

ANKARA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

ÇAYCUMA (ZONGULDAK/TÜRKİYE) BÖLGESİNİN TARIMSAL
ALANLARINDA EKİMİ YAPILAN BAKLA BİTKİSİNİN (*Vicia faba*)
POLİNATÖR ARILARI

Fatma Ecem ARSLAN

BİYOLOJİ ANABİLİM DALI

ANKARA
2022

Her hakkı saklıdır

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

ÇAYCUMA (ZONGULDAK/TÜRKİYE) BÖLGESİNİN TARIMSAL ALANLARINDA EKİMİ YAPILAN BAKLA BİTKİSİNİN (*Vicia faba*) POLİNATÖR ARILARI

Fatma Ecem ARSLAN

Ankara Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Biyoloji Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. İrfan KANDEMİR
Eş danışman: Doç. Dr. Yasemin GÜLER

Bu tez çalışmasında Zonguldak/Çaycuma ilçesinde iki farklı tarlada ekimi yapılan bakla (*Vicia faba*) bitkisini ziyaret eden polinatör arı çeşitliliği, morfolojik ve moleküler teşhislerle belirlenmiştir. En sık görülen türlerin iki deneme alanında da bal arısı *Apis mellifera*, *Bombus terrestris*, soliter arılar *Eucera nigrescens*, *Xylocopa violacea*, *Anthophora plumipes*, *Lasioglossum marginatum* olduğu görülmüştür. Alternatif Tozlaştırıcılarla Tarım (ATT) ve Kontrol tarlası olarak 2 farklı tarımsal yöntemle yürütülen bu tarlalar, polinatör arı sayısı ve çeşitliliği bakımından birbiriyle karşılaştırılmıştır. ATT deneme alanı, ana mahsül olan baklanın pazarlanabilir habitat bitkileri ile desteklendiği bir deneme alanı olarak, polinatör arı sayısı bakımından daha zengin bulunmuştur. Kontrol deneme alanı ise geleneksel bir monokültür alan olduğundan, polinatör arı sayısı ATT alanına göre daha zayıf kalmıştır. İki alanda da polinatör arıların yiyecek arama davranışları gözlenmiştir. *Bombus* arılarının çiçeği korolla tabanından delerek nektar soygunu gerçekleştirdiği tespit edilmiştir. Bal arısı *Apis mellifera* ve soliter arı *Xylocopa violacea*'nın da zaman zaman bu nektar deliklerinden faydalandığı belirlenmiştir. Ancak diğer soliter arılarla birlikte yine bal arılarının nektara ulaşmak için çiçek içini de tercih ettiği belirlenmiştir.

Eylül 2022, 71 sayfa

Anahtar Kelimeler: Alternatif Tozlaştırıcılarla Tarım, arı çeşitliliği, yabani arılar, bal arıları, polinasyon, polinatör

ABSTRACT

Master Thesis

POLLINATOR BEES OF THE FABA BEAN (*Vicia faba*) PLANTED IN THE
AGRICULTURAL AREAS OF ÇAYCUMA REGION (ZONGULDAK/TURKEY)

Fatma Ecem ARSLAN

Ankara University
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Department of Biology

Advisor: Prof. Dr. Irfan KANDEMİR
Co-Advisor: Assoc. Prof. Dr. Yasemin GÜLER

In this thesis study, the diversity of pollinator bees visiting the broad bean (*Vicia faba*) plant cultivated in two different fields in Zonguldak/Çaycuma district was determined by morphological and molecular diagnoses. The most common species were honey bee *Apis mellifera*, *Bombus terrestris*, solitary bees *Eucera nigrescens*, *Xylocopa violacea*, *Anthophora plumipes*, *Lasioglossum marginatum* in both trial areas. These fields, which were carried out with 2 different agricultural methods as Farming with Alternative Pollinators (FAP) and Control fields, were compared with each other in terms of the number and diversity of pollinator bees. The FAP trial area was found to be richer in terms of the number of pollinator bees, as a trial area where the main crop, broad bean, was supplemented with marketable habitat plants. Since the control experimental area is a traditional monoculture area, the number of pollinator bees remained weaker than the FAP area. Foraging behaviors of pollinator bees were observed in both areas. It has been determined that bumblebees carry out nectar robbery by piercing the flower from the base of the corolla. It has been determined that the honey bee *Apis mellifera* and the solitary bee *Xylocopa violacea* also benefit from these nectar holes from time to time. However, together with other solitary bees, it has been determined that honey bees also prefer the inside of the flower to reach the nectar.

September 2022, 71 pages

Key Words: Farming with Alternative Pollinators, bee diversity, wild bees, honey bees, pollination, pollinator

TEŞEKKÜR

Tez çalışmamın her aşamasında bilgi ve tecrübelerini benimle paylaşarak destek olan ve cesaretlendiren tez danışmanım, değerli hocam İrfan KANDEMİR'e (Ankara Üniversitesi Biyoloji Anabilim Dalı), bu süreçte birlikte çalıştığım, bilgisini ve desteğini esirgemeyen, beni arıların dünyasına iyice dahil ederek daha çok sevmemi sağlayan değerli eş danışmanım Yasemin GÜLER'e (T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı Zirai Mücadele Merkez Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü), laboratuvar ve arazi çalışmalarında tüm zorlukları omuz omuza aştığım, bana her koşulda destek olan değerli arkadaşım Selin ÇORBA UYURCA'ya, pratik çözümleriyle manevi desteğini esirgemeyen değerli arkadaşım Derya KOÇ'a, karşılaştığım her sıkıntıda yanımda olan ve beni destekleyen sevgili anneme teşekkür ediyorum.

Bu tez çalışması Çaycuma/Zonguldak bölgesinde, bursiyeri olduğum ve Almanya Federal Çevre, Doğa Koruma ve Nükleer Güvenlik Bakanlığı'nca desteklenen, yürütücülüğünü ICARDA'nın yaptığı “Artan İklim Değişimine Karşı Polinatör Çeşitliliğinin Korunması” isimli projeye ait deneme alanlarının kullanımına izin verilerek gerçekleştirilmiştir.

Fatma Ecem ARSLAN
ANKARA, Eylül 2022

İÇİNDEKİLER

TEZ ONAY SAYFASI

ETİK.....	i
ÖZET.....	ii
ABSTRACT	iii
TEŞEKKÜR	iv
SİMGELER DİZİNİ	vii
ŞEKİLLER DİZİNİ	viii
ÇİZELGELER DİZİNİ	x
1. GİRİŞ	1
2. KURAMSAL TEMELLER VE KAYNAK ÖZETLERİ	5
2.1 Bakla.....	5
2.1.1 Morfoloji	5
2.1.2 Tarihi-kökeni.....	9
2.1.3 Üretimi ve kullanım alanları.....	10
2.2 Arılar ve Polinasyon.....	11
2.3 Arıların Bakla Polinasyonundaki Yeri	14
2.4 Polinatör Kayıpları	21
2.5 Alternatif Tozlaştırıcılarla Tarım (ATT) Sistemi	23
3. MATERYAL VE YÖNTEM.....	26
3.1 Arazi Çalışmaları	26
3.1.1 Çalışma istasyonlarının özellikleri.....	26
3.1.2 Bakla çiçeklerini ziyaret eden polinatör arı türlerinin ve yoğunluklarının belirlenmesi	29
3.1.3 Arazi örnekleme.....	30
3.2 Laboratuvar Çalışmaları.....	33
3.2.1 Morfolojik teşhis	33
3.2.2 DNA izolasyonu	34
3.2.3 Polimeraz zincir reaksiyonu (PZR)	35
3.2.4 Agaroz jel elektroforezi	36
3.2.5 DNA dizi analizi	37
3.3 Sonuçların İstatistiksel Olarak Yorumlanması.....	37
4. ARAŞTIRMA BULGULARI	38

4.1 Bakla Çiçeklerini Ziyaret Eden Polinatör Arı Türlerinin ve Yoğunluklarının Belirlenmesi	38
4.2 Bakla Çiçeğini Ziyaret Eden Polinatör Arıların Yiyecek Arama Davranışının Belirlenmesi.....	50
4.3 Bakla Çiçeğini Ziyaret Eden Polinatör Arıların Morfolojik ve Moleküler Teşhisi	52
5. TARTIŞMA VE SONUÇ.....	57
5.1 Bakla Çiçeklerini Ziyaret Eden Polinatör Arı Türlerinin ve Yoğunluklarının Belirlenmesi.....	57
5.2 Bakla Çiçeğini Ziyaret Eden Polinatör Arıların Yiyecek Arama Davranışının Belirlenmesi.....	62
5.3 Bakla Çiçeğini Ziyaret Eden Polinatör Arıların Morfolojik Ve Moleküler Teşhisi	64
KAYNAKLAR	67
ÖZGEÇMİŞ.....	71

SİMGELER DİZİNİ

%	Yüzde
Ca	Kalsiyum
K	Potasyum
Mg	Magnezyum
MgCl	Magnezyum klorit
°C	Santigrat
Zn	Çinko

Kısaltmalar

ATT	Alternatif Tozlaştırıcılarla Tarım
COI	Sitokrom oksidaz alt birim 1
ICARDA	International Center for Agricultural Research in the Dry Areas
M.Ö	Milattan Önce
mtDNA	Mitokondriyal Deoksiribo Nükleik Asit
NCBI	National Center for Biotechnology Information
PZR	Polimareaz Zincir Reaksiyonu
TAE	Tris-Asetat EDTA
TÜİK	Türkiye İstatistik Kurumu
UTSEP	Ulusal Tozlaştırıcıları Koruma Stratejisi ve Eylem Planı
UV	Ultraviyole

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 2.1 Vicia faba, kapalı çiçekler.....	7
Şekil 2.2 Vicia faba, açık çiçekler.....	8
Şekil 2.3 Çiçeklenme dönemi biterek meyveye dönen Vicia faba.....	9
Şekil 2.4 Çiçeğin korolla tabanını delerek nektar soygunu yapan Bombus terrestris.....	17
Şekil 2.5 Çiçeğin korolla tabanında Bombus terrestris'in açtığı nektar delikleri	18
Şekil 2.6 Bombus terrestris'in açtığı nektar deliğinden nektar soygunu yapan Apis mellifera	19
Şekil 2.7 Çiçek içinden nektar alan Apis mellifera.....	20
Şekil 2.8 Nektar deliğinden nektar soygunu yapan Xylocopa violacea.....	21
Şekil 3.1 ATT deneme alanı.....	27
Şekil 3.2 ATT deneme alanı.....	27
Şekil 3.3 Kontrol deneme alanı	28
Şekil 3.4 Kontrol deneme alanı	28
Şekil 3.5 ATT (sol) ve Kontrol (sağ) alanlarında yapılan transectin şematik gösterimi	29
Şekil 3.6 Kontrol alanı transect ve örneklem	31
Şekil 3.7 ATT alanı transect ve örneklem.....	31
Şekil 3.8 Yakalanan arının tüpe alınması.....	32
Şekil 3.9 Örneklem sırasında yakalanan Apis mellifera, %70'lik alkol içerisinde.....	32
Şekil 3.10 Örneklem sırasında yakalanan Bombus terrestris.....	33
Şekil 3.11 Chelex 100 solüsyonu ile DNA izolasyonu	35
Şekil 4.1 Transect sırasında gözlemlenen arılar ve sayıları	38
Şekil 4.2 ATT alanında yapılan üç gözlem saatine göre bal arısı yoğunluğu.....	41
Şekil 4.3 Kontrol alanında yapılan üç gözlem saatine göre bal arısı yoğunluğu	42
Şekil 4.4 ATT alanında yapılan üç gözlem saatine göre bombus arısı yoğunluğu	42
Şekil 4.5 Kontrol alanında yapılan üç gözlem saatine göre bombus arısı yoğunluğu	43
Şekil 4.6 ATT alanında yapılan üç gözlem saatine göre soliter arı Yoğunluğu.....	43
Şekil 4.7 Kontrol alanında yapılan üç gözlem saatine göre soliter arı Yoğunluğu.....	44
Şekil 4.8 ATT alanında çiçeklenen habitat zenginleştirici bitkiler ve ziyaret eden polinatör arılar	45
Şekil 4.9 ATT alanı habitat zenginleştirici bitkiler; solda çemen, sağda acı bakla	45

Şekil 4.10 ATT alanı habitat zenginleştirici bitkiler; solda karabuğday, sağda bezelye	46
Şekil 4.11 ATT alanı habitat zenginleştirici bitkiler; solda kişniş, sağda kolza	46
Şekil 4.12 Kolzayı ziyaret eden bir soliter arı	47
Şekil 4.13 ATT alanında sıcaklık ve nemin 2021 yılındaki dağılımı	48
Şekil 4.14 Kontrol alanında sıcaklık ve nemin 2021 yılındaki dağılımı	49
Şekil 4.15 ATT alanında sıcaklık ve nemin 2022 yılındaki dağılımı	49
Şekil 4.16 Kontrol alanında sıcaklık ve nemin 2022 yılındaki dağılımı	50
Şekil 4.17 Arıların çiçek içinden nektar alma davranışı	51
Şekil 4.18 Arıların çiçek korolla tabanından nektar soygunu davranışı	51
Şekil 4.19 Elektroforez jel görüntüsü	53
Şekil 4.20 <i>Eucera nigrescens</i> LCO primeri ile okunan mtDNA kromatogramı	54
Şekil 4.21 <i>Eucera nigrescens</i> HCO primeri ile okunan mtDNA kromatogramı (reverse complement)	54
Şekil 4.22 <i>Eucera nigrescens</i> FASTA formatı	55
Şekil 4.23 <i>Eucera nigrescens</i> NCBI BLAST sonucu tür tayini	55
Şekil 4.24 Soliter arılar; sağda <i>Anthophora plumipes</i> (https://eol.org/pages) sağda <i>Eucera nigrescens</i> (https://eol.org/pages)	56
Şekil 4.25 Soliter arılar; sağda <i>Lasioglossum marginatum</i> (https://eol.org/pages), sağda <i>Xylocopa violacea</i> (https://eol.org/pages)	56
Şekil 5.1 Kontrol alanı çevre vejetasyon; solda <i>Ranunculus</i> sp., sağda <i>Taraxacum</i> sp.	58
Şekil 5.2 Kontrol alanı çevre vejetasyon; <i>Veronica</i> sp.	59

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 3.1 Chelex 100 mtDNA izolasyonu için Thermo Cycler protokolü	34
Çizelge 3.2 PZR reaktifi için hazırlanan kimyasallar ve miktarları.....	36
Çizelge 3.3 PZR için Thermo Cycler protokolü	36
Çizelge 4.1 2021 yılı arı çeşitleri ve deneme alanları arasındaki fark	39
Çizelge 4.2 2022 yılı arı çeşitleri ve deneme alanları arasındaki fark	39
Çizelge 4.3 2021-2022 yıllarında ATT alanlarında arı çeşitliliği ve sayısındaki fark	39
Çizelge 4.4 2021-2022 yıllarında Kontrol alanlarında arı çeşitliliği ve sayısındaki fark	40
Çizelge 4.5 Arıların morfolojik teşhislerinde kullanılan basit ikili tür teşhis anahtarı	52

1. GİRİŞ

Bakla (*Vicia faba*), dünya üzerinde en çok yetiştirilen gıda ürünlerinden biridir. Akdeniz kökenli bir bitki olup, Akdeniz havzası ülkelerindeki ekimi, dünya ortalamasına çok yakın bir verimle, toplam ekili alanın ve dünya baklagil üretiminin neredeyse %25'ini temsil etmektedir (Benachour vd. 2013). Ülkemizde ise toplam 24.3 milyon hektar olan tarım alanının, 735 bin hektarında yemeklik baklagil (mercimek, fasulye, bakla, nohut, bezelye, börülce) ekilmekte ve yaklaşık 1 milyon ton üretim yapılmaktadır (Gülümser 2016). 2021 yılında 2623 ton yemlik, 4426 ton insan tüketimi için bakla üretimi yapılmıştır (TÜİK 2022). Proteince zengin olmasının yanı sıra düşük maliyetli olması bu besin maddesinin önemini arttırmaktadır. Hayvansal kaynaklı proteinin eksikliklerini kısmen telafi edebilmektedir. Ayrıca tohumları, kümes hayvanları ve büyük baş hayvanlar için yüksek proteinli yem olarak yetiştirilir, yeşil gübre veya silaj olarak da kullanılmaktadır (Kirk 2004).

Baklagillerden sonra ekilen tahıllarda verimin yaklaşık %54 oranında arttığı da bildirilmektedir (Adderley vd. 2006). Baklagil ekimi ardından toprak azot bakımından zenginleşmektedir buna paralel olarak fosfor miktarında olumlu artış gözlenmektedir.

Bakla Fabaceae familyası içinde bulunan çiçekli bir bitkidir. Çiçekli bitkiler bugüne kadar tanımlanmış farklı pek çok tozlaştırıcı hayvan türü sayesinde tozlaşmaktadır (Güler 2018). Bunların arasında özellikle arılar en iyi bilinen tozlaştırıcı gruptur. Hem tarımsal üretim hem de doğal vejetasyonun devamlılığında tozlaştırıcılar ekosistemlerin temel unsuru olarak görülmektedirler (UTSEP 2020).

Arılar, tropikal ormanların, çöllerin, tarımsal alanların ve daha pek çok ekosistemin en önemli sağlık göstergesidir. Besin bulma ve yuva yapma için özel koşullara olan gereksinimleri, karmaşık yaşam döngüleriyle ekosistemler hakkında bilgi veren en iyi biyolojik indikatörlerdir (Güler 20018, UTSEP 2020). Çiçeklerin yapısına özel beslenme davranışı ve vücut özelliği gösterirler. Uçmaları için ihtiyaç duydukları enerjiyi çiçek nektarı ve poleninden elde ederler. Ayrıca yavrularını beslemek için de çiçeklerin nektar ve polenine bağıdırlar. Nektar karbonhidrat ihtiyaçlarını, polen ise

protein ihtiyaçlarını karşılar. Bu sebeple tozlaşmada diğerk poliantörlerden daha etkin rol oynamaktadırlar (Güler 2018).

Dünyadaki en önemli 115 gıda mahsulünün %75'inde verim artışı için böceklerle sağlanan polinasyondan faydalanıldığı bildirilmektedir; bu polinasyon olmadan verim sonuçları yıllık ve coğrafi olarak büyük ölçüde değişmektedir. Bu sebeple arıların bitkisel üretimdeki yeri çok büyüktür; çünkü bitki genetik çeşitliliğine katkı sağlamaktadırlar. Besin değeri yüksek olan meyve, sebze, yağlı tohumlar gibi gıda ürünlerinin yaklaşık %90'ı polinatörlere bağımlıdır. Bu ürünler, polinatör eksikliğinde veya yetersizliğinde %40-50 verim kaybına uğramakta veya kalitesizleşmektedir. (Güler 2018, Kambrekav vd. 2019, UTSEP 2020).

Günümüzde iklim değışikliği başta olmak üzere, küresel ısınma, yoğun tarımsal faaliyetler, habitat parçalanması gibi çevre problemleri doğal dengenin korunmasına yönelik çeşitli çalışmaların gerekliliğini ortaya koymaktadır. Yapılan araştırmalar, polinatör çeşitliliğinde ve biyokütlesinde azalış olduğunu göstermektedir (Vasiliev ve Greenwood 2020). Polinatörlerdeki bu azalış, yetersiz tozlaşma sorunu nedeniyle hem insanlığın iyi beslenememesine sebep olmakta hem de bitki, habitat ve yaban hayatı çeşitliliğinin sürdürölmesini riske atmaktadır (UTSEP 2020).

Yabani arılar ve bal arılarındaki eş zamanlı düşüşler büyük ölçüde çiçek kaynaklarının yetersizliği ve monokültür temelli (geniş alanda tek tip bitkisel üretim) tarıma geçişin neden olduğu yetersiz beslenme nedeniyle meydana gelmektedir (Clair vd. 2020). Bu sebeple polinatörlerin doğadaki kayıplarını en aza indirmek için çeşitli çalışmalar yapılmakta ve stratejiler geliştirilmektedir. Örneğın Alternatif Tozlaştırıcılarla Tarım (ATT) sistemi, tarımsal alanlarda ana mahsulün yanına diğerk mahsüllerin de ekimi ile çiçek çeşitliliği sağlayarak çiçekleri ziyarete gelen polinatörlerin çeşitliliğini ve sayısını artırmayı hedefleyen bir tarımsal üretim sistemidir. Bu sistem, tarım alanının %75'ini ana ürüne, %25'ini de çiftçinin yine ekonomik kazanım sağlayabileceği ürün gruplarına ayırmayı benimsemektedir. ATT gibi tarımsal stratejilerle ekilen bitkilerle çeşitlendirilen alanlar insan ve arı beslenmesini sürdürme potansiyeline sahip mahsullerle çok çeşitli kaynaklar sağlayabilir. Bolca polen ve nektar kaynakları sunan

bakla fasulyesi gibi kitlesel çiçek açan bitkiler, bal arıları ve yabani arılar için çok çekici olabilir ve bu sayede arıların doğadaki bollukları artırılabilir (Sentil vd. 2021).

Geçmişte yapılan çalışmalar Apoidea'nın, baklagil çiçeklerinin en aktif ve verimli polinatörü olduğunu göstermiştir (Shebl ve Farag 2015). Bakla polinasyonunda bal arıları ve bombus arılarının etkin rol oynadığı, Mısır, Fransa, Finlandiya, Polonya ve Danimarka gibi çeşitli ülkelerde yapılan farklı çalışmalarda gösterilmiştir. Ayrıca İngiltere, Akdeniz kıyıları ve Orta Doğu gibi ülkelerde yürütülen diğer çalışmalarda bakla çiçeğine gelen yabani arı türlerinin bal arılarından daha fazla sayıda olduğu bildirilmiştir (Benachour vd. 2013). Yapılan bir diğer araştırmada ise, bal arılarının uzun dilli bombuslara nispeten çok fazla polinasyon ziyareti yapmadıkları ve baklagillerin zayıf polinatörleri oldukları belirtilmiştir (Kirk 2004). Bununla birlikte, Türkiye'de, baklanın polinatör arıları hakkında literatürde çalışmaya rastlanmamıştır.

Bakla bitkisi yağışlı ve rutubetli iklimlerde yetişmektedir. Vejetasyon dönemi boyunca bulunduğu bölge düzenli ve yeterli miktarda yağış almalıdır. Bulunduğu iklim koşullarının uygunluğu nedeniyle bu çalışmada denemeler için Zonguldak ilinin Çaycuma ilçesi seçilmiştir. İlçede temel ekonomik etkinlik tarımdır; her türlü tarım ve hayvancılığın yapılabilirdiği verimli tarım arazilerine sahiptir. 2019 TÜİK verilerine göre, Zonguldak'ta 1420 dekarlık alanda 145 ton, Çaycuma'da ise 1380 dekarlık alanda 138 ton kuru bakla üretimi yapılmıştır.

Bu çalışmada Zonguldak/Çaycuma ilçesindeki tarımsal alanlarda Alternatif Tozlaştırıcılar ile Tarım (ATT) ve Geleneksel Tarım Sistemleri ile yetiştirilen bakla bitkisini (*Vicia faba*);

I. Ziyaret eden polinatör arı türleri, yoğunlukları ve arıların beslenme davranışları belirlenerek bu iki farklı üretim sisteminin baklanın polinasyonundaki etkileri birbirleri ile karşılaştırılmıştır,

II. Literatürde daha önce Türkiye’de bu kapsamda bir çalışmaya rastlanmamış olup, yapılan çalışma ile ilk defa veri elde edilmiştir.

Yapılan bu çalışma ile Türkiye’deki polinasyon çalışmalarına katkıda bulunmak amaçlanmıştır. Bakla ekiliş alanlarında faaliyet gösteren polinatör arı çeşitliliği incelenmiş, baklanın polinasyonunda etkili arı türleri belirlenerek etkinlik oranları saptanmaya çalışılmıştır.

Ülkemizde daha önce ekili bakla alanlarında bu bağlamda bir çalışma yürütülmemiş olması nedeniyle çalışma sonucunda elde edilen her türlü veri güncel ve orijinaldir. Baklanın polinatör arı türlerinin belirlenmesi, sürdürülebilir biyolojik tarım teknikleri stratejilerinin oluşturulmasında önemli olarak görülmektedir. Bu çalışmada elde edilen veriler; özellikle yoğun tarım alanlarında doğal dengenin koruyucuları olmaya aday girdiler olarak görülmektedirler.

Sürdürülebilir biyolojik tarım stratejilerinden biri olan ATT’nin, baklanın polinatör arı türleri üzerinde beklenen pozitif etkisinin olup olmadığının belirlenmesi, bu gibi alternatif sistemler ile hem birim alandan elde edilen verimin artışına hem de mevcut polinatör çeşitliliğinin korunmasına yönelik önemli bir veri sunmaktadır.

2. KURAMSAL TEMELLER ve KAYNAK ÖZETLERİ

2.1 Bakla

Bakla (*Vicia faba* L.), Fabaceae familyası içinde yer alan ve tarla fasulyesi olarak da bilinen, çiçekli bir bitki türü ve serin iklim sebzesi olan bir bakliyatır (Mínguez ve Rubiales 2021). Yakın Doğu ve Akdeniz havzasına özgü olduğu düşünülmekle birlikte binlerce yıldır ekin olarak yetiştirilen bakla, *Vicia faba* var. *major* (büyük, geniş ve yassı tohum), *Vicia faba* var. *equina* (orta boylu tohum), *Vicia faba* var. *minör* (küçük ve yuvarlak tohum), *Vicia faba* var. *paucijuga* (küçük tohum) olmak üzere 4 ana varyete olarak tanımlanmaktadır (Jensen 2010).

2.1.1 Morfoloji

Tek yıllık, dalsız ve yapraklı, yaklaşık 1-2 m büyüyeabilen dik bir bitkidir. Çiçekleri kokulu, beyaz üzeri mor-siyah lekeli renkli şekildedir ve genellikle her aksiller salkımda 1-5 adetlik kümeler halinde bulunmaktadır ve zaman zaman bu sayı 10 adet çiçeğe kadar ulaşmaktadır (Şekil 2.1 ve Şekil 2.2). Her çiçek kümesinden ise yaklaşık 1-4 adet bakla gelişimi olmaktadır (Şekil 2.3). Çiçekler papillionid form ile dik bir taç yaprağı halinde ve hermafrodittir. Yumurtalığın etrafını çevreleyen 10 adet stamen mevcuttur ve her çiçekte yaklaşık 3-4 adet yumurtalık bulunmaktadır (Stoddard ve Bold 1987, Muehlbauer ve Tullu 1997, Kirk 2004, Mínguez ve Rubiales 2021).

Büyüklüğü değişen tohumlar, sonunda göze çarpan bir hilus ile dikdörtgenden geniş oval şekildedir; sarı, yeşil, kahverengi, siyah veya menekşe renkli olabilirler ve bazen lekeleri vardır. Sıklıkla yan köklere ayrılan güçlü bir köke sahiptir ve hem kök hem de yan kökler, rizobi içeren nitrojen sabitleyici nodüller içermektedir (Karkanis vd. 2018).

Bakla çiçeğinin polen yapısı trikolporat şeklinde olup 3 oluklu ve gözeneklidir ve polen kılıfı incedir. Taneleri yaklaşık 44 µm uzunluğunda ve dikdörtgen şeklindedir. Rengi,

dolaylı gün ışığında koyu gri-gri yeşil, doğrudan güneş ışığında beyaz-soluk gri olarak görülebilmektedir (Kirk 2004).

Çiçek-tomurcuk açılması (antez) gün içerisinde saat 13:00-16:00 arasındadır ve alacakaranlıkla birlikte çiçekler tekrar kapanmaktadır. Ertesi gün saat 11:00 civarında ve takip eden günlerde ise saat 09:00 civarında çiçekler tekrar açılmaktadır. Ancak, tozlaşmadan 2-3 gün sonra veya çiçeklenmeden 6-7 gün sonra çiçekler açılmaz çünkü 6 güne kadar tozlaşan çiçekler baklaya dönüşmektedir. Nektar üretimi korolla (taç yaprak) tabanında yapılmaktadır. Burada yaklaşık 0.5-0.9 mg olarak tutulur ve salınımı sabah erken saatlerde ve akşam geç saatlerde en yüksek şekildedir (Stoddard ve Bold 1987).

Bakla çiçeği incelendiğinde, çiçekte nektar içeriğinin sükroz (%54.4) açısından glikoz (%14.4) ve fruktoza (%31.2) göre zengin olduğu belirlenmiştir. Toplam şeker konsantrasyonu ise yaklaşık 36 mg/ 100 uL olarak belirlenmiştir ve hacimleri düşüktür. Yapılan bir çalışmada nektar salgısının çiçek kapalıyken oluşmaya başladığı, çiçek yarı açık durumdayken artmaya devam ettiği, çiçek açıkken en yüksek seviyeye ulaştığı ve çiçek solduğunda azaldığı bildirilmiştir (Pierre vd. 1996). Kokusu arılar için cezbedicidir ve bal arıları, bombus arıları ve çeşitli soliter arılar tarafından ziyaret edilmektedir (Duc 1997). Çiçeklerinde korolla tabanında üretilen nektara ek olarak, stipüllerin altında karanlık noktalar olarak görülen bölgede çiçek dışı nektar denilen ekstrafloral nektar üretilmektedir. Yapılan bazı çalışmalar bitkinin kendisini otçullara karşı savunmak adına karıncaları etrafına çekmek için ekstrafloral nektar ürettiğini belirtmektedir (Marzinzig vd. 2018).



Şekil 2.1 *Vicia faba*, kapalı çiçekler



Şekil 2.2 *Vicia faba*, açık çiçekler



Şekil 2.3 Çiçeklenme dönemi biterek meyveye dönen *Vicia faba*

2.1.2 Tarihi-kökeni

Bakla bitkisinin tam olarak nereden köken aldığı ve yerel olarak ne zaman kullanılmaya başlandığı kesin olarak bilinmemektedir. Irak'ta M.Ö. 11.200 tarihine ait fosillerden elde edilen bulgular doğrultusunda, baklanın ilk olarak Bereketli Hilal denilen

Mezopotamya bölgesinde yerel olarak kullanılmaya başlandığı tahmin edilmektedir. Kökeninin ise Yakın Doğu, Irak ve İran'dan başlayıp daha sonra Etiyopya ve Afganistan'a uzandığı düşünülmektedir. Akdeniz ve Orta Avrupa'da yürütülen arkeolojik kazılar sonucunda baklaya ait M.Ö. 3000 ve M.Ö. 2000 yıllarına ait kalıntılar bulunmuştur. Tarıma Geç Neolitik Çağda girdiği varsayılmakla birlikte, Tunç Çağı ve Demir Çağı boyunca Kuzey Afrika ve Avrasya'da tarımın yayılmasında etkili olmuştur. Yapılan çeşitli fenotipik değerlendirmeler sonucunda, küçük tohumlu Güneybatı Asya çeşitleri ve büyük tohumlu Batı çeşitleri olmak üzere 2 ana bakla grubu tanımlanmıştır. Büyük tohumlu çeşitlerin oluşturduğu Akdeniz grubu, bakla çeşitlendirmesinin ikincil merkezi olarak kabul edilmektedir. Bakla daha sonra Akdeniz Avrupa'sından Etiyopya'ya yayılarak burada üçüncü çeşitlilik merkezi oluşturmuştur. 15. yüzyılda Portekiz ve İspanyolların fethiyle birlikte, Güney Amerika ve Meksika'ya yayılmıştır. Ancak her halükarda Avrasya ve Afrika'daki çok sayıda erken Neolitik arkeolojik keşif, baklanın en erken yerel olarak kullanılan ürünler arasında olduğu fikrini desteklemektedir. (Link vd. 2008, Duc vd. 2015, Karkanis vd. 2018).

2.1.3 Üretimi ve kullanım alanları

Bakla gelişmek için nemli, serin koşullar gerektirmektedir ve kışın ılıman subtropikal bölgelerde, ilkbaharda ise kuzey enlemlerinde ekimi yapılmaktadır (Duc 1997). Dünya çapında bakla, gerek insan beslenmesinde protein ve yağ kaynağı, gerek hayvanlarda yem (saman ve silaj) olarak kullanılması sebebiyle çok önemli bir yere sahiptir. Baklanın kuru ve taze tohumları yüksek protein içeriği nedeniyle çok besleyicidir ve K, Ca, Mg, Fe ve Zn olmak üzere çeşitli mineraller, polifenol, karotenoid ve karbonhidrat açısından iyi bir kaynaktır. Bunun yanı sıra bakla, toprakta simbiyotik olarak gerçekleştirdiği azot fiksasyonu yoluyla ürün rotasyonunda, topraktaki azotu kullanılabilir hale getirmede ve hasattan sonra toprağın fiziksel koşullarını iyileştirmede önemli bir rol oynamaktadır ve organik tarımda “yeşil gübre” olarak kullanılmaktadır. Toprak verimliliğinin sürdürülmesini sağlayarak, mikroiklimi, yabani flora ve faunanın ortak yaşam alanlarını değiştirip geliştirmektedir. İnsanlar ve hayvanlar için birçok yerde kullanılması, içerdiği yüksek besin değeri, çok çeşitli iklim ve toprak koşulunda yetiştirilebilmesi sebebiyle sürdürülebilir tarım için uygun bir bitkidir ve son yıllarda

küresel ölçekte daha fazla ilgi kazanmıştır (Köpke ve Nemecek 2009, Alghamdi vd. 2012, Karkanis vd. 2018).

Baklagillerin yetiştirilmesinin çevre üzerinde sentetik azotlu gübrelerin kullanılmasında azalma, sonrasında ekilen tahıl ürünlerinde daha yüksek verim ve biyolojik çeşitliliğin teşvik edilmesi dahil olmak üzere bir dizi olumlu etkisi bulunmaktadır. Bununla birlikte, ekildikten sonra nitrojen sızıntısı etraftaki bitki türleri için ortam koşullarını iyileştirerek tarla kenarlarındaki biyoçeşitlilik artışına katkı sağlayabileceği öngörülmektedir. (Beyer vd. 2020).

2.2 Arılar ve Polinasyon

Polen, açık tohumlu ve kapalı tohumlu bitkilerin erkek gametofitidi olarak bulunur. Polinasyon (tozlaşma), bir çiçeğin erkek organında (anter) üretilen polenin, dişi organa (stigma) aktarılması olarak ifade edilmektedir; başarılı olunduğu takdirde döllenme gerçekleşir (Pacini 2015). Kendine polinasyon ve çapraz (yabancı) polinasyon olmak üzere iki şekilde gerçekleşmektedir. Bitkinin çiçeğinde üretilen polen aynı çiçekteki stigmaya veya aynı bireyin bir başka çiçeğindeki stigmaya iletiliyorsa bu durum kendine polinasyon olarak tanımlanmaktadır. Eğer çiçekte üretilen polen aynı türe ait başka bir bireyin çiçeğine iletiliyorsa bu durum çapraz (yabancı) polinasyon olarak tanımlanmaktadır. Çapraz polinasyon için bir polinatöre yani poleni taşıyacak bir aracıya ihtiyaç vardır. Bu biyotik polinasyon, bitkilerin üremesinin devamlılığını sağlarken, hayvan karşılığı için nektar ve polen olarak bir besin kaynağını temsil etmektedir. (Pacini 2015, UTSEP 2020, Kaplan vd. 2022).

Çiçekli bitkiler bugüne kadar tanımlanmış farklı pek çok polinatör hayvan türü sayesinde tozlaşmaktadır. Bu bağlamda polinatörler, özellikle de arılar, karasal ekosistemler için vazgeçilmezdir. Arılar, Hymenoptera takımına ait Apidae, Andrenidae, Colletidae, Halictidae, Melittidae, Megachilidae, Stenotritidae familyalarıyla birlikte Apoidea üstfamilyasını oluşturan polinatör böceklerdir. Bitki türlerinin hayatta kalması, biyolojik çeşitliliğin korunması ve gıda güvenliğinin

sağlanmasında arıların katkısı çok büyüktür (Shebl ve Farag, 2015, Güler 2018, Kaplan vd. 2022).

Temel ekosistem hizmetleri sağlayan arılar, tropikal ormanların, çöllerin, tarımsal alanların ve daha pek çok ekosistemin en önemli sağlık göstergesidir; yaşam döngüleri, besin ve yuvalama için özel koşullara ihtiyaç duymaları nedeniyle biyolojik indikatör olarak kullanılmaktadırlar (Güler 2018).

Bu polinatör grubun bir kısmı koloni halinde sosyal olarak yaşamaktadır; %95'lik kısmı ise yalnız yaşayan arılar olarak nitelendirilen soliter arılardan oluşmaktadır. Soliter arılar doğada toprak, kayalık içleri gibi doğal boşluklar, ağaç kovukları gibi çeşitli yerlere yuva yapmaktadır. Örneğin marangoz arıları ölü veya yaşlı odun dokuları ve ağaç kovuklarını, duvarcı arılar ile yaprak kesen arılar ölü salyangoz kabuklarını ve duvar çatlaklarını tercih etmektedir. Buralarda oluşturdukları tünel gibi boşluklara hücre adı verilen odacıklar yapmakta ve her bir hücreye yumurtalarını bıraktıktan sonra buraya yumurtadan çıkan larvaların büyümesine yetecek kadar besin depolamaktadırlar. Daha sonra yuvanın ağzını toprak veya yaprak gibi farklı materyallerle kapatarak yuvayı terk etmektedirler. Soliter arılarda yavru bakımı yoktur. Yuvada büyüyen olgunlaşan larvalar ergin hale geldiklerinde yuvadan ayrılıp çiftleşerek kendilerine yeni yuvalar oluşturmaktadır (UTSEP 2020).

Sosyal olan bal arıları ve bombus arılarında ise durum daha farklıdır. Doğada yaşayan bal arıları yuvalanmak için ağaç kovukları veya kayalıklardaki boşlukları tercih etmektedir. Buralarda geliştirilen kolonide bir kraliçe, işçi arılar ve erkek arılar mevcuttur. Kraliçe arı koloni düzenini sağlamak adına işçi ve erkek arıları üretmektedir. Erkek arılar yalnızca üreme için kullanılarak sonrasında kovandan dışlanmaktadır. İşçi arılar ise tarlacılık faaliyeti ile polen ve nektar toplamak, yavru bakımı, temizlik ve havalandırma gibi görevler üstlenmek, kovayı korumak gibi çeşitli görevlerde iş bölümü yapmaktadır. Bombus arılarında koloniler bir yıllıktır. Kraliçe kışı döllenmiş olarak diyapoz halinde toprak altında geçirmektedir ve erken baharda diyapozdan çıkarak yeni bir koloni oluşturmaktadır. Yuva olarak ise toprak altını ve terk edilmiş küçük kemirgen ve kuş yuvalarını tercih etmektedirler (UTSEP 2020).

Nasıl yaşadıklarından bağımsız olarak tüm arılar besin kaynağı olarak çiçekli bitkilere ihtiyaç duymaktadır. Çiçekli bitkilerden nektar ve polen olmak üzere iki tip besin elde etmektedirler. Uçmaları için ihtiyaç duydukları enerjiyi çiçek nektarı ve poleninden sağlamaktadırlar. Nektar içeriğindeki glukoz, fruktoz ve sükroz gibi şekerler, protein, enzim, lipid, organik asit, vitaminler, alkaloidler ve antioksidantlar gibi bileşenlerle enerji ihtiyaçlarını, polen ise içeriğindeki protein, nişasta, steroller, lipidler, vitaminler ve minerallerle çeşitli temel besin kaynaklarını karşılamaktadır. Bir arı için polen tek protein kaynağı olmakla birlikte genç arıların salgı bezlerinin gelişiminde ve yavru yetiştirmede önemli bir yere sahiptir (Cook 2005, Güler 2018, UTSEP 2020).

Arılar, çiçeklerin yapısına özel beslenme davranışı ve vücut özelliği göstermektedirler. Vücut büyüklükleri erişilebilir çiçek kaynaklarının daha etkili kullanılmasına izin vermektedir. Vücutlarındaki çatal şeklinde kıllar sayesinde çok sayıda poleni taşıyabilirler. Bu sayede polinasyonda diğer polinatörlerden daha etkili rolleri vardır. Bir arının vücudunda daha fazla polen ve nektar taşıma kapasitesi, vücut büyüklüğü ile pozitif yönde ilişkilidir. Belirli bir vücut büyüklüğüne sahip arılar daha fazla fiziksel güce sahip oldukları için bazı çiçekleri daha iyi işleyebilmektedirler. Örneğin, arının nektara ulaşabilmek için çiçeği tetiklemesi gerektiği durumlarda, bacaklar ve toraks, çiçeğin anterlerini ve stigmasını açığa çıkarmasını sağlamaktadır. “Buzz pollination” denilen bir davranışta ise, arılar poleni çıkarmak için çiçeğin anterlerini tutarak belirli bir frekansta titreşirler; bu durumda da vücut büyüklüğü, titreşimin boyutu olan genlik ve fekansı etkilemektedir (Güler 2018, Chole vd. 2019).

Bir diğer önemli vücut özelliği ise dil uzunluğudur. Uzun dilli arılar, nektar bezinin çiçekteki konumuna göre, nektara kısa dilli arılardan daha rahat ulaşabilmektedir. Dil uzunluğu, uzun ve kısa taç çiçeklerinde beslenmenin verimini etkilemekte ve büyük ve küçük bombus arılarının ziyaret ettiği çiçeklerdeki varyasyonları açıklamaktadır. Ancak arı türlerinde dil uzunlukları, her zaman genel vücut büyüklüğüne karşılık gelmemektedir (Chole vd. 2019).

Arıların bitkisel üretimdeki yeri çok büyüktür; çünkü polinasyon sayesinde bitki genetik çeşitliliğine katkı sağlamaktadırlar. Dünya genelinde insan gıdasının %90’ı 82 bitki

türünden elde edilmektedir ve bunların yaklaşık %77'si arıların polinasyonuna ihtiyaç duymaktadır. Dünyadaki en önemli 115 gıda mahsulünün %75'inde verim artışı için böceklerle sağlanan polinasyondan faydalandığı da bildirilmektedir; bu polinasyon olmadan verim sonuçları yıllık ve coğrafi olarak büyük ölçüde değişmektedir (Güler 2018, Kambrekav vd. 2019).

2.3 Arıların Bakla Polinasyonundaki Yeri

Bakla, yarı allogam bir türdür; yani polinasyon kısmen kendiliğinden gerçekleşirken kısmen böcek ziyareti sayesinde çapraz (yabancı) polinasyon şeklinde olur. Genotipler, popülasyonlar, polinatörlerin miktarı ve iklim koşullarının tümü kısmen allogam olan bakla için %20-%70 arasında değişen allogami oranlarını etkiler. Bu bağlamda baklanın çapraz polinasyonunda arıların (Apoideae) önemi birçok çalışmada vurgulanmaktadır (Aouar-Sadli vd. 2008, Bishop vd. 2016, Karima vd. 2022). Morfolojik yapısı gereği papillionid formda olan bakla çiçeği evrimsel süreçte arılarla polinasyon gerçekleştirecek şekilde gelişmiştir (Stoddard 2017). Baklanın polinatörlere bağımlılığı çeşitli faktörlerden etkilenmekle birlikte, tipik bir tozlaşmada bakla veriminin yaklaşık %25'i böceklerle tozlaşmasına bağlı olduğu görülmektedir (Bishop vd. 2016).

Bakla çiçeklerindeki nektara arıların meşru şekilde ulaşabilmesi için uzun dilli olmaları gerekmektedir. Bir arı çiçeği ön taraftan ziyaret ettiğinde, kanat taç yaprağı ile-omurga taç yaprağı kompleksini aşağı doğru iter ve bu sırada yapışkan polen tıpası stigma üzerine doğru gelir. Arı, polen toplamak için tırmalama hareketi yaparken ya da nektara ulaşmak için çiçeğe doğru kendini itmesiyle stigmatik kütikül kırılarak bitkideki eksüda serbest bırakılır. Bu sırada stil, polenleri arının altına doğru iter, arının vücuduna polenler bulaşır; bu polenler aynı çiçekten, aynı bitkiden ya da farklı bitkiden olabilmektedir. Daha sonra arı başka bir çiçeğe aynı şekilde yaklaştığında, arının vücudundaki yabancı polenle çapraz tozlaşma gerçekleşir. Bu meşru ziyareti ve çapraz tozlaşmayı genellikle *Bombus terrestris* gerçekleştirir (Stoddard ve Bond 1987, Kirk 2004, Stoddard, 2017).

Bal arıları vücut yapıları gereği dilleri çok uzun olmadığı için, çiçek içindeki nektara ulaşamamakta ve istisnalar dışında korolla tabanı zarar görmemiş çiçeklerden nektar toplayamamaktadır, ancak polen toplayabilmektedirler (Stoddard 2017).

Yapılan çalışmalar, dünya çapında baklanın ana tozlayıcısının bal arıları ile bombus arıları olduğunu göstermektedir. Özellikle *Bombus hortorum* gibi uzun dilli arıların baklanın çapraz tozlaşmasında esas rol oynadığı bildirilmektedir. Diğer tozlayıcıların arasında *Xylocopa spp.*, *Eucera spp.* (Apidae), Halictidae ve Nomadinae gibi soliter arı türleri de bulunmaktadır (Smith-Ramírez 2021). Toprağın yapısı, hava durumu ve çevre, baklayı ziyaret eden arı çeşitliliği üzerinde etkilidir. Bakla bitkisini genel olarak en bol ziyaret eden arılar *Anthophora spp.*, *Eucera spp.*, *Xylocopa spp.* ve bombus arıları gibi uzun dilli arılar olduğu belirtilmektedir (Shebl ve Farag 2015). *Bombus hortorum* (L. 1761) ve *Bombus pascuorum* (Scopoli 1763), korollanın tabanını delmeden çiçeklerle beslenebilen iki türdür. Bitki ayrıca *Eucera numida* Lepeletier (1841) ve *Eucera pulveracea* Dours (1873) dahil olmak üzere *Eucera* cinsinin türleri tarafından da sıkça ziyaret edilmektedir. Mısır'daki diğer önemli bitki ziyaretçileri arasında Apidae türleri *Xylocopa pubescens* (Spinola, 1838), *Anthophora hispanica* (Fabricius, 1787) ve *Anthophora aegyptiaca* (Dalla Torre ve Friese, 1895) bulunmaktadır (Karima vd. 2022).

Cezayir'de bakla bitkisini tozlayan ana türlerin *Apis mellifera* L., *Eucera pulveracea* Dours, *Anthophora dispar* Lepeletier ve *Xyclocopa violacea* L. olduğu tespit edilmiştir. Araştırmacılar, arıların bakla tam çiçeklenme dönemindeyken gelmeye başladığını ve çiçeklerle senkronize bir şekilde ziyaretlerini maksimuma çıkardıklarını belirtmektedir. *Eucera pulveracea*, baklayı en çok ve polinasyon açısından en verimli (pozitif ziyaret) ziyaret eden tür olarak belirlenmiştir (Aouar-Sadli vd. 2008).

Geçmişte bakla polinasyonu üzerine yapılan çalışmalar sonucunda polinatör arılar çiçek ziyaretleri bakımından üç sınıfa ayrılmıştır:

1. Polen ve nektar toplamak için çiçeği her zaman ön tarafından ziyaret eden bazı uzun dilli bombus ve soliter arılar,

2. Çiçek tabanını ve çiçeğin önünü ziyaret eden ancak çiçeğin önünü daha çok tercih eden arılar,

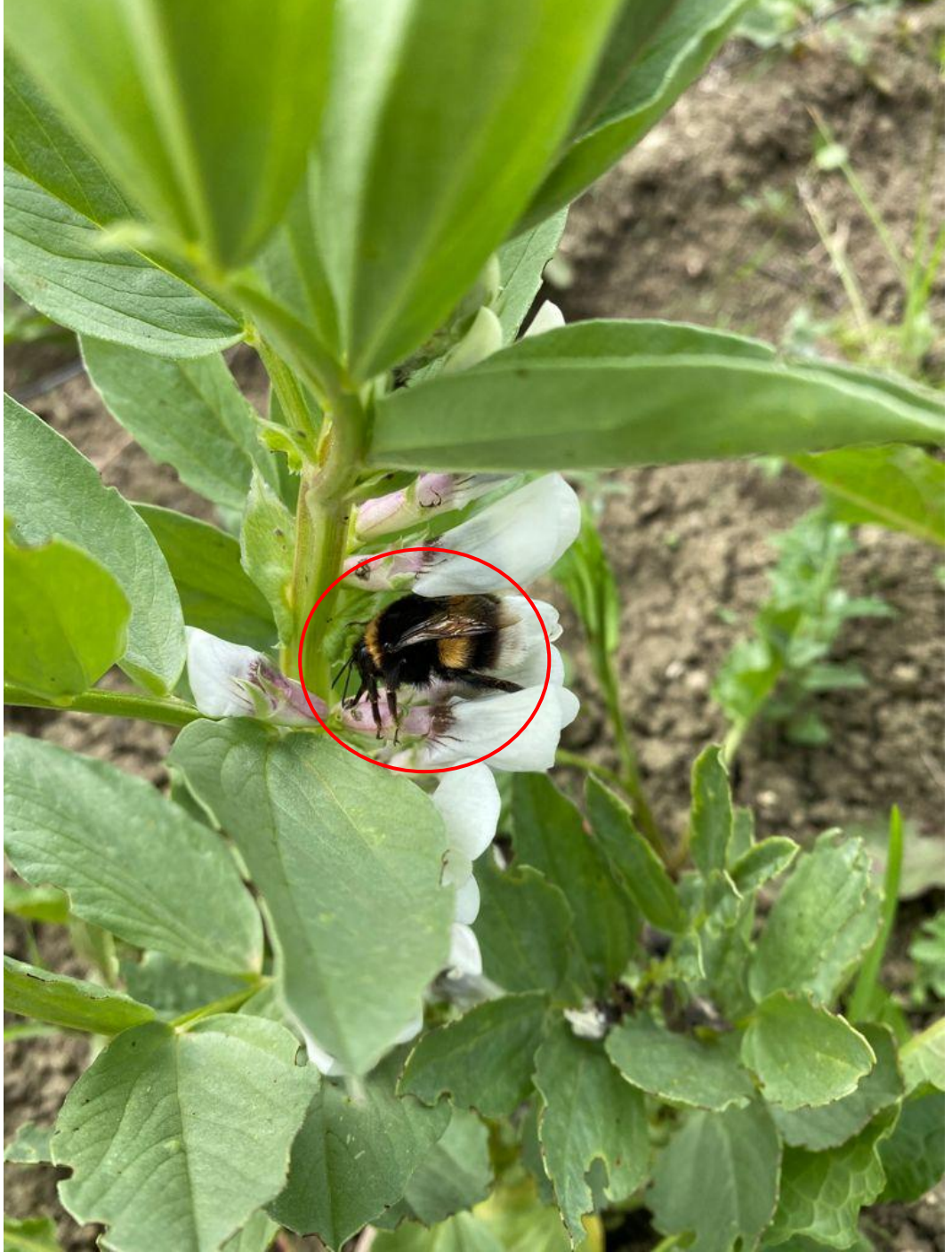
3. Çiçek tabanını çiçeğin önünden daha çok tercih eden arılar (Duc 1997).

Bu bağlamda arıların çiçeği tüm ziyaretleri meşru olmamaktadır; örneğin *Bombus terrestris*'in yiyecek aramadaki ana davranışı çiçek tabanından bir delik açarak buradan nektar soygunu yapmaktır (Şekil 2.4 ve Şekil 2.5) ve ihtiyaç duyduğu yüksek kaynak talebi de diğer türlerin çiçekle olan etkileşimini azaltabilmektedir. Böyle bir durumda tozlaşma istenildiği gibi sağlanamamaktadır (Smith-Ramírez 2021).

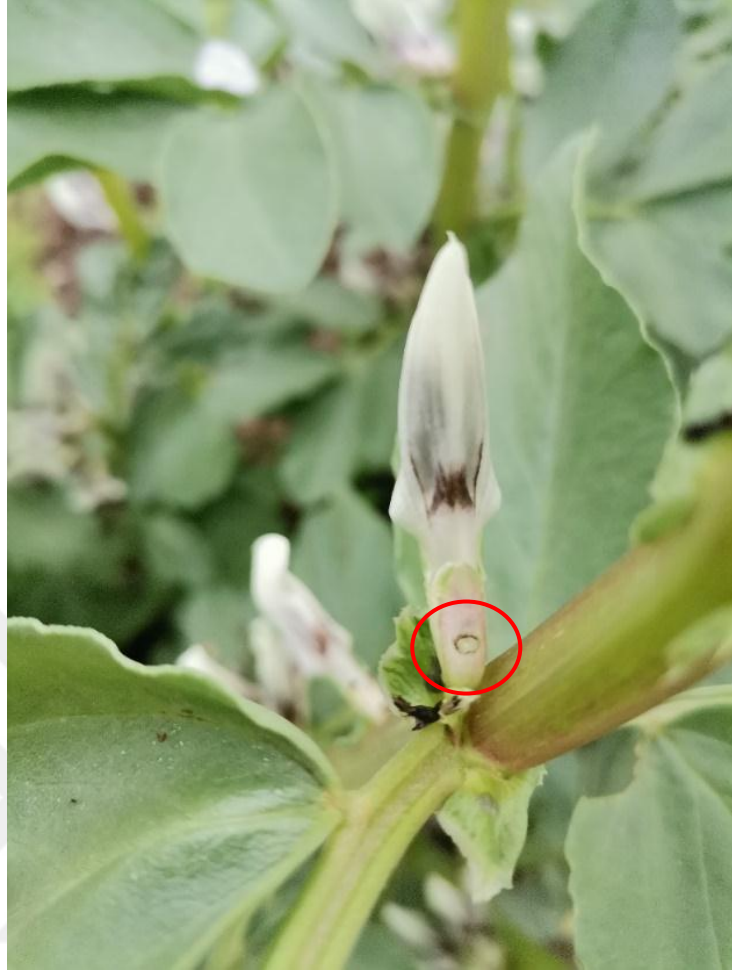
Baklada arıların polinasyon etkinliğine ilişkin ziyaretçi türlerini ele alan bir çalışmada, yapılan 51 adet gözleme dayalı elde edilen sonuçlara göre ziyaret eden arıların yaklaşık %69.2 oranla *Apis mellifera*, %27.5 oranla *Bombus terrestris*, %3 oranla soliter arılar ve %0.3 oranla ise *Bombus hortorum* olduğu belirlenmiştir. *Bombus terrestris*'in nektara ulaşmak için korolla tabanını deldiği ve bu deliklerin sonradan *Apis mellifera* tarafından da kullanıldığı gözlenmiştir (Şekil 2.6). Ancak polen toplayan bal arılarının nektar deliklerini kullanmadıkları, onun yerine çiçeği meşru olarak (Şekil 2.7) ziyaret ettiği anlaşılmıştır. Bu durumda hem nektar hem polen topladığı için *Apis mellifera*'nın *Bombus terrestris*'ten daha fazla tozlaşma ziyareti sergilediği belirlenmiştir (Pierre vd. 1996).

Almanya'da geleneksel olarak yönetilen iki bakla tarlasında yiyecek arama davranışında türe özgü modeller bulunmuştur. *Apis mellifera* ve *Bombus terrestris*'in alanlarda fazla sıklıkta bulunduğu ancak çoğunlukla nektar soygunu yaptığı gözlenirken, daha az sıklıkta görünen *Bombus hortorum*, *Bombus lapidarius* ve *Bombus pascuorum* gibi türler meşru çiçek ziyareti yaparak tozlaşmada daha etkili olmuşlardır. Özellikle *Bombus hortorum* baklanın en verimli ve uygun polinatörü olarak belirlenmiştir. Araştırmacılar, yiyecek arama davranışındaki türe özgü farklılıkların tozlaşmadaki verimi etkilediğini ve her zaman en baskın türlerin en etkili tozlaşmayı sağlamadığını göstermişlerdir (Marzinzig vd. 2018).

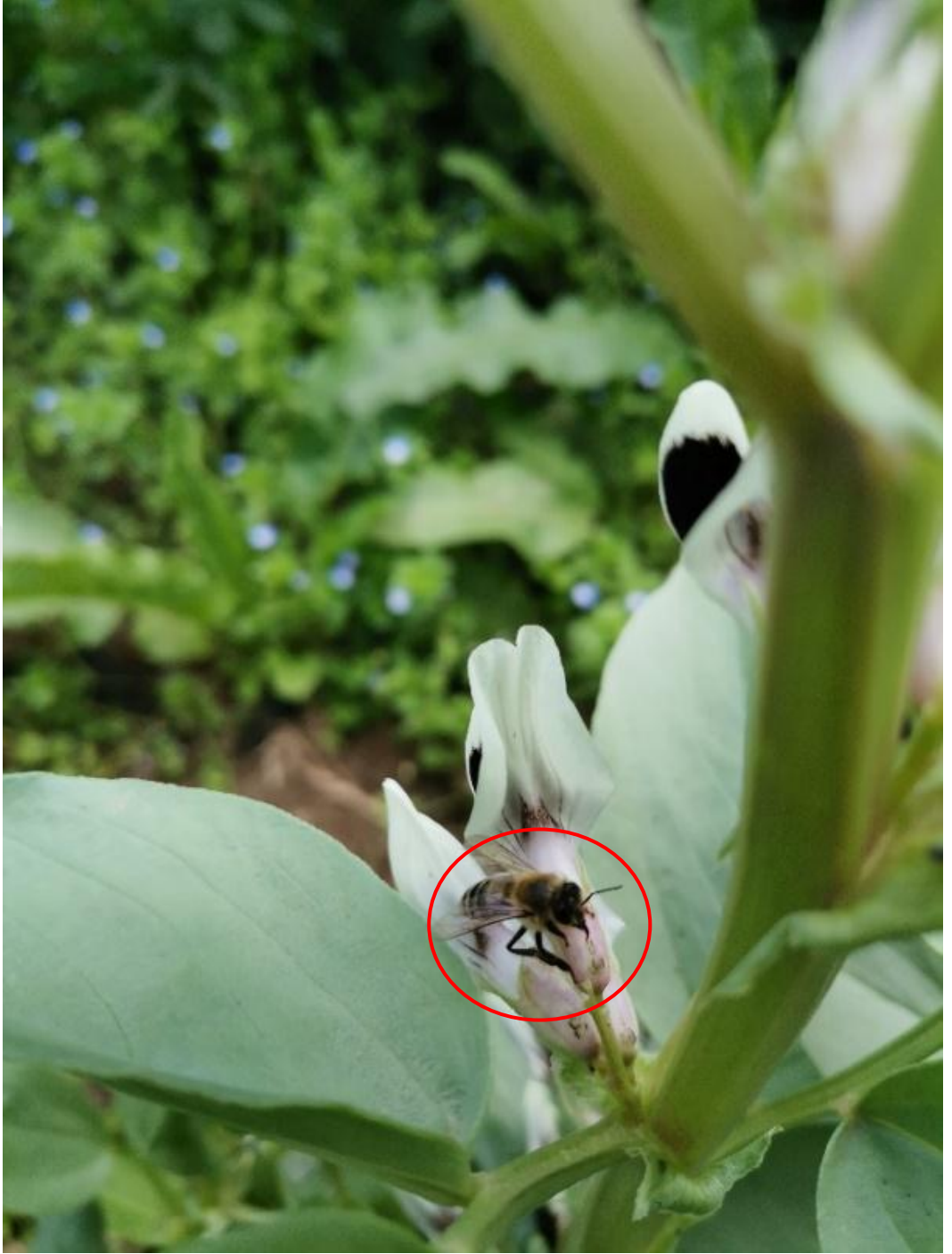
İngiltere’de gözleme dayalı yapılan bir çalışma uzun dilli bir soliter arı olan *Antophora plumipes*’in bakla bitkisinin etkili ve pozitif ziyaretçisi olduğunu göstermektedir. Yapılan gözlemlerde arının çiçek içine girmeden önce çiçek önünde gezinerek nektar aradığı ve çoğu ziyarette de polen topladığı belirlenmiştir (Bond ve Kirby 1999).



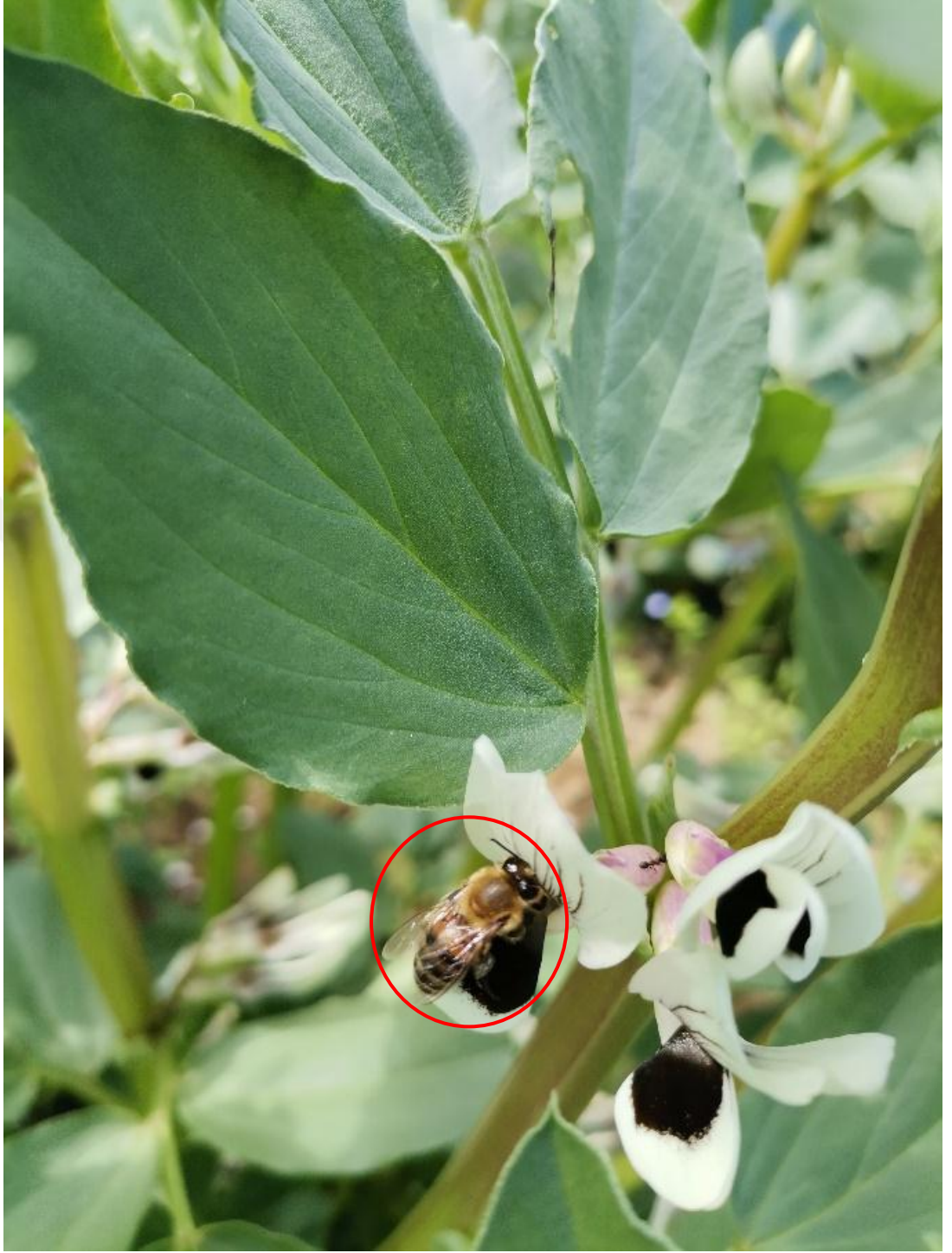
Şekil 2.4 Çiçeğin korolla tabanını delerek nektar soygunu yapan *Bombus terrestris*



Şekil 2.5 Çiçeğin korolla tabanında *Bombus terrestris*'in açtığı nektar delikleri



Şekil 2.6 *Bombus terrestris*'in açtığı nektar deliğinden nektar soygunu yapan *Apis mellifera*



Şekil 2.7 Çiçek içinden nektar alan *Apis mellifera*



Şekil 2.8 Nektar deliğinden nektar soygunu yapan soliter arı *Xylocopa violacea*

2.4 Polinatör Kayıpları

Başta iklim değişikliği olmak üzere, yoğunlaşan tarımsal faaliyetler ve yarı-doğal alanların azalması, polinatör kayıplarının ana nedenlerinden biri olarak kabul edilmektedir.

Günümüzde çevre problemlerinin boyutu ve hızlı yükselişi doğal dengenin korunmasına yönelik acil müdahale çalışmalarının gerekliliğini ortaya koymaktadır. Yapılan araştırmalar, polinatörlerin çeşitliliğinde ve biyokütlesinde azalış olduğunu göstermektedir (Vasiliev ve Greenwood 2020). Yabani arılar ve bal arılarındaki eş zamanlı düşüşlerin büyük ölçüde çiçek kaynaklarının yetersizliği ve monokültür temelli tarıma geçişin neden olduğu yetersiz beslenme nedeniyle meydana geldiği düşünülmektedir (Clair vd. 2020).

Polinatör çeşitliliğinde ve sayısında yaşanan kayıplar, küresel tarım etkinliğinin azalmasına neden olmaktadır. Etkinliği artırmak adına tarımsal üretim için daha büyük bir alan ayrılması gerekmekte ve bu durum da polinatörlerin yaşam alanlarını tehdit etmektedir. Yarı-doğal habitatların azaltılması ve tarımsal üretimi yapılan mahsullerin yarı-doğal habitatlardan uzaklaştırılması; polinatörlerdeki bolluk ve çeşitliliğin azalmasına, çiçek ziyareti oranının düşmesine neden olmakta ve mahsul verimine olumsuz yönde etki etmektedir (Nayak vd. 2015).

Son zamanlarda polinatörlere bağımlı ürünlerin üretimiyle yabani arıların bolluğu arasında ters bir orantı yaşanmaktadır; polinatöre bağımlı mahsullerin üretiminde artış olurken, çeşitli problemler nedeniyle arılarda azalış görülmektedir. Mahsul alanlarında yönetilen bal arılarının varlığı arıcılık uygulamaları ile sürdürülse de, yalnız yaşayan yabani arıların varlığı, su, yuva ve yiyecek kaynağı sağlayan yarı-doğal habitatlar tarafından desteklenmektedir. (Lundin ve Raderschall 2021).

Homojen yani tek tip ürünle ekili alanlar, belirli çiçeklere adapte olmuş arıların varlığını tehdit etmektedir. Ayrıca iklim değişikliği gibi çeşitli sebeplerle, polinatöre bağımlı ekinlerin çiçeklenme dönemi arıların gelişme dönemiyle ve uçuş aktivitesiyle denk gelemeyebilir. Böyle bir durumda polinatör arılar farklı çiçek kaynaklarına ihtiyaç duymaktadır ve monokültür alanlarından bu çiçek kaynakları sağlanamamaktadır (Sentil vd. 2021).

Güneybatı İsveç'te yapılan bir çalışmada, yarı-doğal habitatların yabani arıların bolluğunu artırdığı gösterilmektedir. Bu tarz alanların yakınına bakla ekildiği takdirde, bakla çiçeklerine gelen yabani arıların bolluğunun ve meşru çiçek ziyaretinin arttığı bildirilmektedir (Lundin ve Raderschall 2021). Bakla bitkisinin yetiştirilmesi, yağlı tohum-kolza gibi diğer toplu çiçekli mahsuller için gösterildiği gibi, diğer çiçek kaynaklarının yeterli olmadığı tarımsal alanlarda polinatörler için olası bir besin kaynağı olarak kullanılabilir. (Beyer vd. 2020).

Benzer şekilde İngiltere'de yapılan başka bir çalışma ise, mahsul alanlarında oluşturulan yarı-doğal alanların, polinatörler için yuvalama ve besin kaynağı sağladığını

desteklemektedir. Bu sayede, mahsul ekili alanlarda, en bol gözlenen polinatör *Bombus terrestris* olmakla birlikte, *Apis mellifera* (Apidae), *Andrena* spp. (Andrenidae) ve *Lasioglossum* spp. (Halictidae)'de bakla tozlaşmasında önemli polinatörler olarak bildirilmiştir. Çalışmaya göre mahsul alanlarının heterojen olması, polinatör bolluğu ve çeşitliliği açısından monokültür alanlarla karşılaştırıldığında çok daha faydalıdır (Nayak vd. 2015).

Tozlayıcıya bağımlı ürünlere karşı artan talep, yıllardır yarı-doğal alanlarda daha yoğun ve geniş şekilde ekim yapılarak karşılanmaktadır. Doğadaki birçok yabani polinatör türün tamamen toprağa bağımlı yaşadığı düşünüldüğünde, bu tarımsal yoğunlaşma beraberinde polinatör kayıplarını getirmektedir ve tozlayıcıya bağımlı ürünlerin verimliliği azalmaktadır (Christmann vd. 2021). Bununla birlikte tarım aynı zamanda biyolojik çeşitliliğin korunmasına da yardımcı olacak şekilde kullanılabilir. Agroekosistemler, organik tarım ve yarı doğal habitatların teşviki gibi düşük yoğunluklu tarım yöntemlerine ek olarak, baklagiller gibi çiçek açan bitkiler polinatörleri destekleyebilir (Beyer vd. 2020).

Almanya'da yürütülen bir çalışmada, geleneksel olarak yetiştirilen baklaların peyzaj ölçeğinde arıların sayısını nasıl artırdığı belirlenmiştir. Çiçeklenme dönemi boyunca ortamdaki arıların bakla tarlasına yöneldiği ve tarla kenarlarındaki bitkilere gelen arı sayısının azaldığı görülmüştür. Buradan baklanın çeşitli ürün rotasyonlarıyla ekilmesinin bombus arılarındaki azalmayı durdurabileceği sonucuna varılmıştır. Çeşitli baklagil bazlı ürün rotasyonları gibi sahadaki yeşillendirme uygulamaları, geleneksel tarım sistemlerinde nektar ve polenin kullanılabilirliğini iyileştirmektedir (Beyer vd. 2020).

2.5 Alternatif Tozlaştırıcılarla Tarım (ATT) Sistemi

Polinatörlerin doğadaki varlıklarının korunması, hem ekosistem hizmetleri hem de insan refahı için çok önemlidir. Ürünlerde hem yüzey başına elde edilen verimin daha yüksek olması ve biyolojik çeşitliliğin korunması için (Christmann vd. 2021), çeşitli yaklaşımlarla ekosistem direncini destekleyici tarımsal çözümler üretilmesi

gerekmektedir (Christmann ve Aw-Hassan, 2012). Alternatif Tozlaştırıcılarla Tarım (ATT) Sistemi, sosyo-ekonomik ve agro-ekolojik bir yaklaşım olmakla birlikte, pollinatör hizmetlerini korumaya yönelik, sürdürülebilir bir tarım sistemidir (Christmann ve Aw-Hassan 2012).

Tarımsal alanlarda çiçek çeşitliliği ve çiçeklenme süresinin uzun olması, yabani çiçek ziyaretçilerinin çeşitliliğini, bolluğunu ve korunmasını etkilemektedir (Christmann vd. 2021). Bu bağlamda ATT yaklaşımı, tarımsal üretimde etkin şekilde rol oynayan yabani polinatör arıların varlığını korumayı amaçlamaktadır. Ekimi yapılan alanların %25 'lik kısmında arılara nektar ve polen kaynağı sağlayan ve aynı zamanda pazarlanabilir ürünlerin ekili olduğu bir sistemi ifade etmektedir (Sentil vd. 2021). ATT tarlalarında polinatörlere ihtiyaçları olan su ve yuvalama desteği sağlanmakta ve ürünlerin ekili olduğu %75'lik alanda ana mahsül, kalan %25'lik alanda ise sebze ve meyve bitkileri, yağlı tohumlar ve baharatlar gibi pazarlanabilir habitat zenginleştirici bitkiler kullanılmaktadır (Christmann 2020). ATT gibi tarımsal stratejilerle ekilen bitkilerle çeşitlendirilen alanlar insan ve polinatör arıların beslenmesini sürdürme potansiyeline sahip ürünlerle çok çeşitli kaynaklar sağlamaktadır. Bolca polen ve nektar kaynakları sunarak kitlesel çiçek açan bitkiler, bal arıları ve yabani arılar için çok çekici olmakta ve bu sayede arıların tarımsal alanlardaki çeşitliliği ve bollukları artırılmaktadır.

Polinatörler tarımsal verimlilik, tarımsal ekosistemlerin korunması ve iklim değişikliğine adaptasyonunun sağlanmasında en önemli etken oldukları için ATT önemli bir sistemdir. Gıda güvenliği artırılarak aynı zamanda çevresel ve ekonomik fayda yaratılmaktadır (Christmann ve Aw-Hassan 2012). Bu kapsamda yapılan çalışmalar, yan bitkilerle yaşam alanı geliştirilen tarlalarda daha fazla çeşitlilikte polinatörün olduğunu ve sosyo-ekonomik yaklaşım da göz önünde bulundurularak, verimin artıp gelirin yükseldiğini ortaya koymaktadır. Çiftçiler tarafında da tercih edilmeye başlanıp, polinatörlerin yaşam alanını geliştirmeye istekli oldukları gözlenmektedir (Christmann vd. 2017).

Fas'ta farklı tarımsal ekosistemlerde ATT sisteminin polinatörleri korumaya yönelik hedefleri ve tarımın dönüştürücü değişimine hizmet etme potansiyeli

değerlendirilmiştir. ATT alanlarının, monokültür olan kontrol alanlarına kıyasla cins düzeyinde bile daha zengin bir taksona ev sahipliği yaptığı gözlenmiştir. ATT alanlarında %25'lik kısımda bulunan hafif mozaik dikim, ziyaretçi polinatörlere nektar ve polen kaynağı çeşitliliği sağlayarak daha uzun süre alanda kalmalarını sağlamıştır. Bu kapsamda ATT sisteminin, tamamen doğal alanlara bağlı polinatörlerin korunmasında katkıda bulunacağı ve gıda güvensizliğiyle başa çıkmada yardımcı olacağı bildirilmiştir; bu sistem tarım arazilerinde dönüştürücü değişimi teşvik etme potansiyeline sahiptir (Christmann vd. 2021).

2021 yılında yine Fas'ta yapılan çalışmada, bir ATT ve bir Kontrol alanı karşılaştırılmıştır. ATT alanının %75'lik kısmı ana mahsül olan bakla (*Vicia faba*, Fabaceae) ekilmiş, %25'lik kısmı ise farklı tozlayıcı arılara hitap edecek şekilde seçilen chia (*Salvia hispanica*, Lamiaceae), kanola (*Brassica napus*, Brassicaceae), keten (*Linum usitatissimum*, Linaceae), roka (*Eruca sativa*, Brassicaceae) ve kişniş (*Coriandrum sativum*, Apiaceae) ile çeşitlendirilmiştir. Kontrol alanı monokültür olacak şekilde sadece bakla ekilmiştir. Sonuçta, ATT alanlarındaki ziyaretçi arıların bolluk ve çeşitliliğinin, kontrol alanına kıyasla daha fazla olduğu bulunmuştur. Çünkü ATT alanlarında farklı türlere kaynak sağlayacak bitkiler ekilidir ve bu bitkiler çiçeklenme dönemleri farklı olduğu için farklı zamanlarda gelen arılara ev sahipliği yapmaktadır (Sentil vd. 2021).

3. MATERYAL ve YÖNTEM

Çalışma, Çaycuma/Zonguldak bölgesinde yer alan ve ICARDA'nın (International Center for Agricultural Research in the Dry Areas) yürütücülüğünü yaptığı “Artan İklim Direncine Karşı Polinatör Çeşitliliğinin Korunması” isimli Avrupa Birliği projesine ait 300 m² lik bir ATT (Alternatif Tozlaştırıcılar ile Tarım) ve bir de Kontrol olarak isimlendirilen 2 adet bakla tarlasında gerçekleştirilmiştir.

3.1 Arazi Çalışmaları

3.1.1 Çalışma istasyonlarının özellikleri

ATT alanının %75'inde eşit sayıda 4 çeşit (Lerna, Histal, Sevil, Emiralem) bakla bitkisi vardır. Kalan %25'lik alanda ise daha fazla polinatörü ortama çekmek ve daha uzun süre alanda kalmalarını sağlamak amacıyla baklanın yetiştirilme zamanıyla uyumlu olarak ilk yıl karabuğday (*Fagopyrum esculentum*), roka (*Eruca vesicaria*), çemen (*Trigonella foenum-graecum*), kolza (*Brassica napus*), acı bakla (*Lupinus angustifolius*), reyhan (*Ocimum basilicum*) gibi çeşitli tarımsal bitkiler yetiştirilmiştir (Şekil 3.1 ve Şekil 3.2). Kontrol alanında ise ana parselde yine aynı 4 çeşit bakla ekili olup, kalan %25'lik alanda ATT'den farklı olarak 5. çeşit bakla (yerel çeşit) ekilmiştir (Şekil 3.3 ve Şekil 3.4). İkinci yıl ise deneme deseni aynı tutulmuş olup, ATT alanında %25'lik alana sadece roka yerine bezelye (*Pisum sativum*) ekilmiştir, reyhan bitkisi ekilmemiştir.

Çalışma arazisine ilk yıl 26-28/04/2021 ve 10-12/05/2021 tarihleri arasında baklanın tam çiçeklenme dönemi ve çiçeklenme sonu olmak üzere 2 hafta ve takip eden ikinci yıl 23-24/04/2022 ve 07-08/05/2022 tarihleri arasında yine tam çiçeklenme dönemi ve çiçeklenme sonu olmak üzere 2 hafta gidilmiştir.



Şekil 3.1 ATT deneme alanı



Şekil 3.2 ATT deneme alanı



Şekil 3.3 Kontrol deneme alanı

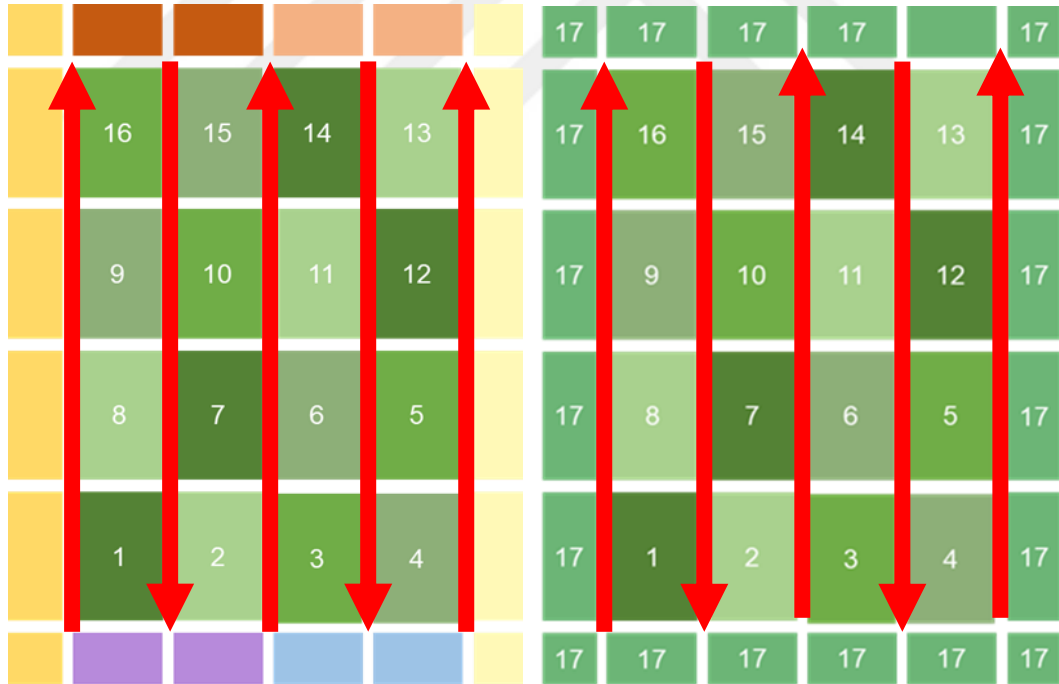


Şekil 3.4 Kontrol deneme alanı

3.1.2 Bakla çiçeklerini ziyaret eden polinatör arı türlerinin ve yoğunluklarının belirlenmesi

ATT ve Kontrol alanlarında aynı gün ve saatlerde olacak şekilde aynı anda gözlem yapılmıştır. Bias en aza indirilmek amacıyla gözlemci iki kişi, iki tarlada farklı günlerde dönüşümlü olarak bulunmuştur. Her bir gözlem 4 tekrar ile yapılmıştır.

Çiçekleri ziyarete gelen arı tür kompozisyonu günün farklı saatlerine göre değişiklik gösterebileceği için, gözlemler günün üç farklı saatinde, sabah saat 09.00-09.30, öğlen 11.00-11.30 ve öğleden sonra 13.00-13.30 olacak şekilde yapılmıştır (Shebl ve Farag 2015). Gözlem sırasında, 16 parselin her birinde bir transect boyunca ilerlenerek (Şekil 3.5) açık çiçeklere gelen arı türleri gözlenmiş, yiyecek arama davranışları incelenmiş ve sayıları kaydedilmiştir.



Şekil 3.5 ATT (sol) ve Kontrol (sağ) alanlarında yapılan transectin şematik gösterimi

ATT alanının %25'inde yer alan yan bitkilerin çiçekleri ayrı ayrı incelenerek çiçeklere gelen arı türleri ve sayıları belirlenmiştir. Kontrol alanında da tüm gözlemler yukarıda ifade edildiği gibi yapılmış olup, burada ana parselin çevresinde yan bitki olarak ekilen 5. çeşit baklanın çiçekleri de gözlemlenerek gelen arı türleri ve sayıları kaydedilmiştir.

Ayrıca hava koşulları (sıcaklık, rüzgar, yağış, nem) ve saat gibi parametreler de kaydedilmiştir.

Kaydedilen tüm veriler Excel programına girilerek bir veri tabanı oluşturulmuştur. Buradan yola çıkılarak, ATT ve Kontrol alanlarındaki arı çeşitliliği ve sayısı karşılaştırılmıştır.

3.1.3 Arazi örnekleme

Bakla çiçeklerini ziyaret eden arı türlerini teşhis etmek için gözlem sırasında atrap yardımı ile arı türlerinden örnek alınmıştır (Şekil 3.6, Şekil 3.7 ve Şekil 3.8). Alınan örnekler laboratuvara götürülmek üzere Şekil 3.9 ve Şekil 3.10'da gösterildiği gibi tüpe konulup içerisine %70'lik alkol eklenerek muhafaza edilmiştir.



Şekil 3.6 Kontrol alanı transect ve örneklem



Şekil 3.7 ATT alanı transect ve örneklem



Şekil 3.8 Yakalanan arının tüpe alınması



Şekil 3.9 Örneklem sırasında yakalanan *Apis mellifera*, %70'lik alkol içerisinde



Şekil 3.10 Örnekleme sırasında yakalanan *Bombus terrestris*

3.2 Laboratuvar Çalışmaları

3.2.1 Morfolojik teşhis

Alkol içerisinde getirilen örneklerde türler, T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı Zirai Mücadele Merkez Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü bünyesinde biyolog Doç. Dr. Yasemin GÜLER tarafından, binoküler altında tür teşhis anahtarları ve referans türler aracılığıyla morfolojik olarak teşhis edilmiştir.

3.2.2 DNA izolasyonu

Morfolojik olarak teşhisleri yapılan örnekler moleküler tür teşhisi yapmak adına Ankara Üniversitesi Fen Fakültesi Biyoloji Bölümü Böcek Morfolojisi Laboratuvarına getirilmiştir. Burada arıların orta bacağından Chelex 100 solüsyonu kullanılarak mitokondriyel DNA izolasyonu (Barletti 2021) yapılmıştır (Şekil 3.11).

Bu yöntemin tercih edilmesinin sebebi, diğer DNA izolasyon protokollerine göre daha pratik bir yöntem olarak görülmesidir. Organik çözücü içermemekte ve tüpler arası transfere ihtiyaç duyulmamaktadır. Chelex solüsyonu, yüksek sıcaklıkta ortamdaki DNA'nın parçalanmasında katalizör olan metal iyonlarını şelatlayarak DNA'nın bozulmasını engeller. Bu şekilde daha temiz bir DNA izolasyonu sağlanır (Walsh vd. 1991).

%5'lik bir Chelex süspansiyonu içerisinde doku parçaları yüksek sıcaklıkta kaynatılmaktadır. Elde edilen süpernatant ise Polimeraz Zincir Reaksiyonuna (PZR) tabi tutulmaktadır (Walsh vd. 1991).

PZR tüpüne 4-6 parçaya bölünerek konulan arı orta bacakları üzerine %5'lik 150 uL Chelex 100 solüsyonu eklenmiştir. Chelex 100 solüsyonunun katı taneciklerinin arı bacaklarına temas etmesine özellikle dikkat edilmiştir. Sonrasında 5 uL Proteinaz K enzimi eklenerek örnekler PCR cihazında Çizelge 3.1'de belirtilen koşullarda inkübasyona bırakılmıştır.

Çizelge 3.1 Chelex 100 mtDNA izolasyonu için Thermo Cycler protokolü

1. T=55 °C	01:00:00
2. T=99 °C	00:15:00
3. T=37 °C	00:01:00
4. T=99 °C	00:15:00
5. Hold at	4 °C



Şekil 3.11 Chelex 100 solüsyonu ile mtDNA izolasyonu

3.2.3 Polimeraz zincir reaksiyonu (PZR)

Polimeraz zincir reaksiyonu (PZR) nükleik asitlerinin vitro koşullarda sıcaklık değişimi, enzim ve nükleotidler kullanılarak çoğaltılması işlemidir. Bu yöntemde belirli sıcaklık değişimleri yoluyla çift sarmal DNA zinciri birbirinden ayrılır, çoğaltılması istenen bölgenin 5' ve 3' uçlarına yapay ileri ve geri oligonükleotit dizileri olan primerler bağlanır, son olarak ayrı DNA zincileri Taq polimeraz enzimi ile birbirine bağlanır. Bu işlem 30-45 döngü olacak şekilde tekrar edilerek 2ⁿ sayıda DNA elde edilir. Kullanılan kimyasallar ise distile su, nükleotidler, Taq polimeraz enzimi, tampon solüsyon, magnezyum klorit, ileri ve geri primerler şeklindedir. (Kandemir ve Moradi 2006).

Bu tezin deneylerinde içerisinde Taq polimeraz enzimi, nükleotidler, magnezyum klorit (MgCl) ve tampon solüsyonun bir arada bulunduğu master mix olan Fermentas Dream Taq kullanılmıştır. Çalışılacak her bir örnek için kullanılan kimyasallar ve miktarları Çizelge 3.2'de gösterilmiştir.

Çizelge 3.2 PZR reaktifi için hazırlanan kimyasallar ve miktarları

Dream Taq	12.5 uL
Distile su	9.5 uL
İleri primer (F)	1 uL
Geri primer (R)	1 uL

Örnek sayısına göre, kimyasallardan ortak bir karışım hazırlanmış ve PZR tüplerine aktarılmıştır. Son olarak DNA eklenmiştir. Burada, izolasyondan elde edilen mtDNA’larda barkod bölgesi olan COI bölgesi, hedeflenen gen bölgesidir. Yaklaşık 680 baz çifti uzunluğunda olan bu bölge, kendine spesifik olan HCO-LCO primerleri kullanılarak Çizelge 3.3’te gösterilen protokol ile çoğaltılmıştır.

Çizelge 3.3 PZR için Thermo Cyclers protokolü

Cntrl Block
Lid=100 C
Nowait auto
1. T=94 °C 00:01:00
2. T=50 °C 00:02:00
3. T=72 °C 00:03:00
4. GOTO 1 REP 34
5. T=72 °C 00:05:00
6. Hold 4 °C Enter

3.2.4 Agaroz jel elektroforezi

Agaroz jel elektroforezi yönteminde DNA fragmentleri katı agaroz jellere yerleştirilir. Belirli bir elektrik alan oluşturularak DNA’ların anottan katoda doğru hareket etmesi sağlanır. Bu sayede DNA fragmentleri büyüklüklerine göre jel içerisinde ayrılır (Çetinkaya ve Ayhan 2012).

Bu çalışmada, 3 gram agaroz, 300 mL TAE (Tris-Asetat EDTA) tamponu kullanılarak mikrodalga fırında eritilmiştir ve %1'lik agaroz jeli elde edilmiştir. Daha sonra bu jel taraklı bir jel tablasına dökülmüştür. Agaroz tamamen donunca taraklar çıkarılarak jel tablası içinde yine TAE tamponu bulunan elektroforez tankının içerisine yerleştirilmiştir. Elektroforez cihazı 80 watt 120 dakikaya ayarlanarak örnekler jelde yürütülmüştür. Sonrasında jel, EtBr solüsyonuna 10 dakika boyanmaya bırakılmıştır ve UV cihazında görüntüleme ve fotoğraflama işlemi yapılmıştır.

3.2.5 DNA dizi analizi

Agaroz jel elektroforezi sonrasında UV cihaz altında yapılan incelemeye göre, bant veren örnekler DNA dizi analizi için ilgili firmaya gönderilmiştir. Firmada DNA dizileri ileri ve geri olacak şekilde her iki primer kullanılarak okunmuştur. Gelen sonuçlar, Chromas 2.6.6 programı ile düzenlenerek kromatogramlar FASTA formatına dönüştürülmüştür. Daha sonra National Center for Biotechnology Information (NCBI) programında BLAST aracılığıyla türler belirlenmiştir.

3.3 Sonuçların İstatistiksel Olarak Yorumlanması

ATT alanı ile Kontrol alanı arasındaki arı çeşitliliği ve sayısını karşılaştırmak adına Microsoft Office Excel programında tablo oluşturularak bir veri seti elde edilmiştir. Bu veri setine yine aynı programda yinelemesiz iki etkenli ANOVA testi uygulanmıştır.

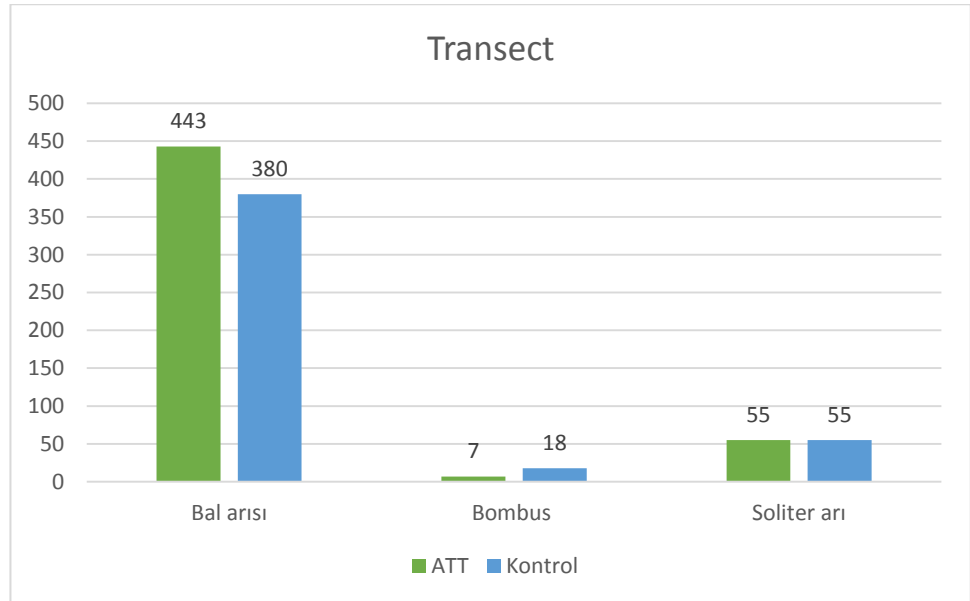
4. ARAŞTIRMA BULGULARI

4.1 Bakla Çiçeklerini Ziyaret Eden Polinatör Arı Türlerinin ve Yoğunluklarının Belirlenmesi

ATT ve Kontrol alanlarında, tüm parseller transect boyunca günün farklı saatlerinde ve eş zamanlı olarak ziyaretçi arı çeşitliliği bakımından birbirini takip eden yıllarda gözlemlenmiştir. Çiçekleri ziyaret eden türler bal arısı, bombus arısı ve soliter arı olmak üzere 3 ana başlık altında kayıt altına alınmıştır.

Gözlemler sırasında teşhis edilebilen arı türleri *Apis mellifera* (Linneaus, 1758), *Bombus terrestris* (Linneaus, 1758), *Xylocopa violacea* (Linneaus, 1758) ve *Eucera* sp. olarak belirlenmiştir.

İki deneme alanında da en yoğun gözlenen türün Şekil 4.1’de gösterildiği gibi *Apis mellifera* olduğu belirlenmiştir. Bombus arısının kontrol alanında daha fazla sayıda olduğu gözlenmişken, soliter arıların ise her iki alanda da eşit yoğunlukta bulunduğu görülmüştür.



Şekil 4.1 Transect sırasında gözlemlenen arılar ve sayıları

ANOVA testi sonucunda, 0.05 anlamlılık düzeyinde, Çizelge 4.1 ve Çizelge 4.2’de gösterildiği gibi, yılında deneme alanları arasında arı sayısı arasında bir fark bulunmamıştır ($p>0.05$). Ancak arı çeşitlerinin sayıları arasında (bal arısı, bombus arısı, soliter arılar) 0.05 anlamlılık düzeyinde fark gözlenmiştir ($p<0.05$).

Çizelge 4.1 2021 yılı arı çeşitleri ve deneme alanları arasındaki fark

ANOVA						
<i>Varyans Kaynağı</i>	<i>SS</i>	<i>df</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>P-değeri</i>	<i>F ölçütü</i>
Arı çeşitleri	592686,4	5	118537,2833	90,61906	6,68E-05	5,050329
ATT-Kontrol	140,0833	1	140,0833333	0,107091	0,756738	6,607891
Hata	6540,417	5	1308,083333			
Toplam	599366,9	11				

Çizelge 4.2 2022 yılı arı çeşitleri ve deneme alanları arasındaki fark

ANOVA						
<i>Varyans Kaynağı</i>	<i>SS</i>	<i>df</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>P-değeri</i>	<i>F ölçütü</i>
Arı çeşitleri	1943,667	5	388,7333	4,983761	0,051288	5,050329
ATT-Kontrol	243	1	243	3,115385	0,137825	6,607891
Hata	390	5	78			
Toplam	2576,667	11				

Yıllara göre alanlardaki karşılaştırılmaya gidildiğinde ise, Çizelge 4.3 ve 4.4’te gösterildiği gibi, arı çeşitliliği ve sayısında 0.05 anlamlılık düzeyinde önemli bir fark bulunmamıştır ($p>0.05$).

Çizelge 4.3 2021-2022 yıllarında ATT alanlarında arı çeşitliliği ve sayısındaki fark

ANOVA						
<i>Varyans Kaynağı</i>	<i>SS</i>	<i>df</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>P-değeri</i>	<i>F ölçütü</i>
Arı çeşitleri	188714,4	5	37742,88	1,090984	0,463101	5,050329058
ATT-ATT	29304,08	1	29304,08	0,847054	0,399614	6,607890974
Hata	172976,4	5	34595,28			
Toplam	390994,9	11				

Çizelge 4.4 2021-2022 yıllarında Kontrol alanlarında arı çeşitliliği ve sayısındaki fark

ANOVA						
<i>Varyans Kaynağı</i>	<i>SS</i>	<i>df</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>P-değeri</i>	<i>F ölçütü</i>
Arı çeşitleri	127835,7	5	25567,13	1,141043	0,444204	5,050329
Kontrol-Kontrol	30603	1	30603	1,365791	0,295219	6,607891
Hata	112034	5	22406,8			
Toplam	270472,7	11				

Arıların bakla çiçeğini ziyaretlerinin farklı tarihlerde gün boyunca değişken olduğu görülmekle birlikte, yapılan gözlemler incelendiğinde, ATT ve Kontrol alanlarında bal arılarının (Şekil 4.2 ve Şekil 4.3) ve bombus arılarının (Şekil 4.4 ve Şekil 4.5) bakla çiçeğini ziyareti en yoğun olarak saat 11.00-11.30 ile 13.00-13.30 aralığında gerçekleştirdiği belirlenmiştir. Soliter arıların ise (Şekil 4.6 ve Şekil 4.7) gözlem yapılan tüm saatlerde (09.00-09.30, 11.00-11.30, 13.00-13.30) birden fazla tür ile farklı yoğunluklarda bulunduğu belirlenmiştir.

Bu ziyaretler, bal arıları, bombus arıları ve soliter arılar için, alanın ATT ve Kontrol olmasına göre farklılık göstermemiştir.

Yıllara göre alanlar kendi içinde karşılaştırıldığında;

Hem bal arısı hem de bombus yoğunluğu bakımından her iki deneme alanında da 2022 yılında belirgin düşüş olduğu, soliter arılar için bunun söz konusu olmadığı görülmüştür.

ATT alanında bal arılarında (Şekil 4.2) ve soliter arılarda (Şekil 4.6) en yoğun aktivite gösterdikleri saat değişmemekle birlikte, bombus arılarında (Şekil 4.4) farklılık göstermiştir.

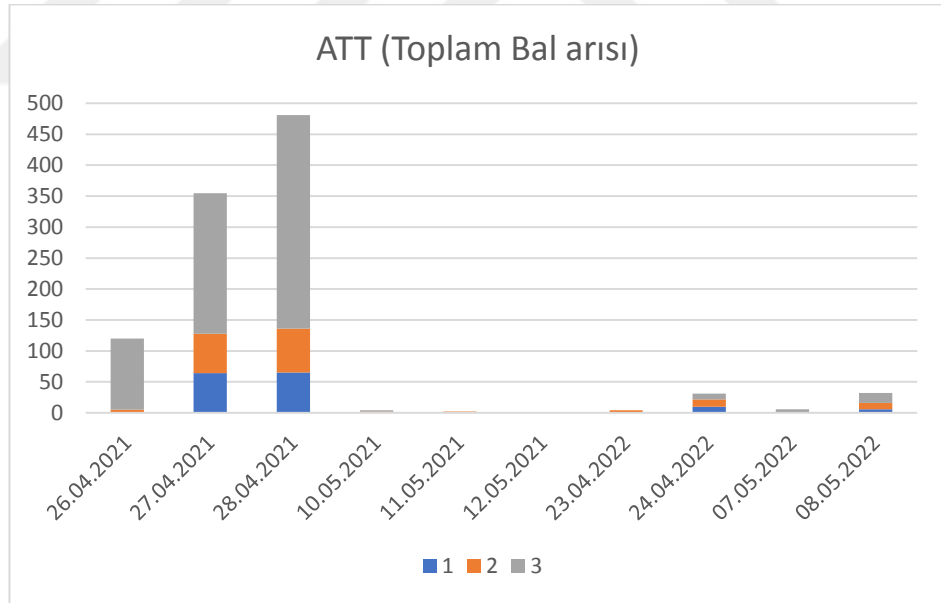
Kontrol alanında ise, bal arılarında (Şekil 4.3), bombus arılarında (Şekil 4.5) ve soliter arılarda (Şekil 4.7) en yoğun aktivite gösterdikleri saat değişmemiştir.

Yıllara göre alanlar birbiriyle karşılaştırıldığında;

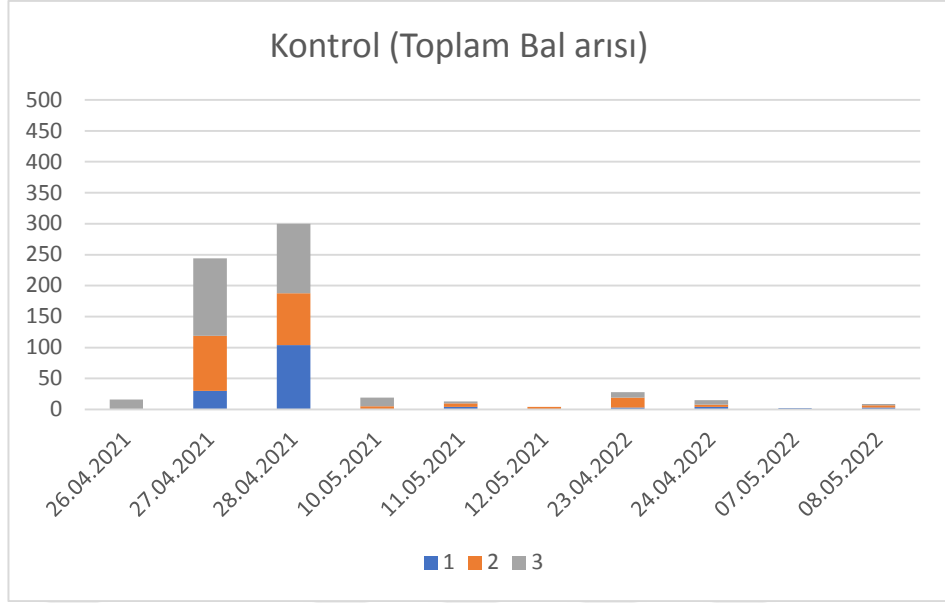
2021 yılı için, ATT alanında bal arısı aktivitesinin (Şekil 4.2) en yoğun olduğu zaman diliminin Kontrol alanı ile (Şekil 4.3) aynı olduğu görülmüştür. Bombus arısı aktivitesinin de ATT alanı ile (Şekil 4.4) Kontrol alanında (Şekil 4.5) aynı saatlerde en yoğun olduğu görülmüştür. Soliter arıların ATT alanında (Şekil 4.6) en yoğun aktivite gösterdiği saatin Kontrol alanından (Şekil 4.7) farklılık gösterdiği belirlenmiştir.

2022 yılı için, ATT alanında bal arısı (Şekil 4.2), bombus arısı (Şekil 4.4) ve soliter arı (Şekil 4.6) aktivitesinin en yoğun olduğu zaman dilimi, Kontrol alanından farklılık göstermiştir.

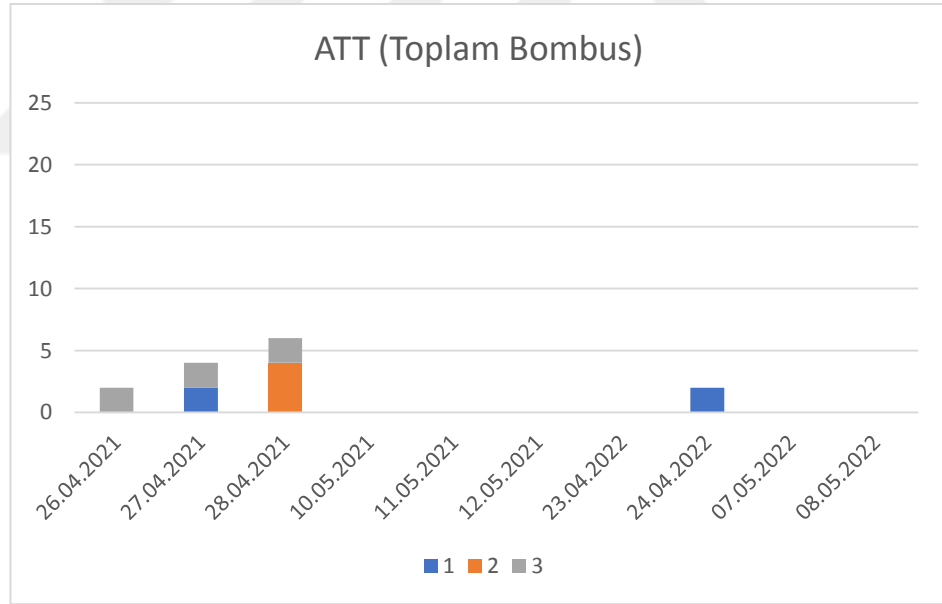
Grafiklerde mavi renk sabah 09.00-09.30, turuncu renk öğlen 11.00-11.30, gri renk öğleden sonra 13.00-13.30 saat aralığını temsil etmektedir.



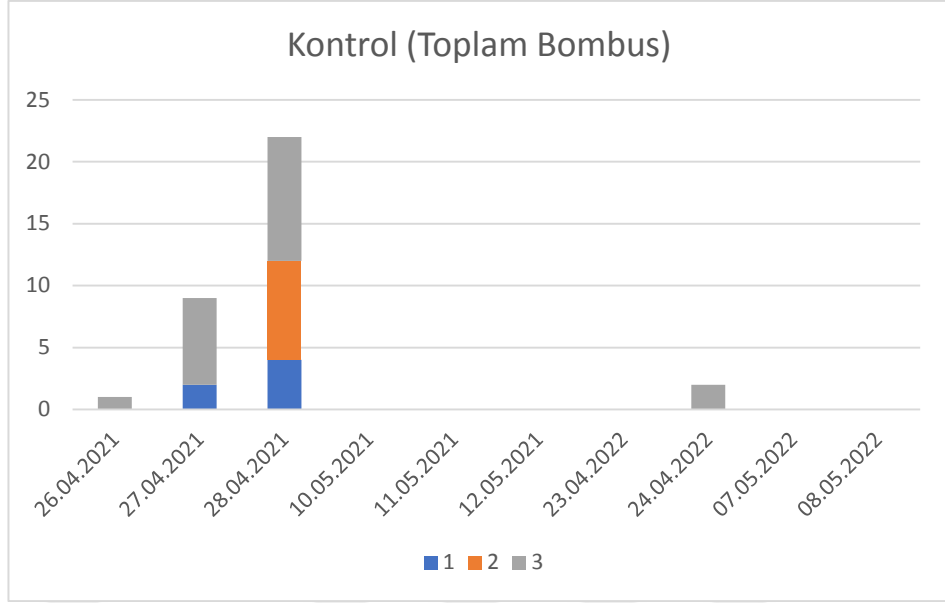
Şekil 4.2 ATT alanında gün içinde yapılan üç gözlem üç gözlem saatine göre bal arısı yoğunluğu



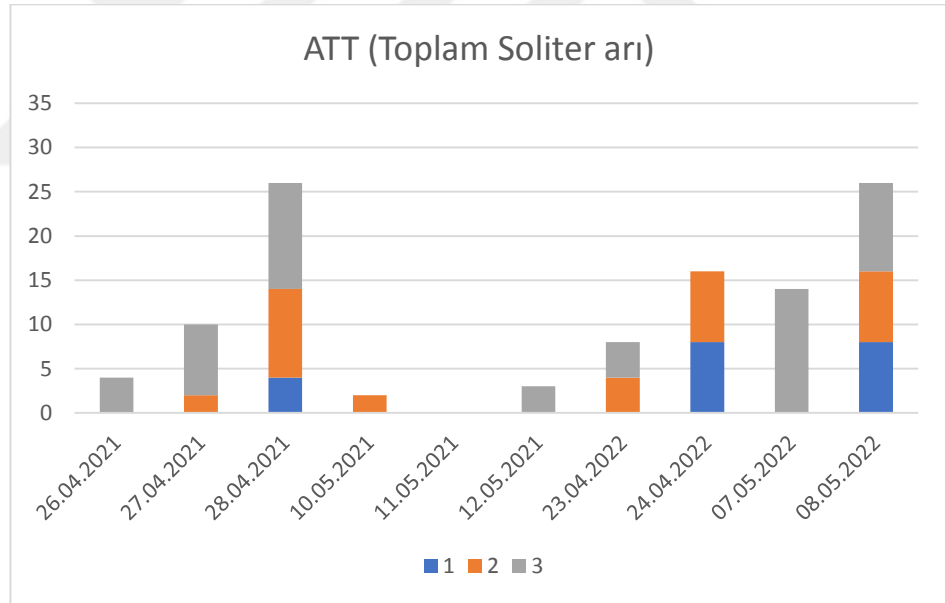
Şekil 4.3 Kontrol alanında gün içinde yapılan üç gözlem saatine göre bal arısı yoğunluğu



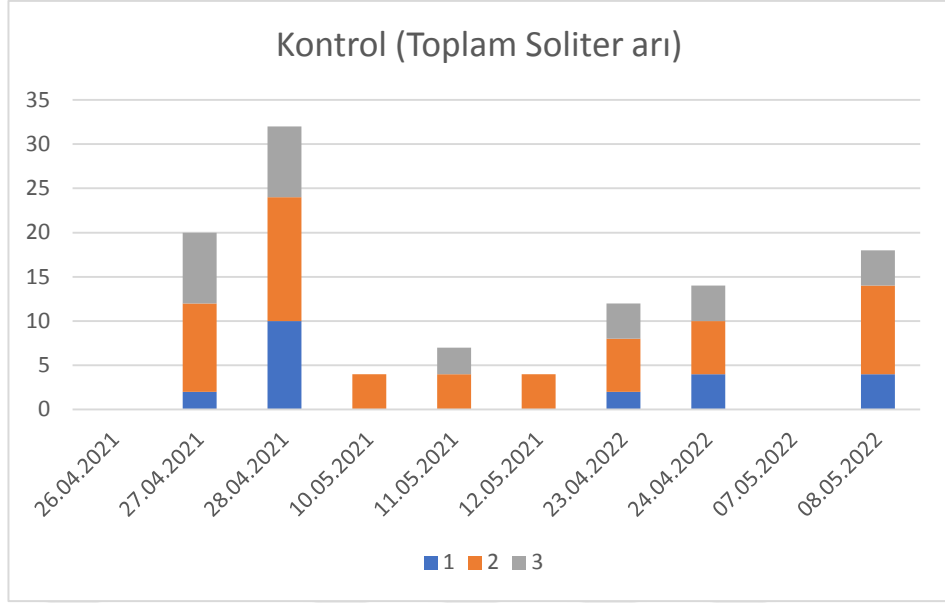
Şekil 4.4 ATT alanında gün içinde yapılan üç gözlem saatine göre bombus arısı yoğunluğu



Şekil 4.5 Kontrol alanında gün içinde yapılan üç gözlem saatine göre bombus arısı yoğunluğu



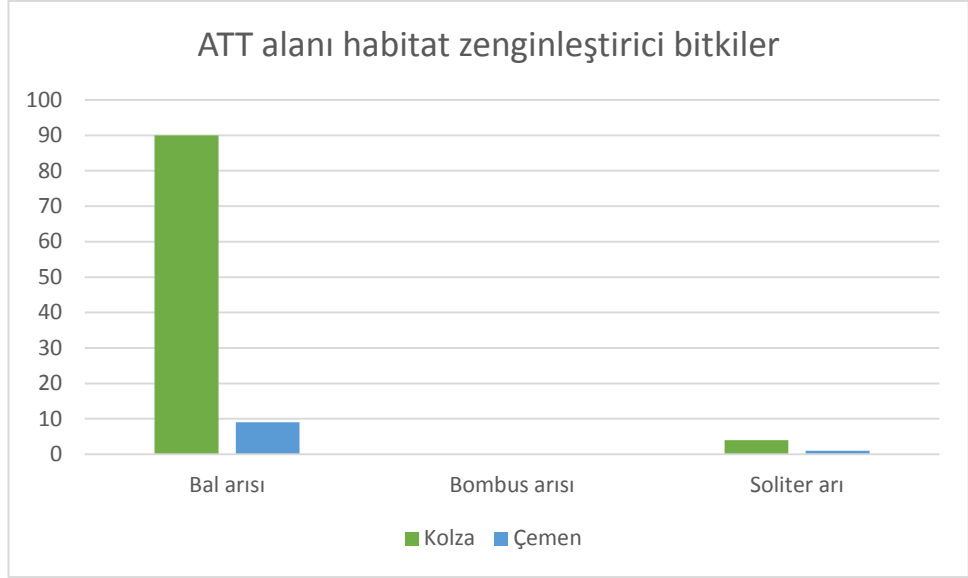
Şekil 4.6 ATT alanında gün içinde yapılan üç gözlem saatine göre soliter arı yoğunluğu



Şekil 4.7 Kontrol alanında gün içinde yapılan üç gözlem saatine göre soliter arı yoğunluğu

2021 yılında ATT alanında baklanın çiçeklenme dönemi boyunca habitat zenginleştirici bitkilerden (kolza, çemen, roka, karabuğday, acı bakla, reyhan) sadece kolza ve çemen bitkisi baklanın çiçeklenme döneminin sonuna ve arazi çalışmasının tarihine yetişerek çiçeklenmiştir. Bu sebeple, bakla çiçekleri alanda azaldığında arıların bu çiçeklere yöneldiği gözlenmiştir; bal arısı ve soliter arılar tarafından en yoğun ziyaret edilen bitki kolza olmuştur (Şekil 4.8).

Kontrol alanı ise monokültür bir alan olduğu için, baklanın çiçeklenme dönemi sona erdiğinde alan içerisinde arı aktivitesi gözlenmemiştir.



Şekil 4.8 ATT alanında çiçeklenen habitat zenginleştirici bitkiler ve ziyaret eden polinatör arılar



Şekil 4.9 ATT alanı habitat zenginleştirici bitkiler; solda çemen, sağda acı bakla



Şekil 4.10 ATT alanı habitat zenginleştirici bitkiler; solda karabuğday, sağda bezelye



Şekil 4.11 ATT habitat zenginleştirici bitkiler; solda kişniş, sağda kolza

2022 yılında ise yine yılında ATT alanında baklanın çiçeklenme dönemi boyunca habitat zenginleştirici bitkiler (çemen, bezelye, kişniş, acı bakla, karabuğday, kolza) çiçek açmamıştır. Baklanın çiçeklenme dönemi sonunda bu bitkiler çiçeklenmiştir ancak bu fenoloji arazi çalışmasının tarihleri ile örtüşmediğinden gözlem ve örneklem yapılamamıştır.



Şekil 4.12 Kolzayı ziyaret eden bir soliter arı

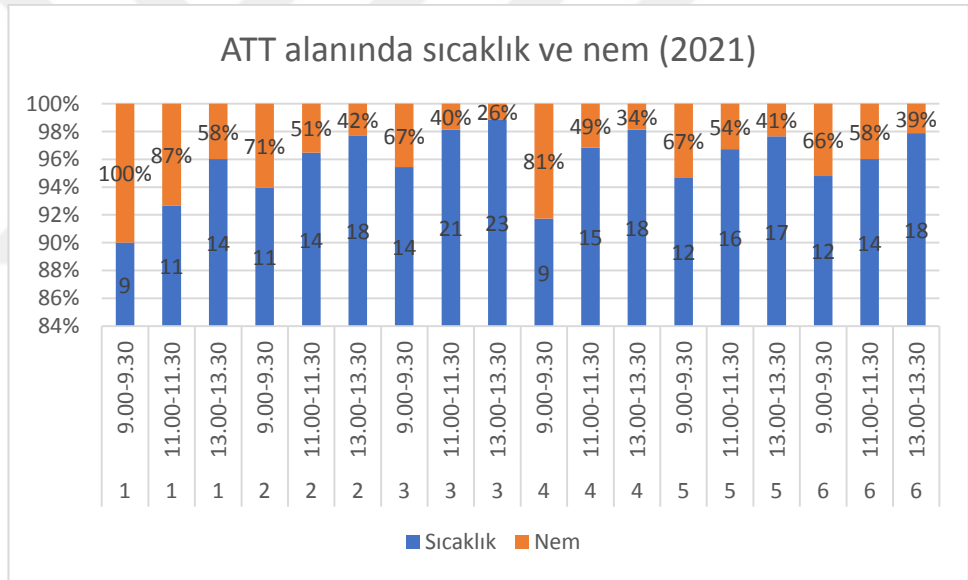
Her iki yılda da, gözlem çalışması sırasında hava koşulları ile ilgili olarak sıcaklık ve nem kayıtları alınmıştır (Şekil 4.13, Şekil 4.14, Şekil 4.15, Şekil 4.16).

Şekil 4.13 ve Şekil 4.15'te araziye gidilen tarihler 1-2-3-4-5-6 olarak verilmiştir;

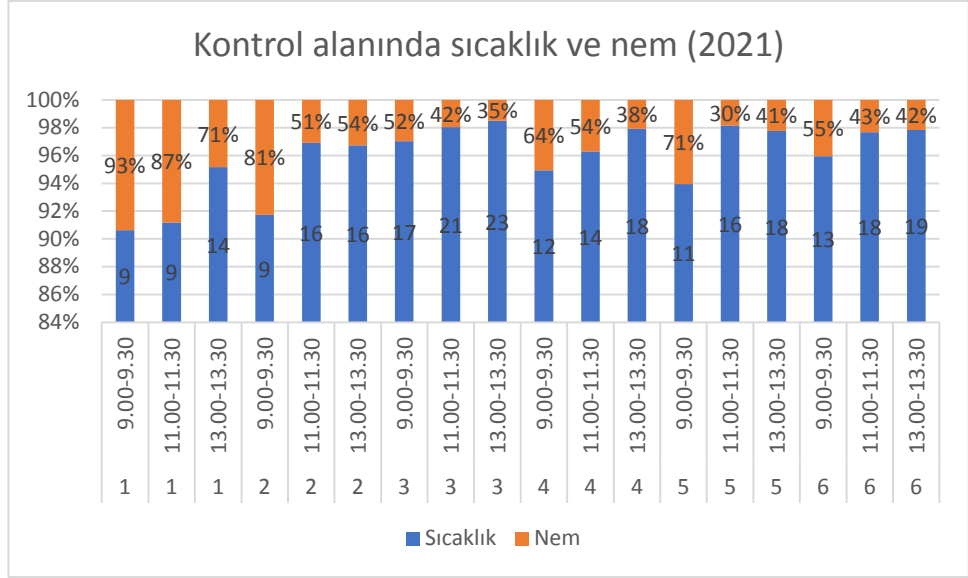
1- 26.04.2021, 2- 27.04.2021, 3- 28.04.2021, 4- 10.05.2021, 5- 11.05.2021, 6- 12.05.2021 şeklinde temsil edilmektedir.

Şekil 4.14 ve Şekil 4.16' da araziye gidilen tarihler 1-2-3-4 olarak verilmiştir;

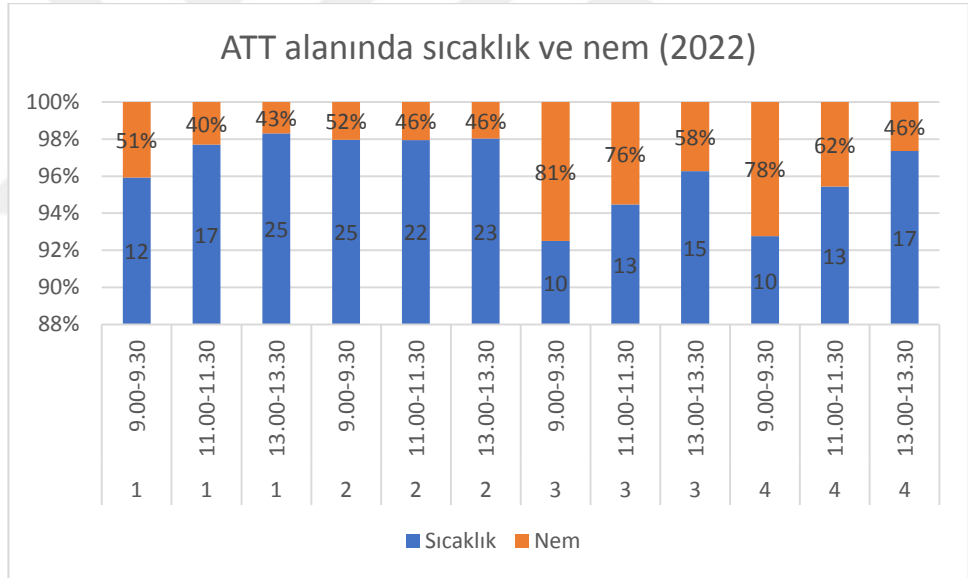
1- 23.04.2022, 2- 24.04.2022, 3- 07.05.2022, 4- 08.05.2022 olarak temsil edilmektedir.



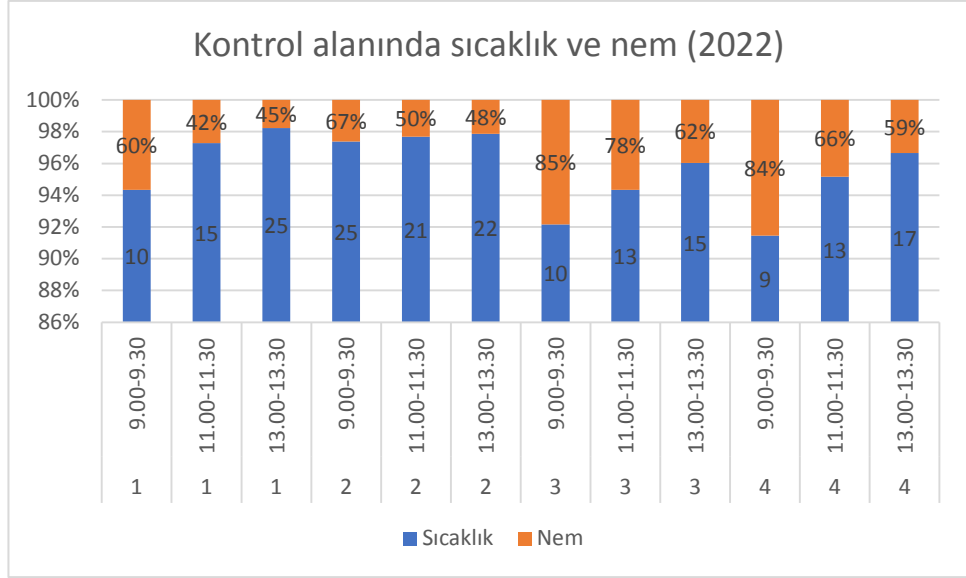
Şekil 4.13 ATT alanında sıcaklık ve nemin 2021 yılındaki dağılımı



Şekil 4.14 Kontrol alanında sıcaklık ve nemin 2021 yılındaki dağılımı



Şekil 4.15 ATT alanında sıcaklık ve nemin 2022 yılındaki dağılımı

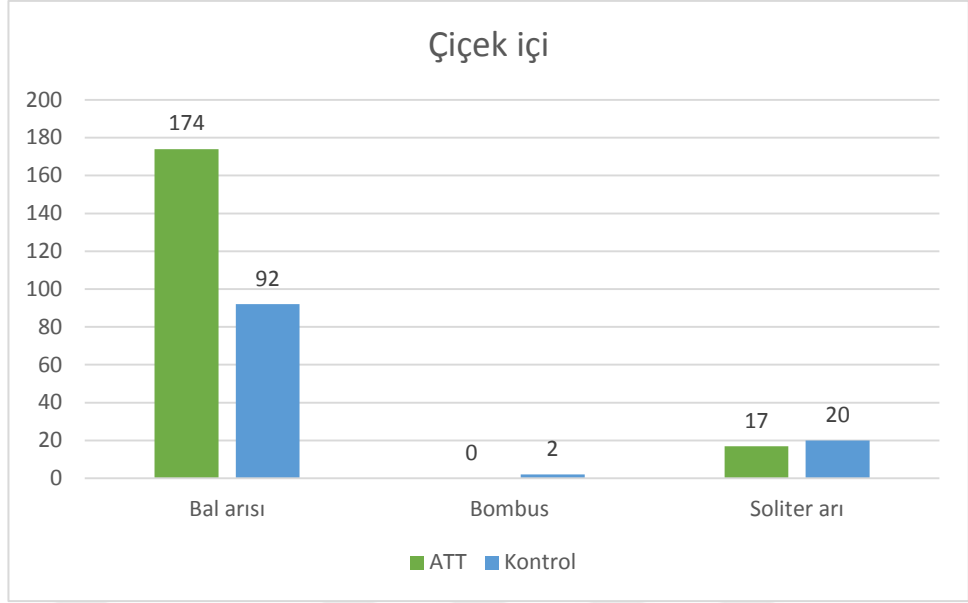


Şekil 4.16 Kontrol alanında sıcaklık ve nemin 2022 yılındaki dağılımı

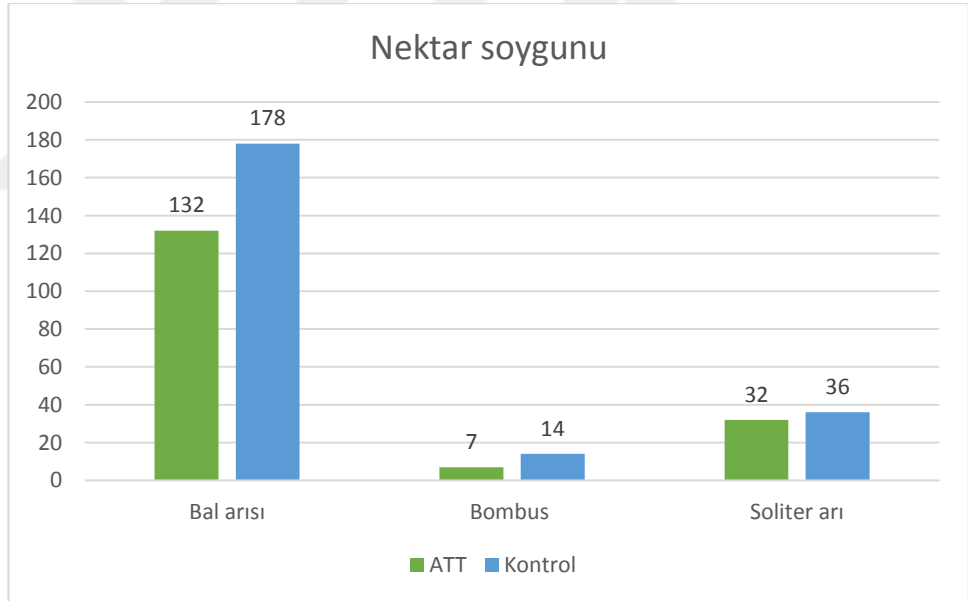
4.2 Bakla Çiçeğini Ziyaret Eden Polinatör Arıların Yiyecek Arama Davranışının Belirlenmesi

Polinatör arıların yoğunlukları ve sayılarının yanı sıra, yiyecek arama davranışları da incelenmiştir. Şekil 4.17 ve Şekil 4.18’ de gösterildiği üzere, her iki deneme alanında da bombus arılarında en çok gözlenen yiyecek arama biçimi çiçeğin korolla tabanını delerek nektar soygunu yapması şeklinde olmuştur. Bal arılarının, eğer çiçekler tamamen kapalıysa direkt olarak bombus arılarının çiçek tabanında açtığı nektar deliklerine yöneldiği gözlenmiştir; açık çiçeklerde ise öncelikli olarak nektar deliklerini tercih ettikleri, ancak çiçek içinden de nektar alarak çiçeğe pozitif ziyarette bulundukları gözlenmiştir. Soliter arıların, bombus arılarının aksine bal arıları gibi hem çiçek içini hem de nektar deliklerini tercih ettiği gözlenmiştir.

Her iki alanda da bir transect boyunca görülen arılardan, bal arıları ve soliter arıların hem çiçek içinden hem de korolla tabanından nektar soygunu yaparken (Şekil 4.17), bombus arılarının ise çoğunlukla korolla tabanından nektar soygunu yaptığı belirlenmiştir (Şekil 4.18).



Şekil 4.17 Arıların çiçek içinden nektar alma davranışı



Grafik 4.18 Arıların çiçek korolla tabanından nektar soygunu davranışı

4.3 Bakla Çiçeğini Ziyaret Eden Polinatör Arıların Morfolojik ve Moleküler Teşhisi

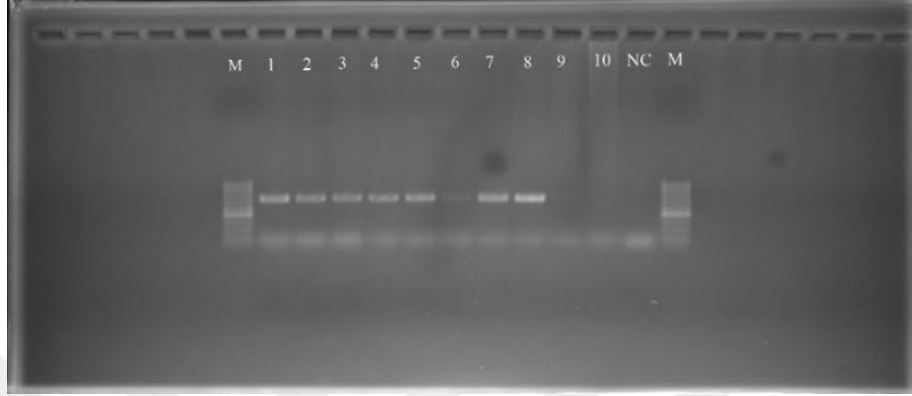
Gözlem çalışması sırasında toplanan örnekler için hem morfolojik hem de moleküler düzeyde tür teşhisi yapılmıştır. Morfolojik tür teşhisi sonucunda *Apis mellifera*, *Bombus terrestris*, *Xylocopa violacea* ve Apidae familyasına ait *Eucera* cinsi, Halictidae familyasına ait *Lasioglossum* cinsi ve Apidae familyasına ait *Anthophora* cinsi teşhis edilmiştir.

Morfolojik olarak taksonomik teşhis yüksek uzmanlık gerektirmektedir. Ancak kısa ve basit şekilde dikkat edilen bazı unsurlar Çizelge 4.1’de gösterilen ikili tür teşhis anahtarında gösterilmiştir.

Çizelge 4.5 Arıların morfolojik teşhislerinde basit ikili tür teşhis anahtarı (<https://escholarship.org/uc/item/7fb2588m>)

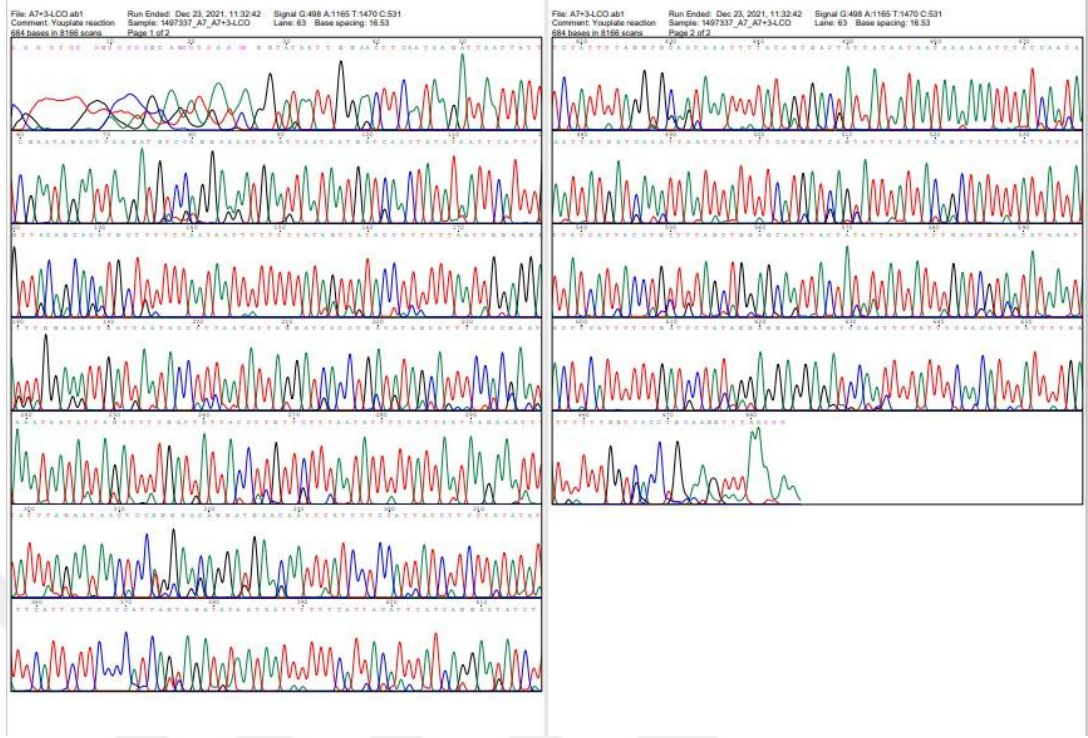
İncelenen arı,	Evet ise,	Hayır ise,
1. 10 mm’den büyük ve tüylü mü?	2.	3.
2. Arının üçüncü vücut kısmı üst yüzeyinde tüylerle kaplı mı?	<i>Bombus</i> sp.	<i>Xylocopa</i> sp.
3. Orta boy vücuda (10 mm) mı sahip?	4	5
4. Arının gözlerinde uzun tüyler var mı?	<i>Apis mellifera</i>	6
5. 10 mm’den küçük ve bacağına polen toplamaya yarayan uzun tüyler var mı?	6 (Halictini)	
6. Ön kanatların dış damarları diğer kanat damarlarına göre daha ince ve zayıf mı?	<i>Lasioglossum</i> sp.	

Daha detaylı tür teşhisi adına yapılan moleküler analizde, barkod bölgesi olan COI gen bölgesinden mitokondriyel DNA' lar elde edilmiştir. Bu örneklerle kurulan PZR agaroz jel görüntüsü Şekil 4.20' de verilmiştir.

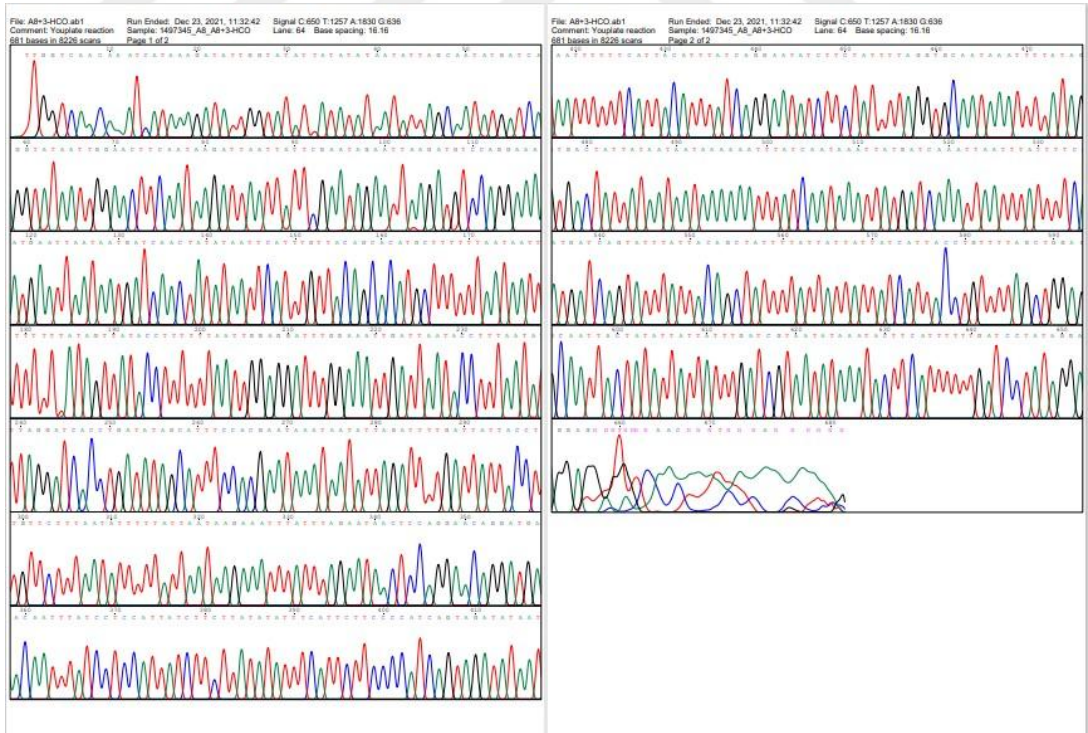


Şekil 4.19 Elektroforez jel görüntüsü

DNA dizi analizinde çıkan sonuçlar Chromas 2.6.6 programında incelenerek kromatogramlar FASTA formatına dönüştürülmüştür. Daha sonrasında NCBI programında BLAST aracılığıyla teyit edilmiştir. Barkod bölgesi (COI) çalışılan arı türlerinin morfolojik teşhisleri doğrulanarak türlerin *Eucera nigrescens* (Pérez, 1879), *Apis mellifera* (Linnaeus, 1758), *Bombus terrestris* (Linnaeus, 1758), *Xylocopa violacea* (Linnaeus, 1758), *Anthophora plumipes* (Pallas, 1772), *Lasioglossum marginatum* (Brullé, 1832) olduğu belirlenmiştir. Yapılan işlemler Şekil 4.20, Şekil 4.21, Şekil 4.22 ve Şekil 4.23' de *Eucera nigrescens* üzerinden örnek olarak gösterilmiştir.



Şekil 4.20 *Eucera nigrescens* LCO primeri ile okunan mtDNA kromatogramı



Şekil 4.21 *Eucera nigrescens* HCO primeri ile okunan mtDNA kromatogramı (reverse complement)

```
>Eucera nigrescens LCO+HCO primers FASTA
GAATAGAATTAAGATGTCCAGGAAATGAATTAATAATGATCAACTATATAATTCATTG
TTACAGCACATGCTTTTTTAATAATTTTTTTATAGTTATACCTTTTTTAATTGGAGGAT
TTGGAAATTGATTAATACCTTTAATATTAGGATCACCTGATATAGCATTTCACGAATAA
ATAATATTAGATTTTGATTATTACCTTGTTCTTTAATTTTTTTATTAATAAGAAATTTAT
TTAGAATAACTCCAGGAACAGGATGAACAATTTATCCTCCATTATCTTCTTATATATTTTC
ATTCTTCCCATCAGTAGATATAATAATTTTTTTCATTACATTTATCAGGAATATCTTCTA
TTTTAGGTGCAATAAATTTTATAGTGACTATTATAATAATAAAAAATTTATCAATAAATT
ATGATCAAATTAATTTATTTTCATGATCAGTATTTATTACAGCTATTTTATTATTATTAT
CATTACCTGTTTTAGCTGGAGCAATTACTATATTATTATTTGATCGTAATATAAATACTT
CATTTTTTGATCCTATAGGAGGAGGAGATCCAATTTTATTTCAACATTTATTTTGATTTT
TATAATTGGAACCTCAATAAGATTAATTATTCGAATAGAATTAAGATGTCCAGGAAATG
AATTAATAATGATCAACTATATAATTCATTTGTTACAGCACATGCTTTTTTAATAATTTT
TTTTATAGTTATACCTTTTTTAATTGGAGGATTTGGAAATTGATTAATACCTTTAATATT
AGGATCACCTGATATAGCATTTCACGAATAAATAATATTAGATTTTGATTATTACCTTG
TTCTTTAATATTTTTATTAATAAGAAATTTATTTAGAATAACTCCAGGAACAGGATGAAC
AATTTATCCTCCATTATCTTCTTATATATTTTCATTCTTCCCATCAGTAGATATAATAAT
TTTTTCATTACATTTATCAGGAATATCTTCTATTTTAGGTGCAATAAATTTTATAGTGAC
TATTATAATAATAAAAAATTTATCAATAAATTATGATCAAATTAATTTATTTTCATGATC
AGTATTTATTACAGCTATTTTATTATTATTCATTACCTGTTTTAGCTGGAGCAATTAC
TATATTATTATTTGATCGTAATATAAATACTTCATTTTTTGATCCTATAGGAG
```

Şekil 4.22 *Eucera nigrescens* FASTA formatı

Sequences producing significant alignments									
Download Select columns Show 100 ?									
select all 100 sequences selected									
GenBank Graphics Distance tree of results MSA Viewer									
	Description	Scientific Name	Max Score	Total Score	Query Cover	E value	Per. Ident	Acc. Len	Accession
☒	Eucera nigrescens voucher ad18 cytochrome oxidase subunit 1 gene, partial cds, mitochondrial	Eucera nigrescens	1184	2343	96%	0.0	100.00%	1424	MG251073.1
☒	Eucera nigrescens voucher EU31 cytochrome c oxidase subunit I (COX1) gene, partial cds, mitochondrial	Eucera nigrescens	1177	2271	94%	0.0	99.69%	654	MN961662.1
☒	Eucera nigrescens voucher EU19 cytochrome c oxidase subunit I (COX1) gene, partial cds, mitochondrial	Eucera nigrescens	1173	2266	94%	0.0	99.84%	638	MN961659.1
☒	Eucera nigrescens voucher BC ZSM HYM 08747 cytochrome oxidase subunit 1 (COI) gene, partial cds, mitoch...	Eucera nigrescens	1162	2321	96%	0.0	100.00%	658	KJ838368.1
☒	Eucera nigrescens voucher EU32 cytochrome c oxidase subunit I (COX1) gene, partial cds, mitochondrial	Eucera nigrescens	1160	2238	93%	0.0	99.84%	641	MN961661.1
☒	Eucera nigrescens voucher BC ZSM HYM 19375 cytochrome oxidase subunit 1 (COI) gene, partial cds, mitoch...	Eucera nigrescens	1158	2275	94%	0.0	99.84%	637	KJ836516.1
☒	Eucera nigrescens voucher TO1700008 cytochrome oxidase subunit 1 (COI) gene, partial cds, mitochondrial	Eucera nigrescens	1158	2316	95%	0.0	100.00%	655	MT869854.1
☒	Eucera nigrescens voucher TO1800088 cytochrome oxidase subunit 1 (COI) gene, partial cds, mitochondrial	Eucera nigrescens	1157	2310	95%	0.0	100.00%	652	MT870561.1
☒	Eucera nigrescens voucher BC ZSM HYM 08297 cytochrome oxidase subunit 1 (COI) gene, partial cds, mitoch...	Eucera nigrescens	1155	2306	96%	0.0	99.68%	658	KJ836918.1
☒	Eucera nigrescens voucher TO1800119 cytochrome oxidase subunit 1 (COI) gene, partial cds, mitochondrial	Eucera nigrescens	1155	2308	95%	0.0	100.00%	651	MT870241.1

Şekil 4.23 *Eucera nigrescens* NCBI BLAST sonucu tür tayini

Teşhis edilen soliter arıların Şekil 4.24 ve Şekil 4.25’da temsili fotoğrafları verilmiştir.



Şekil 4.24 Soliter arılar; solda *Anthophora plumipes*
(<https://eol.org/pages/1045720/media>), sağda *Eucera nigrescens*
(<https://eol.org/pages/2755820/media>)



Şekil 4.25 Soliter arılar; solda *Lasioglossum marginatum*
(<https://eol.org/pages/2743947/media>), sağda *Xylocopa vioaleca*
(<https://eol.org/pages/2760163/media>)

5. TARTIŞMA VE SONUÇ

Bu tez çalışması kapsamında 2021 ve 2022 yıllarında yapılan çalışmada, Çaycuma/Zonguldak bölgesinde ekimi yapılan bakla bitkisinin polinatör arıları belirlenmiştir. Bunun için iki farklı tarım sistemiyle yönetilen tarlalar deneme alanı olarak seçilmiştir. Alternatif Tozlaştırıcılarla Tarım (ATT) sistemi ile yürütülen bakla tarlası ile monokültür ürün olarak sadece bakla ekili olan Kontrol tarlası, polinatör arı sayısı ve çeşitliliği açısından karşılaştırılarak, arıların yiyecek arama davranışları incelenmiştir. Belirlenen türler, bal arısı, bombus arısı ve soliter arı olmak üzere üç ana başlık olarak kayıt altına alınmıştır.

5.1 Bakla Çiçeklerini Ziyaret Eden Polinatör Arı Türlerinin ve Yoğunluklarının Belirlenmesi

Her iki deneme alanında da bal arısı *Apis mellifera*, *Bombus terrestris*, soliter arılar (*Eucera nigrescens*, *Xylocopa violacea*, *Anthophora plumipes*, *Lasioglossum marginatum*) bakla çiçeğini ziyaret eden türler olarak belirlenmiştir. Alanlarda en yoğun olarak görülen tür *Apis mellifera* iken en az yoğunlukta görülen tür *Bombus terrestris* olmuştur. Benzer şekilde yürütülen bir çalışmada, inceleme yapılan bakla tarlasında en yoğun grubun bal arısı *Apis mellifera* olduğu bildirilmiştir. Alandaki bombus arısı çeşitliliği incelendiğinde ise en yaygın türün *Bombus terrestris* olduğu belirlenmiştir (Lönnqvist 2019). Bir başka çalışmada ise en yoğun türün *Apis mellifera* olduğu ve onu takip eden türün *Bombus* spp. olduğu gözlenmiştir (Kyllönen 2018).

Cezayir’de yapılan bir çalışmada, Benachour vd. 2013, baklanın ana polinatörlerini *Eucera numida*, *Apis mellifera* ve *Xylocopa violacea* olarak belirlemiştir. Bunların arasından soliter arı olan *Eucera numida*’nın en sık ve yoğun gözlenen tür olduğu bildirmiştir. Sonuçlarımıza benzer şekilde, ziyaretçi olarak belirlenen arıların aynı cinslere ait türler olduğu görülmüştür, ancak bal arısı ve bombus arıları alanlarda yoğunluk bakımından farklılık göstermektedir.

ATT alanı ile Kontrol alanı karşılaştırıldığında, bal arısı sayısı bakımından ATT alanının Kontrol alanından daha zengin olduğu görülmekle birlikte bombus arısı sayısının Kontrol alanında daha fazla olduğu görülmüştür. Burada, bakla ekimi için seçilen tarlaların konumları göz önünde bulundurularak bir değerlendirme yapılabilir. Her ne kadar ATT alanı polinatörler için faydalı çiçek kaynakları sunsa da Kontrol alanının etrafındaki çevre vejetasyonun bombus arıları için ekstra besin kaynağı sağladığı ve ortamın yuvalanma için uygun olduğu düşünülebilir. Yaptığımız çalışmada, bu bölgenin çevre vejetasyonu da kayıt altına alınmaya çalışılmıştır. Teşhis edilebilen bitkiler *Veronica* sp., *Taraxacum* sp., *Ranunculus* sp. olarak kaydedilip fotoğraflanmıştır (Şekil 5.1 ve Şekil 5.2).



Şekil 5.1 Kontrol alanı çevre vejetasyonu; solda *Ranunculus* sp., sağda *Taraxacum* sp.



Şekil 5.2 Kontrol alanı çevre vejetasyonu; *Veronica* sp.

Arıların çevre vejetasyondaki bu bitkileri de ziyaret ettiği gözlenmiştir. Bölgenin zengin vejetasyonu sayesinde, tarım alanlarının küçük ölçekte olmasının ve monokültürün getirdiği olumsuz etkinin minimize edildiği düşünülmektedir.

Bununla ilgili olarak yapılan bir çalışmada, tarımsal alanlardaki yabani vejetasyona ait çiçeklerin farklı nektar, polen ve fenolojilerinin arılar için önemli olduğu vurgulanmıştır. Yine bakla ekili ATT ve Kontrol alanları karşılaştırılarak yapılan bu çalışmada, sonuçlarımıza paralel olarak, iki tarımsal alanda da gözlenen *Bombus terrestris* ve *Apis mellifera*'nın diyetleri için ek çiçek kaynağı olarak yabani bitkilerle destekledikleri belirlenmiştir (Sentil vd. 2022).

Tarımsal alanların çevresindeki yabani vejetasyonun bakımı çiftçiler için pek de mümkün değildir. Çünkü ek iş gücü, vakit ve maddiyat gerektirecektir. Ancak ATT

yaklaşımı ile çiftçiler ana ürünü destekleyen habitat zenginleştirici bitkilerden de ürün sağlayarak ek kazanç elde edeceklerdir. Bu sebeple ATT yaklaşımı çiftçiler tarafından da daha kabul edilebilir bir yaklaşım olarak düşünülebilir.

Çalışmamızda bal arısı ve bombus arısından farklı olarak, soliter arıların ATT ve Kontrol alanında eşit sayıda olduğu belirlenmiştir. 2021 yılında ATT alanında bakla çiçeklenmesinin sonunda kolza ve çemen bitkisi çiçeklenmeye başlamıştır ve alandaki bal arıları ve soliter arılar onların çiçeklerini kaynak olarak kullanmıştır. Şekil 4.1’de gösterilen sonuçlar, yan bitkilerde gözlenen arı sayısı ele alınmadan değerlendirilmiştir. Habitat zenginleştirici bitkiler olarak kolza ve çemendeki arı sayısı da bu gözlemlere eklendiğinde, ana ürün olan baklanın çiçeklenme dönemi sona erdiğinde dahi alanda bal arısı ve soliter arıların devamlılığı gözlenmiştir (Şekil 4.8). ATT alanı, ekili pazarlanabilir bir ana ürünün, yine pazarlanabilir değeri olan farklı ürünlerle desteklenerek yürütüldüğü bir tarım alanıdır. Yan bitki olarak ekilen bu ürünler, çiçeklenme zamanı, çiçek şekli, kokusu, yüksekliklerine göre seçilmektedir. Fenolojileri, özellikle çiçeklenme zamanı ana ürünle kimi zaman paralel şekilde, kimi zaman ana ürün çiçeklenmesinden öncesi veya sonrası ile örtüşmesine dikkat edilerek seçilmektedir. Bu sayede alandaki polinatör varlığının devamlılığı sağlanmak amaçlanmıştır. Bu yaklaşımın hem çiftçi için hem de polinatörler için pozitif yönde etkinliği çeşitli çalışmalarla gösterilmiştir (Christmann 2020, Christmann vd. 2021, Sentil vd. 2021, Sentil vd. 2022).

Çalışmamızda 2022 yılında bakla çiçeğinin fenolojisi ile yan bitki çiçeklerinin fenolojisi, arazi çalışması yapılan tarihlerle örtüşmemiştir. Bu sebeple yan bitkiler incelenememiştir. Bu fenolojik uyumsuzluğun sebepleri arasında toprağın bitkiler için uygunluk durumuyla birlikte, havanın geç ısınması, yağışların uzun süreli olması gibi çeşitli iklimsel koşullar yer alabilir.

Bakla çiçeğinde nektar salgılanması, çiçeğin açık olduğu saatlerde en yüksek seviyededir (Pierre 1996). Cezayir’de yürütülen bir çalışmada, araştırmacılar en yoğun gözlenen 2 türün *Apis mellifera* ve soliter bir arı olan *Eucera numida* olduğunu belirlemiştir. Çiçeklerin açılması ve nektar üretmesi öğleden sonra en yüksek seviyeye

ulaştığı için, çiçek öğleden sonra daha fazla nektar ve polene sahiptir. Bu sebeple bu 2 türün de çiçek ziyaretlerinin sabah 11:00 ile öğleden sonra 15:00 arasında en yoğun şekilde gerçekleştiği bildirilmiştir (Karima 2022). Buna paralel olarak, çalışmamızda arıların çiçeği ziyaret etme durumu gün boyunca çiçeğin nektar ürettiği saatlerle senkronize olarak incelendiğinde, ziyaretlerin üç arı grubunda da (bal arısı, bombus arısı ve soliter arılar) alanda maksimum sayıda açık çiçeğin olduğu zaman aralığı olan saat 11.00-11.30 ve 13.00-13.30 aralığında daha yoğun gerçekleştiği görülmüştür.

Her iki deneme alanında bal arılarının 2021 yılındaki sayı ve yoğunluğunun, 2022 yılında düştüğü görülmektedir (Şekil 4.2 ve Şekil 4.3). Bu durumu etkileyen çeşitli sebepler olabilir. Örneğin, 2022 yılında daha az sayıda gözlem çalışmasına gidilmiş olması ve alanlarda dönüşümlü de olsa farklı kişilerin bulunup sayım yapması gözlem kalitesini etkileyen faktörlerdendir. İklimsel koşullar da arı aktiviteleri için önemli rol oynamaktadır. 2022 yılında havanın geç ısınması çiçeklenmenin geç gerçekleşmesine neden olmuştur, bu da arıların sayılarında azalışı tetiklemiş olabilir. Çalışmamızın yapıldığı deneme alanlarında pestisit kullanılmamakla birlikte, çevre vejetasyon veya ekili diğer mahsüller için kullanılan pestisitler arı ölümlerine sebep olmuş olabilir, bu da arı düşüşlerini etkilemiş olabilir. Alanlar seçilirken etrafında kovan arıcılığı yapılmamasına dikkat edilmektedir. Ancak 2021 yılındaki bal arısı yoğunluğu alanlar etrafında gezginci arıcılık yapan birilerinin olduğunu da akla getirebilmektedir; 2022 yılında ise bu kişinin gitmesi nedeniyle bal arılarında azalış gerçekleştiği düşünülebilir.

Soliter arılarda bal arılarındaki gibi böyle bir düşüş gözlenmemiştir (Şekil 4.6 ve Şekil 4.7). Gün içi sıcaklık yükselişi nedeniyle çiçeklerin açılması ve buna bağlı olarak nektar salınımında artışın yaşanması, saatlere göre sayılarında artış gerçekleşmesine neden olmuş olabilir. Ayrıca bu artış, birbirleriyle besin kaynakları hakkında iletişim kurduklarını düşündürmektedir. Ayrıca bal arıları ve bombus arılarına göre daha fazla ve geniş tür aralığına sahip oldukları için sayı ve yoğunluklarının azalmadığı düşünülebilir.

Yaptığımız gözlem çalışmalarında, hava koşullarının çiçek açılmasını ve bununla birlikte arı aktivitesini etkilediği fark edilmiştir; hava 15 °C'nin altında ve yağışlı

olduğu zaman, çiçeklerin kapalı olduğu ve arı aktivitesinin düştüğü gözlemlenmiştir. Örneğin çalışmamızdaki gözlem tarihlerinden 26.04.2021 tarihinde ATT alanında sabah 09.00-09.30 arasında yapılan ilk gözlemde, hava sıcaklığı 9 °C ve nem %100 (Şekil 4.13), Kontrol alanında hava sıcaklığı 9 °C ve nem %93 iken (Şekil 4.14), düşük sıcaklık ve yüksek nem sebebiyle iki alanda da arı aktivitesi kaydedilememiştir. Havanın soğuk ve nemli olması arı aktivitesini sınırlandırmıştır. Öğleden sonra saat 13.00-13.30 arasındaki gözlemde ise, ATT alanında sıcaklık 14 °C ve nem %58 (Şekil 4.13), Kontrol alanında sıcaklık 14 °C ve nem %71 iken (Şekil 4.14) alanlarda hem bal arısı hem soliter arı aktivitesinin başladığı kaydedilmiştir. Bir başka örnek olarak, 07.05.2022 tarihinde ATT alanında sabah 09.00-09.30 saatindeki gözlemde sıcaklık 10 °C ve %81 nem (Şekil 4.15), Kontrol alanında da 10 °C ve %85 nem varken (Şekil 4.16) ve yağmur yağması sebebiyle arı aktivitesi kaydedilememiştir. Ancak 13.00-13.30 aralığı olan son gözlem saatinde ATT alanında sıcaklık 15 °C ve %62 nem (Şekil 4.15), Kontrol alanında 15 °C ve %58 nem (Şekil 4.16) durumunda havanın ısınmaya başlaması soliter arı etkinliğini artırmıştır, bal arısı ise düşük sayılarda kayıt altına alınabilmiştir. Sıcaklığın etkisi ile ilgili olarak Finlandiya’da yapılan bir çalışmada, arı aktivitesinin gözlenmesi için hava sıcaklığı minimum 15 °C olarak belirlenmiştir. Gözlem yapılan çoğu zaman sıcaklık minimum derecenin altında kaldığı için bal arısı polinasyonunun hava koşullarına önemli ölçüde bağlı olduğu bildirilmiştir (Kyllönen 2018).

5.2 Bakla Çiçeğini Ziyaret Eden Polinatör Arıların Yiyecek Arama Davranışının Belirlenmesi

Bakla polinasyonu üzerine yapılan çalışmalarda polinatör arıların, nektar ve polen toplamak için her zaman çiçeğin içini tercih etmesi, çiçeğin korolla tabanından nektar soygunu yapması ve aynı zamanda çiçek içini tercih etmesi ve sadece çiçeğin korolla tabanını tercih etmesi olmak üzere, 3 farklı yiyecek arama davranışı gösterdikleri bildirilmiştir (Duc 1997). Bu davranışlar arıların dil uzunlukları ile çiçeğin nektarına erişebilirlikleri arasındaki ilişkiden kaynaklanabilmektedir.

ATT ve Kontrol alanlarındaki arı türleri bir transect boyunca izlendiğinde, diğer bombuslara nispeten kısa dilli bir tür olan *Bombus terrestris*'in çiçeklerin korolla tabanında nektar delikleri açtığı görülmüştür. *Apis mellifera* ve *Xylocopa violacea*'nın da daha sonrasında bu nektar deliklerini kullandıkları, ancak nektara ulaşmak için çiçek içine de yöneldikleri belirlenmiştir. Uzun dilli soliter bir tür olan *Eucera nigrescens*' in çiçeği nektar alabilmek için içinden ziyaret ettiği gözlenmiştir. *Anthophora plumipes*'in çiçeği ziyaret şekli hakkında bir gözlem yapılamamasıyla birlikte, uzun dilli bir tür olduğu için çiçeği nektar almak adına içinden ziyaret ettiği düşünülmektedir. *Lasioglossum marginatum* ise çiçek içinde gözlenmiştir. Ancak kısa dilli bir tür olduğu için çiçeği nektar almak için değil polen toplamak için ziyaret ettiği düşünülmektedir.

Arıların çiçekleri nektar ve polen kullanabilmelerinin, vücut büyüklükleriyle de orantılı olduğu görülmektedir. Daha büyük vücut büyüklüğüne sahip arılar derin korollal çiçek yapısına sahip, nektara ulaşması zor olan çiçekleri daha rahat kullanabilmektedir. (Chole vd. 2019). Bal arıları da vücut yapıları gereği, bakla çiçeğinin taç yapraklarını ittirerek nektara ulaşabilmek için bombus arıları kadar güçlü değildir ve uzun dilli arılara kıyasla nispeten kısa dil yapısına sahiptirler. Bu sebeple bakla çiçeklerinde zaman zaman bombus arılarının açtığı nektar deliklerini kullanmaktadırlar. Çalışmamızda Kontrol alanındaki bal arılarının nektar soygunu davranışını, ATT alanından daha fazla gerçekleştirdiği belirlenmiştir. Kontrol alanındaki bombus arılarının ATT alanındakilerden sayıca fazla olması (Şekil 4.1), oradaki çiçeklerde daha fazla nektar deliği açıldığı anlamına gelebilir. Bu da dolayısıyla Kontrol alanında bal arılarının daha fazla nektar soygununa yöneldiğini açıklayabilmektedir.

Arıların bakla çiçeğini bu farklı şekillerdeki ziyaretinin, vücut yapıları ile ilgili olabileceği önceki çalışmalarda da gösterilmiştir. Marzinzig ve ark. (2018), arılarda gözlenen bu yiyecek arama davranışlarının dil uzunluğu ile ilgili olarak türe özgü olduğunu bulmuştur. Bakla çiçeğinin morfolojik yapısı uzun taç yapraklara sahip olduğu için, uzun dilli ve orta dil uzunluğuna sahip bombus arılarının ve soliter arıların nektara ulaşabildikleri ve bu sayede çiçeği iç kısmından pozitif olarak ziyaret edebildiklerini belirlemiştir. Uzun dilli arılara göre nispeten kısa dil yapısına sahip olan

Bombus terrestris ve *Apis mellifera*'nın ise çoğunlukla korolla tabanından nektar soygunu yaptıklarını görmüştür.

Benzer bir çalışmada uzun dilli bir soliter arı olan *Eucera pulveracea*'nın bakla çiçeğine her zaman çiçek içinden pozitif ziyarette bulunduğu belirlenmiştir. Ayrıca araştırmacılar, *Bombus terrestris*'in polinasyon ziyareti yapmayıp çiçek korolla tabanında delikler açtıklarını bulmuşlardır. Bu deliklerden *Apis mellifera* ve *Xylocopa violacea*' da faydalanmıştır. (Aouar-Sadli 2008).

5.3 Bakla Çiçeğini Ziyaret Eden Polinatör Arıların Morfolojik ve Moleküler Teşhisi

Yüksek uzmanlık gerektiren ve uzun vakitler ayrılması gereken morfolojiye dayalı taksonomik teşhisler, zaman zaman bazı zorluklarla karşılaşmaktadır. Bunların başında teşhisi yapılacak örneklerin doğru muhafaza edilememesi sonucu bozulması gelmektedir. Morfolojik olarak zarar görmüş örneklerin teşhisinin yapılması zor olduğundan mitokondriyal sitokrom-c oksidaz alt birim 1 (CO1) geninin yaklaşık 650 baz çiftlik bölgesini çoğaltan DNA barkodlama tekniği geliştirilmiştir (Keskin ve Atar 2012).

DNA barkodlama, herhangi bir organizmaya ait DNA'nın PZR teknikleri ile çoğaltılacak büyüklükteki kısa ve standart bir fragmanın dizilenerek türünün belirlenmesini sağlayan taksonomik bir yöntem olarak ifade edilmektedir (Yatkın ve Güz 2018).

Bu çalışmada, %70'lik etil alkol içerisinde muhafaza edilen örneklerde yaşanan çeşitli morfolojik bozulmalar, moleküler olarak tür teşhisinin yapılmasını gerekli kılmıştır. Türlerde barkod bölgesinin seçilmesinin nedeni, bu bölgenin evrensel bir biyolojik tanımlama sistemi prensibine sahip olmasıdır (Keskin ve Atar 2012).

Çalışmamızda bal arısı *Apis mellifera*, *Bombus terrestris* ve soliter arılar *Xylocopa violacea* ve Apidae familyasına ait *Eucera* ve *Anthophora* cinsi, Halictidae familyasına

ait *Lasioglossum* cinsi morfolojik olarak teşhis edilmiştir. Cins düzeyinde kalan örneklerde barkod bölgesi çalışılarak tür düzeyine inilmiştir. Morfolojik teşhisleri tam olarak yapılan örneklerin ise moleküler olarak doğrulanması yapılmıştır.

Sonuç olarak, bu tez çalışması Çaycuma/Zonguldak bölgesinde, Almanya Federal Çevre, Doğa Koruma ve Nükleer Güvenlik Bakanlığı'na desteklenen ve yürütücülüğünü ICARDA'nın yaptığı “Artan İklim Değişimine Karşı Polinatör Çeşitliliğinin Korunması” isimli projeye ait 300 m2 lik bir ATT ve bir de Kontrol olarak belirlenen iki adet bakla deneme tarlasında gerçekleştirilmiştir. Bu deneme alanlarında bakla çiçeğine gelen arılar gözlemlenmiş, besin arama davranışları incelenmiş, morfolojik ve moleküler teşhislerle belirlenmiştir. Çiçeği ziyarete gelen türlerin iki deneme alanında da bal arısı *Apis mellifera* (Linnaeus, 1758), *Bombus terrestris* (Linnaeus, 1758), soliter arılar *Eucrea nigrescens* (Pérez, 1879), *Xylocopa violacea* (Linnaeus, 1758), *Anthophora plumipes* (Pallas, 1772), *Lasioglossum marginatum* (Brullé, 1832) olduğu görülmüştür. Türkiye’de baklanın polinatör arıları ve bakla polinasyonu üzerine yeterince çalışma yapılmamıştır. Elde edilen bu verilerle, baklanın hem sosyal hem de soliter arıları ilk kez belirlenmiştir. Yaptığımız çalışmada ATT alanı ile Kontrol alanında yapılan transect ve yiyecek arama davranışı gözlemlerinde arı sayıları toplanıp karşılaştırıldığında;

2021 yılında ATT alanında 733, Kontrol alanında 695 adet polinatör arı belirlenmiştir.

2022 yılında ATT alanında 139, Kontrol alanında 100 adet polinatör arı belirlenmiştir. Bu sayılara göre ATT alanının toplam arı adedinde her iki yılda da daha fazla arıyı çektiği görülmektedir. ATT alanı, 2021 yılında Kontrol alanından yaklaşık %5 daha fazla arı çekerken, 2022 yılında total sayı düşmesine rağmen, oransal olarak arı sayısını %40’ a kadar artırdığı görülmektedir. Ancak yapılan istatistiksel analiz, 0.05 anlamlılık düzeyinde, iki deneme alanı arasında arı sayısı açısından her iki yılda da anlamlı bir fark olmadığını göstermektedir ($p>0.05$). Ziyarete gelen arıların çeşitliliğinde ise (bal arısı, bombus arısı ve soliter arılar) anlamlı bir fark bulunmuştur ($p<0.05$). Yaptığımız arazi ve gözlem çalışmaları kısıtlı bir zaman diliminde gerçekleştirilmiştir. Bölgede havanın

geç ısınması ve hava koşullarının stabil olmaması, bölgenin yağış alması gibi çeşitli iklimsel koşullarla birlikte bu durum göz önünde bulundurulduğunda, ATT'nin polinatör arılar üzerindeki pozitif etkinliği anlamlı olarak saptanamamıştır. Gözlem çalışmasının yapıldığı deneme alanı sayısı ve büyüklüğü, gözlem ve örneklem sıklığı artırılarak daha kapsamlı sonuçlar elde edilebileceği düşünülmektedir. Yine de, toplam polinatör arı sayılarına bakıldığı zaman, habitat zenginleştirici bitkilerle desteklenen ATT alanının, monokültür olan Kontrol alanından daha verimli olabileceği düşünülmektedir. Bu tez çalışmasının, ileride yapılacak polinasyon çalışmalarına gerek tarlaların yönetilme şekilleri, gerekse polinatör çeşitliliğinin belirlenmesi aşamalarında bir temel oluşturabileceği öngörülmektedir.



KAYNAKLAR

- Alghamdi S. S., Migdadi H. M., Ammar M. H., Paull J., G., Siddique K. H. M. Faba bean genomics: current status and future prospects. 2012. *Euphytica*, 186, 609–624.
- Anonim, 2022. Web Sitesi: <https://biruni.tuik.gov.tr/medas/?kn=92&locale=tr>. Erişim tarihi: 20.08.2022
- Aouar-sadli M., Louadi K., Doumandji S.E. 2008. Pollination of the broad bean (*Vicia faba* L.var. major) (Fabaceae) by wild bees and honey bees (Hymenoptera: Apoidea) and its impact on the seed production in the Tizi-Ouzou area (Algeria). *African Journal of Agricultural Research*, 3(4), 266-272.
- Benachour K., Louadi K., Terzo M. 2013. Rôle des abeilles sauvages et (Hymenoptera : Apoidea) dans la pollinisation de la fève (*Vicia faba* L. var. major) (Fabaceae) en région de Constantine (Algérie), *Annales de la Société Entomologique de France*, 43(2), 213-219.
- Beyer N., Gabriel D., Kirsch F., Schulz-Kesting K., Dauber J., Westphal C. 2020. Functional groups of wild bees respond differently to faba bean *Vicia faba* L. cultivation at landscape scale, *Journal of Applied Ecology*, 00, 1-10.
- Bishop J., Elizabeth Jonesa H.E., Lukaca M., Geoffrey 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.
- Bond D.A., Kirby E.J.M. 1999. *Anthophora plumipes* (Hymenoptera: Anthophoridae) as a pollinator of broad bean (*Vicia faba* major). *Journal of Apicultural Research*, 38(3-4), 199-203.
- Chole H., Woodard S.H., Bloch G. 2019. Body size variation in bees: regulation, mechanisms, and relationship to social organization, *Current Opinion in Insect Science*, 35, 77–87.
- Christmann S. 2020. Climate change enforces to look beyond the plant – the example of pollinators. *Current Opinion in Plant Biology*, 56, 162–167.
- Christmann S., Aw-Hassan A. 2012. Farming with alternative pollinators (FAP)- An overlooked win-win strategy for climate change adaption. *Agriculture,Ecosystems & Environment*, 161, 161-164.
- Christmann S., Aw-Hassan A., Rajabov T., Khamraev A.S., Tsivelikas A. 2017. Farming with alternative pollinators increases yields and incomes of cucumber and sour cherry. *Agron. Sustain. Dev.*, 37, 24.
- Christmann S., Bencharki Y., Anougmar S., Rasmont P., Smaili M.C., Tsivelikas A., Aw-Hassan A. 2021. Farming with Alternative Pollinators benefits pollinators,

natural enemies, and yields, and offers transformative change to agriculture. Scientific Reports, 11, 18206.

- Clair A. L. St., Zhang G., Dolezal A.G., O’Neal E.M., Toth A.L. 2020. Diversified Farming in a Monoculture Landscape: Effects on Honey Bee Health and Wild Bee Communities. Environmental Entomology, 49(3), 753–764.
- Cook S.M., Sandoz J.C., Martin A.P., Murray D.A., Poppy G.M., Williams S I.H. 2005. Could learning of pollen odours by honey bees (*Apis mellifera*) play a role in their foraging behaviour? Physiological Entomology, 30, 164–174.
- Çetinkaya E., Ayhan K. 2012. Mikrobiyolojide Kullanılan Bazı Moleküler Teknikler, Karaelmas Fen ve Mühendislik Dergisi /Karaelmas Science and Engineering Journal 2(1), 53-62.
- Duc G. 1997. Faba bean (*Vicia faba* L.). Field Crops Research 53, 99-109.
- Duc G., Aleksić J.M., Marget P., Mikić A., Paull J., Redden R.J., Sass O., Stoddard F.L., Vandenberg A., Vishnyakova M., Torres A.M. 2015. Faba Bean. In: De Ron A. (eds) Grain Legumes. Handbook of Plant Breeding 10, 141-179
- Encyclopedia of Life, 2018. Web Sitesi: <https://eol.org/pages/1045720/media>. Erişim tarihi: 28.08.2022
- Encyclopedia of Life, 2018. Web Sitesi: <https://eol.org/pages/2755820/media>. Erişim tarihi: 28.08.2022
- Encyclopedia of Life, 2018. Web Sitesi: <https://eol.org/pages/2743947/media>. Erişim tarihi: 28.08.2022
- Encyclopedia of Life, 2018. Web Sitesi: <https://eol.org/pages/2760163/media>. Erişim tarihi: 28.08.2022
- Inés Mínguez M., Rubiales D. 2021. Faba bean. Crop Physiology: Case Histories for Major Crops 15, 452-481.
- Jensen E.S., Peoples M.B., Hauggaard-Nielsen H. 2010. Faba bean in cropping systems. Field Crops Research, 115, 203–216.
- Kandemir ve Moradi. 2006. Kuzey Kıbrıs Balarısı *Apis mellifera cypria*, (Pollman, 1879) ve İren Balarısı *Apis mellifera meda* (Skor, 1929) Populasyonlarında mtDNA ve RAPD Varyasyonunun Araştırılması, TÜBİTAK TBAG Proje, 1-82.
- Kambrekar DN., R Raikar M.R., Gudadur K. 2019. Abundance of insect pollinators associated with broad bean *Vicia faba* L. var. major (Fabales: Fabaceae) in North Karnataka. Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry, 8(2), 1449-1452.

- Kaplan M., Güler Y., Gülmez M. 2022. Organik Kiraz (*Prunus avium* L.) Bahçelerinden Toplanan Hymenoptera Türleri Üzerinde Faunistik Bir Çalışma: Mardin İli Örneği, Türkiye, Türkiye Tarımsal Araştırmalar Dergisi - Turkish Journal of Agricultural Research, 9(1), 8-14.
- Karima B., Imène L., Sihem A., Esma B. 2022. International Journal of Food Science and Agriculture, 6(2), 208-215.
- Karkanis A., Ntatsi G., Lepse L., Fernández J.A., Vågen I.M., Rewald B., Alsin I., Kronberga A., Balliu A., Olle M., Bodner G., Dubova L., Rosa E., Savvas D. 2018. Faba Bean Cultivation – Revealing Novel Managing Practices for More Sustainable and Competitive European Cropping Systems, Frontiers in Plant Science, 9(1115).
- Keskin E., Atar H.H. 2013. DNA Barkodlama: Mitokondriyal COI Geni Kullanılarak Moleküler Tanımlama, Türk Bilimsel Derlemeler Dergisi 6 (2): 01-08, 2013.
- Kirk W.D.J. 2004. Faba bean: *Vicia faba*. Bee World, 85(3), 60-62.
- Köpke U., Nemecek T. 2009. Ecological services of faba bean. Field Crops Research, 115, 217–233.
- Kyllönen T. 2018. Effects of Pollination on Pod Distribution in Faba Bean (*Vicia faba* L.). Master's thesis, University of Helsinki Faculty of Agriculture and Forestry Department of Agricultural Sciences, 63, Helsinki.
- Link W., Hanafy M., Malenica N., Jacobsen H.J., Jeleni C. 2008. Faba Bean, A Compendium of Transgenic Crop Plants: Legume Grains and Forages, 19(45).
- Lönnqvist A. 2019. Pollinators Behavior on Faba Beans. Bachelor's thesis, HAMK Häme University of Applied Sciences, Degree Programme in Sustainable Development, 39, Forssa.
- Lundin O., Raderschall C. A., 2021. Landscape complexity benefits bumble bee visitation in faba bean (*Vicia faba minor* L.) but crop productivity is not pollinator-dependent. Agriculture, Ecosystems and Environment, 314.
- Marzinzig B., Brünjes L., Biagioni S., Behling H., Link W., Westphala C. 2018. Bee pollinators of faba bean (*Vicia faba* L.) differ in their foraging behaviour and pollination efficiency . Agriculture, Ecosystems and Environment, 264, 24-33.
- Muehlbauer, F.J., Tullu, A. 1997. Web sitesi <https://hort.purdue.edu/newcrop/CropFactSheets/fababean.html>. Erişim tarihi: 19.08.2022.
- Nayak G.K., Roberts S.P.M., Garratt M., Breeze T.D., Tscheulin T., Harrison-Cripps J., Vogiatzakis I.N., Stirpe M.T., Potts S.G. 2015. Interactive effect of floral abundance and semi-natural habitats on pollinators in field beans (*Vicia faba*). Agriculture, Ecosystems and Environment, 199, 58-66.

- Pacini E. 2015. Pollination, Reference Module in Earth Systems and Environmental Sciences, Elsevier.
- Pierre J, Guen J Le, Pham Delègue M.H., Mesquida J, Marilleau R, Morin G. 1996. Comparative study of nectar secretion and attractivity to bees of two lines of spring-type faba bean (*Vicia faba* L var equina Steudel). Apodologie, 27, 65-75.
- Sentil A., Lhomme P., Michez D., Reverté S., Rasmont P., Christmann S. 2021. "Farming with Alternative Pollinators" approach increases pollinator abundance and diversity in faba bean fields. Journal of Insect Conservation
- Sentil A., Reverté S., Lhomme P., Bencharki Y., Rasmont P., Christmann S., Michez D. 2022. Wild vegetation and 'farming with alternative pollinators' approach support pollinator diversity in farmland, Journal of Applied Entomology, 00, 1–14.
- Shebl M.A., Farag M. 2015. Bee diversity (Hymenoptera: Apoidea) visiting Broad Bean (*Vicia faba* L.) flowers in Egypt, Zoology in the Middle East, 61(3), 256-263.
- Smith-Ramírez C., Rendón-Funes A., Barahona-Segovia R.M., Moya W. 2021. Consequences Of The High Abundance Of *Bombus Terrestris* On The Pollination Of *Vicia Faba*. Journal of Pollination Ecology, 29(20), pp 258-272.
- Stoddard F.L. 2017. Climate change can affect crop pollination in unexpected ways, Journal of Experimental Botany, 68(8), 1819–1821.
- Stoddard F.L., Bond D.A. 1987. The Pollination Requirements of the Faba Bean. Bee World, 68(3), 144-152.
- Tan, E. (2020). Bee Dichotomous Key. UC Santa Barbara: Cheadle Center for Biodiversity and Ecological Restoration. Web sitesi: <https://escholarship.org/uc/item/7fb2588m>. Erişim tarihi: 22.08.2022
- UTSEP. 2020. Ulusal Tozlaştırıcıları Koruma Stratejisi ve Eylem Planı. Güler Y., Dikmen F., Özenirler Ç. (eds).
- Vasiliev D., Greenwood S. 2020. Pollinator biodiversity and crop pollination in temperate ecosystems, implications for national pollinator conservation strategies: Mini review. Science of the Total Environment 744 140880.
- Walsh P.S., Metzger D.A., Higuchi R. 1991. Chelex 100 as a Medium for Simple Extraction of DNA for PCR-Based Typing from Forensic Material, BioTechniques, 10(4), 506-513.
- Y. 2018. Ormanların İhmal Edilen Canlıları: Yabani Arılar. Derleme/Review, Doğal Afetler ve Çevre Dergisi, 4(ENFİTO 2018), 32-37.
- Yatkın G., Güz N. 2018. Entomolojide DNA Barkodlama Tekniğinin Kullanımı, YYÜ TAR BİL DERG (YYU J AGR SCI), 28(1), 126-134.