Suryobroto, B. and Atmowidi, T. (2010). "Diversity and Effectiveness of Insect Pollinators of *Jatropha curcas* L. (Euphorbiaceae)", *HAYATI Journal of Biosciences*, 17(1), 38-42.

- Rodríguez-Riaño, T., Ortega-Olivencia, A., López, J., Pérez-Bote, J. L. and Navarro-Pérez, M. L. (2014). “Main sugar composition of floral nectar in three species groups of *Scrophularia* (Scrophulariaceae) with different principal pollinators”, *Plant Biology*, 16(6), 1075-1086.
- Rodríguez-Riaño, T., Valtueña, F. J., López, J., Navarro-Pérez, M. L., Pérez-Bote, J. L. and Olivencia, A. O. (2015). “Evolution of the staminode in a representative sample of *Scrophularia* and its role as nectar safeguard in three widespread species”, *The Science of Nature*, 102(5-6), 37.
- Rodríguez-Riaño, T., Pérez-Bote, J. L., López, J., Valtueña, F. J., González, M. and Ortega-Olivencia, A. (2017). “Temporal and spatial intraspecific variation of primary seed dispersal in *Scrophularia canina* L., a widespread plant with unspecialised diaspores”, *Plant Ecology & Diversity*, 10(1), 53-63.
- Rohwer, J. G. and Bittrich, V. (1990). The families and genera of vascular plants (Cilt 1). K. Kubitzki (Ed.). **Springer**, Berlin.
- Ruan, C. J. and da Silva, J. A. T. (2011). “Adaptive significance of floral movement”, *Critical Reviews in Plant Sciences*, 30(4), 293-328.
- Sadgrove, N. J. and Jones, G. L. (2013). “A possible role of partially pyrolysed essential oils in Australian Aboriginal traditional ceremonial and medicinal smoking applications of *Eremophila longifolia* (R. Br.) F. Muell (Scrophulariaceae)”, *Journal of Ethnopharmacology*, 147(3), 638–644.
- Sales, E., Nebauer, S. G., Mus, M. and Segura, J. (2001). “Population genetic study in the Balearic endemic plant species *Digitalis minor* (Scrophulariaceae) using RAPD markers”, *American Journal of Botany*, 88(10), 1750-1759.
- Sannier, J., Baker, W. J., Anstett, M. C. and Nadot, S. (2009). “A comparative analysis of pollinator type and pollen ornamentation in the Araceae and the Araceae, two unrelated families of the monocots”, *BMC Research Notes*, 2(145), 1-11.
- Scheunert, A. and Heubl, G. (2014). “Diversification of *Scrophularia* (Scrophulariaceae) in the Western Mediterranean and Macaronesia—Phylogenetic relationships, reticulate evolution and biogeographic patterns”, *Molecular Phylogenetics and Evolution*, 70, 296-313.
- Scheunert, A. (2017). “Evolutionary history and biogeography of the genus *Scrophularia* (Scrophulariaceae) and hemiparasitic Orobanchaceae (tribe Rhinanthae) with emphasis on reticulate evolution”, PhD Thesis, *LMU Faculty of Biology*, München.
- Scheunert, A. and Heubl, G. (2017). “Against all odds: reconstructing the evolutionary history of *Scrophularia* (Scrophulariaceae) despite high levels of incongruence and reticulate evolution”, *Organisms Diversity & Evolution*, 17(2), 323-349.
- Schmidt, K. and Jensen, K. (2000). “Genetic structure and AFLP variation of remnant populations in the rare plant *Pedicularis palustris* (Scrophulariaceae) and its

- relation to population size and reproductive components”, *American Journal of Botany*, 87(5), 678-689.
- Selseleha, M., Hadiana, J., Ebrahimib, S. N., Sonbolic, A., Georgiev, M. I. and Mirjalilia, M. H. (2019). “Metabolic diversity and genetic association between wild populations of *Verbascum songaricum* (Scrophulariaceae)”, *Industrial Crops & Products*, 137, 112–125.
- Senapathi, D., Biesmeijer, J. C., Breeze, T. D., Kleijn, D., Potts, S. G. and Carvalheiro, L. G. (2015). “Pollinator conservation the difference between managing for pollination services and preserving pollinator diversity”, *Current Opinion in Insect Science*, 12, 93-101.
- Sengupta, S. and Tandon, R. (2010). “Assessment of ovule receptivity as a function of expected brood size in flowering plants”, *International Journal of Plant Reproductive Biology*, 2, 51-63.
- Sert, O. and Çağatay, N. (1999). “*Gymnetron*, *Hypera*, *Sibinia* and *Tychius* (Coleoptera: Curculionidae) from Central Anatolia”, *Turkish Journal of Zoology*, 23(Ek2), 521-544.
- Shaanker, U., Chandrashekara, R. K. and Ganeshaiah, K. N. (2010). “Biodiversity in India: documentation, utilization and conservation. Science in India: achievements and aspirations”, *Indian National Science Academy*, New Delhi, 160-175.
- Shaw, R. J. (1962). “The biosystematics of Scrophularia in western North America”, *Aliso: A Journal of Systematic and Evolutionary Botany*, 5(2), 147-178.
- Shao, J. W., Chen, W. L., Peng, Y. Q. and Zhu, G. P. (2009). “Genetic diversity within and among populations of the endangered and endemic species *Primula merrilliana* in China”, *Biochemical Systematics and Ecology*, 37(6), 699-706.
- Shivanna, K. R. (2003). Pollen Biology and Biotechnology, *Enfield, Plymouth: Science Publishers*.
- Shivanna, K. R. and Tandon, R. (2014). Reproductive Ecology of Flowering Plants, *Springer*, Delhi, India.
- Simpson, M. G. (2010). Plant Systematics, *Academic Press*, Burlington.
- Simpson, M. G. (2012). Bitki Sistematigi, İkinci Basımdan Çeviri Editörü: Aytaç, Z. Çev. Editör Yard. Kaptaner İğci B., *Nobel Akademik Yayıncılık*, 40(2), 17-52.
- Siregar, E. H., Atmowidi, T. and Kahono, S. (2016). “Diversity and Abundance of Insect Pollinators in Different Agricultural Lands in Jambi, Sumatera”, *HAYATI Journal of Biosciences*, 23(1), 13-17.
- Sodhi, N. S. and Ehrlich, P. R. (2010). Conservation Biology for All, *Oxford University Press*, Oxford

- Solís-Montero, L. and Vallejo-Marín, M. (2017). “Does the morphological fit between flowers and pollinators affect pollen deposition? An experimental test in a buzz-pollinated species with anther dimorphism”, *Ecology and Evolution*, 7(8), 2706-2715.
- Sorensen, P. B., Chiristian, F. D., Beate, S., Yoko, L. D., Marianne, B. P., Luisa, G. C. and Simon, G. P. (2011). “A method for under-sampled ecological network data analysis: plant-pollination as case study”, *Journal of Pollination Ecology*, 6(18), 129-139.
- Sunar, S., Yıldırım, N., Şengül Köseoğlu, M. and Açar, G. (2016). “Genetic Diversity and Relationships Detected by ISSR and RAPD Analysis Among *Aethionema* Species Growing in Eastern Anatolia (Turkey)”, *Comptes Rendus Biologies*, 339(3-4), 147-151.
- Szanyi, S., Kovács-Hostyánszki, A., Varga, Z. S. and Nagy, A. (2020). “Flower visiting preferences of bumblebees (*Apidae: Bombus* spp.) in grasslands of the Velyka Dobron’Game Reserve (Transcarpathia, Ukraine)”, *North-Western Journal of Zoology*, 16(1), 21-28.
- Szucsich, N. U. and Krenn, H. W. (2002). “Flies and concealed nectar sources: morphological innovations in the proboscis of Bombyliidae (Diptera)”, *Acta Zoologica*, 83(3), 183-192.
- Şahin, M., Topal, E., Özsoy, N. ve Altunoğlu E. (2015). “İklim değişikliğinin meyvecilik ve arıcılık üzerine etkileri”, *Journal of Anatolian Natural Sciences*, 6(2), 147-154.
- Şenkul, Ç. ve Kaya, S. (2017). “Türkiye endemik bitkilerinin coğrafi dağılışı”, *Türk Coğrafya Dergisi*, (69), 109-120.
- Şişli, M. N. (1996). Çevre Bilim Ekoloji, *Yeni Fersa Matbaacılık*, Ankara.
- Takkis, K., Tscheulin, T. and Petanidou, T. (2018). “Differential effects of climate warming on the nectar secretion of early-and late-flowering Mediterranean plants”, *Frontiers in plant science*, 9, 1-12.
- Tanaka, N., Uehara, K. and Murata, J. (2004). “Correlation between pollen morphology and pollination mechanisms in the Hydrocharitaceae”, *Journal of Plant Research*, 117(4), 265-276.
- Teräs, I. (1976). “Flower visits of bumblebees, *Bombus* Latr. (Hymenoptera, Apidae), during one summer”, *In Annales Zoologici Fennici*, 13(4), 200-232.
- Thomson, D. M. (2019). “Effects of long-term variation in pollinator abundance and diversity on reproduction of a generalist plant”, *Journal of Ecology*, 107(1), 491-502.
- Torres, E., Iriondo, J. M. and Pérez, C. (2003). “Genetic structure of an endangered plant, *Antirrhinum microphyllum* (Scrophulariaceae): allozyme and RAPD analysis”, *American Journal of Botany*, 90(1), 85-92.

- Torres-Diaz, C., Ruiz, E., Gonzalez, F., Fuentes, G. and Cavieres, L. A. (2007). ‘‘Genetic diversity in *Nothofagus alessandrii* (Fagaceae), an endangered endemic tree species of the coastal Maulino forest of central. Chile’’, *Annals of Botany*, 100(1), 75–82.
- Trunschke, J. and Stöcklin, J. (2017). ‘‘Plasticity of flower longevity in alpine plants is increased in populations from high elevation compared to low elevation populations’’, *Alpine Botany*, 127(1), 41-51.
- Trushkin, A.V. (1960). ‘‘Use of bees for cotton pollination’’, *Agrobiologiya* 5, 787-788.
- Tsaliki, M. and Diekmann, M. (2011). ‘‘Population size, pollination and reproductive success in two endangered *Genista* species’’, *Flora*, 206(3), 246-250.
- Tylianakis, J. M. 2013. ‘‘The global plight of pollinators’’, *Science*, 339(6127), 1532-1533.
- Uzunhisarcıklı, M. E., Güner, E. D. and Bilgili, B. (2015). ‘‘Taxonomy and IUCN Categories of Two Endemic *Scrophularia* L. (Scrophulariaceae) Species Cited in the Data Deficient (DD) Category’’, *Gazi University Journal of Science*, 28(3), 349-351.
- Uzunhisarcıklı, M. E., Güner, E. D. and Ekici, M. (2018). ‘‘Synopsis of the genus *Scrophularia* (Scrophulariaceae) in Turkey’’, *Phytotaxa*, 333(2), 151-187.
- Uzunhisarcıklı, M. E., Doğan Güner, E., Özbek, F. and Ekici, M. (2019). ‘‘*Scrophularia vernalis*: a new species record from Turkey and its comparison with *Scrophularia chrysantha* (Scrophulariaceae)’’, *Phytotaxa*, 397(1), 91-98.
- Ünal, M. (2006). Bitki Angiosperm Embriyolojisi (3 b.), *Nobel Yayın Dağıtım*, Ankara, 95-112.
- Valtueña, F. J., Ortega-Olivencia, A., Rodríguez-Riaño, T., Pérez-Bote, J. L. and Mayo, C. (2013). ‘‘Behaviour of pollinator insects within inflorescences of *Scrophularia* species from Iberian Peninsula’’, *Plant Biology*, 15(2), 328-334.
- Varassin, I. G., Trigo, J. R. and Sazima, M. (2001). ‘‘The role of nectar production, flower pigments and odour in the pollination of four species of *Passiflora* (Passifloraceae) in south-eastern Brazil’’, *Botanical Journal of the Linnean Society*, 136(2), 139-152.
- Veits, M., Khait, I., Obolski, U., Zinger, E., Boonman, A., Goldshtein, A. and Kabat, A. (2019). ‘‘Flowers respond to pollinator sound within minutes by increasing nectar sugar concentration’’, *Ecology letters*, 22(9), 1483-1492.
- Verma, S., Magotra, R. and Koul, A. K. (2004). ‘‘Stylar movement avoids self-pollination and promotes cross-pollination in *Eremurus himalaicus*’’, *Current Science*, 87(7), 872-873.
- Vicens, N. and Bosch, J. (2000). ‘‘Weather-dependent pollinator activity in an apple

- orchard, with special reference to *Osmia cornuta* and *Apis mellifera* (Hymenoptera: Megachilidae and Apidae)", *Environmental entomology*, 29(3), 413-420.
- Volis, S. (2016). "How to conserve threatened Chinese plant species with extremely small populations?", *Plant Diversity*, 38(1), 45-52.
- Walker-Larsen, J. and Harder, L. D. (2000). "The evolution of staminodes in angiosperms: patterns of stamen reduction, loss, and functional re-invention", *American Journal of Botany*, 87(10), 1367-1384.
- Wang, H., Yu, W. B., Chen, J. Q. and Blackmore, S. (2009). "Pollen morphology in relation to floral types and pollination syndromes in *Pedicularis* (Orobanchaceae)", *Plant Systematics and Evolution*, 277(3-4), 153-162.
- Warny, S. (2013). "Museums' role: Pollen and forensic science", *Science*, 339(6124), 1149-1149.
- Wester, P. and Lunau, K. (2017). "Plant–pollinator communication", *Advances in Botanical Research*, 82, 225-257.
- Wiens, D. (1978). "Mimicry in plants", *Evolutionary Biology*, 11, 365-403
- Wilcock, C. and Neiland, R. (2002). "Pollination Failure in Plants: Why it Happens and When it Matters", *Trends in Plant Science*, 7(6), 270-277.
- Woodcock, T. S., Larson, B. M., Kevan, P. G., Inouye, D. W. and Lunau, K. (2014). "Flies and flowers II: floral attractants and rewards", *Journal of Pollination Ecology* 12(8), 63-94.
- Wright, S. (1951). "The genetical structure of populations", *Annals of Eugenics*, 15(1), 323–354.
- Wyatt, R. (1982). "Inflorescence architecture: how flower number, arrangement, and phenology affect pollination and fruit-set.", *American journal of botany*, 69(4), 585-594.
- Yang, S., Chen, C., Zhao, Y., Xi, W., Zhou, X., Chen, B. and Fu, C. (2010). "Association between Chemical and Genetic Variation of Wild and Cultivated Populations of *Scrophularia ningpoensis* Hemsl", *Planta Medica*, 77(08), 865-871.
- Yeh, F. C., Chong, D. K. X. and Yang, R. C. (1995). "RAPD Variation Within and Among Natural Populations of Trembling Aspen (*Populus tremuloides* Michx.) From Alberta", *Journal of Heredity*, 86(6), 454-460.
- Yeh, F. C., Yang, R. C., Boyle, T. B., Ye, Z. H. and Mao, J. X. (1997). "Popgene, the user-friendly shareware for population genetic analysis", *Molecular biology and biotechnology centre*, University of Alberta, Canada, 10, 295-301.
- Yıldırım, Ş. (2015). Bitki sözlüğü, *Ofset Fotomat Yayınevi*, Ankara.

- Zapata, T. R. and Arroyo, M. T. (1978). "Plant Reproductive Ecology of a Secondary Deciduous Tropical Forest in Venezuela", ***Biotropica***, 10, 221-230.
- Zhang, L., Li, Q. J., Deng, X. B., Ren, P. Y. and Gao, J. Y. (2003). "Reproductive biology of *Alpinia blepharocalyx* (Zingiberaceae): another example of flexistylis", ***Plant Systematics and Evolution***, 241(1-2), 67-76.
- Zhao, X. and Sun, W. (2009). "Abnormalities in sexual development and pollinator limitation in *Michelia coriacea* (Magnoliaceae), a critically endangered endemic to Southeast Yunnan, China", ***Flora-Morphology, Distribution, Functional Ecology of Plants***, 204(6), 463-470.
- Zietkiewicz, E., Rafalski, A. and Labuda, D. (1994). "Genome Finger printing by Simple Sequence Repeat (SSR)-anchored Polymerase Chain Reaction Amplification", ***Genomics***, 20(2), 176-183.





EKLER

Ek-1. Bitki Üreme Terminolojisi ve Kavramlar Sözlüğü

Aktinomorf:	İkiden daha fazla simetri eksenine bulunan ve birbirine benzeyen bölümlere ayrılabilen çiçek örtü yaprakları tipi (İşinsal simetri).
Allogami:	Aynı türün, bir bireyin çiçek erciğinin başçığından çıkan erkek gamet taşıyan polenlerin başka bir bireyin çiçeğinin dişi organının başçığına taşınması ve dişi gameti döllemesi.
Anaflexistylous:	Dioik çiçeklerde stilusun anterin altına kıvrılıp refleks olarak harekete geçtiğı bir üreme polimorfizmi.
Androdioik:	Bazı bireyler üzerinde tam çiçek, bazılarında ise erkek çiçeğe sahip olan bitki cinsiyeti durumu.
Androkeum:	Çiçeğın erkek organları, çiçeğın tüm stamenlerini belirten durum.
Anemofili:	Rüzgârıa tozlaşma.
Anemokori:	Tohumların rüzgârıa yayılması durumu.
Annual :	Tek yıllık bitki.
Apertür:	Polen duvarı üzerindeki açıklıklara veya zayıf bölgelere verilen isim.
Apokolpiyum:	Kutuptan bakıldığında yarıkların uçları ile sınırlı kısım.
Apomiksis:	Bitkilerde, partenogeneze benzeyen dölleme olmaksızın gerçekleşen bir üreme şekli.
Biennial:	İki yıllık bitki.
Cataflexistylous:	Stilusun açılmış anter üzerinde dik durduğı bir üreme polimorfizmi.
Dikogami:	Erkek ve dişi çiçek yapılarının farklı zamanlarda olgunlaşması durumu.
Dioik:	Dişi ve erkek çiçeklerin ayrı ayrı bitkiler üzerinde bulunması durumu.
Distilus:	Bir herkogami (bknz. herkogami) durumu. Uzun stiluslu kısa stamenli ya da kısa stiluslu uzun stamenli olma durumu.

Ek-1. Bitki Üreme Terminolojisi ve Kavramlar Sözlüğü (devam)

Doğal seçim:	Ortaya çıkan değişikliklere, genotipik farklılıkları nedeniyle uyum sağlayabilen bir türün bazı üyelerinin üst düzeyde üreyerek çoğalması.
Eksüda:	Bir hücre, organ ya da organizmadan zar, delik ya da bez aracılığıyla dışarı madde çıkarılması.
Ektozookori:	Tohumların hayvanın vücuduna yapışarak, dıştan taşınması durumu.
Emaskulasyon:	Bir bitki tozlaşma deneme alanında, istenmeyen tozlaşmaları engellemek için incelenen bireyin erciklerinin (anterlerinin) olgunlaşıp dağılmadan önce koparılması.
Enantioستي:	Farklı çiçeklerin stiluslarının sola ya da sağa döndüğü bir herkogami türü.
Endozookori:	Tohumların yenilerek fakat hayvanın bağırsaklarından zarar görmeden geçerek taşınması durumu.
Entomofili:	Böceklerle tozlaşma.
Fakültatif:	Seçimli, isteğe bağlı.
Falenofili:	Güvelerle tozlaşma.
Fenoloji:	Çiçek açma, göç, üreme, gibi iklim ve çevre koşullarına bağlı, periyodik biyolojik olayların kaydı ve incelenmesi.
Gametofit:	Gamet oluşturan haploid bitkiye denir. Bitki sporlarının mitoz geçirmesiyle gametofit bitki oluşur.
Geitonogami (geitogami):	Aynı türe ait iki ayrı bireyin çiçekleri arasında karşı tozlaşmanın gerçekleşmesi.
Gen akışı:	Gametlerin dağılımı ya da göçler nedeniyle iki populasyon arasındaki kademeli gen değişimi.
Genetik sürüklenme:	Küçük bir populasyonun gen havuzunda, alel frekansında doğal seçimden çok kazalarla (şansa bağlı) oluşan değişimler.
Gen frekansı:	Bir populasyondaki belirli alellerin yüzde oranı.
Geofit:	Çok yıllık bitkilerde, toprak altı gövdesi bulb (soğan), korm (sert soğan), rizom (toprak altı gövde) veya tuber (yumru gövde) olan bitkiler.

Ek-1. Bitki Üreme Terminolojisi ve Kavramlar Sözlüğü (devam)

Ginodioik:	Bazı bireylerde dişi bazılarında ise fertil (stamen + ovaryum) çiçek bulunan bitki cinsiyeti durumu.
Ginoekium:	Çiçeğin dişi organları, bir çiçeğe ait bütün karpeller topluluğu.
Herkogami:	Hermafrodit bir çiçekte, dişi ve erkek organların otogamiye engel olacak şekilde birbirinden uzakta olma durumudur.
Hermafrodit:	Aynı çiçekte hem erkek hem dişi organın bulunması.
Heterostili:	Bir türün çiçeklerinde stilusun ve stamenlerin, kendine tozlaşmayı önleme adaptasyonu olarak farklı boylarda olması.
Hidrofil:	Suyla tozlaşma.
Hidrokori:	Tohumların suyla yayılması durumu.
Himenopterofili:	Arılarla tozlaşma.
Hiserantus:	Yaprak ve çiçek gelişimin farklı zamanlarda olma durumu.
Homostilus:	Stamen ve stilusların aynı uzunlukta olma durumu.
İnfloresens:	Çiçeklerin dizilim biçimi.
İteroparik:	Yaşamı boyunca birden fazla üreyen bitki, düzenli döngüde üreyen.
Kantitatif kalıtım:	İfadesi, birkaç genin birbirine eklenen etkisine bağlı olan fenotipik bir özelliğin aktarımı.
Karpel:	Angiospermlerdeki ginekeum yapısı. Bir veya daha fazla olgun ovülü ihtiva eden yapı, meyve yaprağı.
Kazmogami:	Tipik olarak çiçeklerde periant ve eşey organlarının açılmasıyla yaygın olarak görülen karşılıklı tozlaşma.
Kleistogam:	Çiçekler henüz açılmadan polenlerin olgunlaşıp, stigmanın polenleri kabul edecek duruma gelmesi ve çiçeklerin açılmadan tozlaşmanın gerçekleşmesi durumu.
Ksenogam:	Karşı tozlaşmanın farklı genetik yapıdaki bitkilerin çiçekleri arasında gerçekleşmesi.
Melittofili:	Arılarla tozlaşma (Himenopterofili).

Ek-1. Bitki Üreme Terminolojisi ve Kavramlar Sözlüğü (devam)

Mimikri:	Bir türün, yapı, ses, habitat ve renk bakımından başka bir türe benzemesi ve böylece kendini düşmanlarından koruması.
Mirmekofili:	Karıncalarla tozlaşma.
Nektaryum:	Nektar bezi.
Nototribik:	Polenlerin polinatörün vücut kısımlarına bulaşması bakımından anterlerin polinatörün üst kısmına temas ederek polen transferinin gerçekleşmesi olayı.
Ornitofili:	Kuşlarla tozlaşma.
Otogami:	Hermafrodit çiçekte polen tanelerinin aynı çiçeğin stigması üzerine ulaşması şeklindeki tozlaşma şeklidir.
Otokori:	Tohumların kendi kendine yayılması durumu.
Otsu:	Toprak üstü vejetatif veya üreme sürgünlerinin tek yıllık büyüme periyodu sonunda öldüğü bitkilerdir.
Palinoloji:	Polen ve sporları inceleyen bilim dalı.
Partenogenez:	Yumurta hücresinin döllenmeden embriyoyu oluşturması.
Perennial:	Çok yıllık bitki.
Pistillat:	Fertil stamenleri olmayan sadece karpelleri olan tek eşeyli çiçekler (dişicikli).
Plasentasyon:	Ovaryumda ovüllerin konumunu anlatan terimler.
Poliploidi:	İkiden fazla kromozom takımı bulundurma.
Populasyon darboğazı:	Bir ya da daha fazla nesil boyunca süren, bazen genetik çeşitliliğin, kaybına yol açan, populasyon boyutundaki köklü azalma.
Protogini:	Hermafrodit bitkilerde dişi gametlerin erkek gametlerden önce olgunlaşması ve açığa çıkarılması, tezdışılık.
Protorandri (Protandri):	Hermafrodit bitkilerde, erkek gametlerin dişi gametlerden önce olgunlaşması ve atılması, tezerlik.
Psikofili:	Kelebeklerle tozlaşma.

Ek-1. Bitki Üreme Terminolojisi ve Kavramlar Sözlüğü (devam)

Sapromiofili:	Sineklerle tozlaşma.
Self-Sterilite:	Kendine kısırlık.
Semelparik:	Bitkinin bütün üreme kaynaklarının sadece bir kez üreme yapmak amacıyla kullanılması ve takiben tüm bitkinin dejenerasyonu ve ölümüyle sonuçlanması.
Simöz:	Belli bir çiçeklenme durumu için kullanılan genel terim (çiçeklenme durumu tipi).
Sinantus:	Çiçek ve yaprakların aynı zamanda gelişme durumu.
Soyiçi çöküş:	Aynı soydan gelen bireyler arasındaki eşleşmeler sonucu, istenmeyen ve uyum değeri düşük bireylerin toplumdaki oranının artması.
Soydışı çöküş:	Genetik olarak farklı ebeveynlerin eşleşmesi sonucunda ortaya çıkan yavru bireylerde görülen uyum azalması.
Staminod:	Polen üretmeyen verimsiz stamen.
Sternotribik:	Polenlerin polinatörün vücut kısımlarına bulaşması bakımından anterlerin polinatörün alt kısımlarına temas ederek polen transferinin gerçekleşmesi olayı.
Şiripterofili (kriptoterofili):	Yarasalarla tozlaşma.
Terofit:	Bir yıllık (kısa ömürlü) bitki.
Tozlaşma:	Polen tanesinin polen kesesinden, tohum taslağına ya da stigmaya taşınması olayı.
Trioik:	Dişi, erkek ve fertil çiçeklerin bir türün farklı bireylerinde bulunmasını ihtiva eden bitki cinsiyeti durumu.
Tristilus:	Stilus ve satamenlerin üç farklı yükseklikte olduğu herkogami durumu.
Yok oluş girdabı:	Küçük popülasyonların yok oluşa giden azalma eğilimi
Zigomorf:	Bilateral simetridir, tek düzleme sahip olan simetri.
Zookori:	Tohumların hayvanlarla yayılması durumu.