

**TÜRKİYE *BOMBUS* ALTCİNSİ (HYMENOPTERA: APIDAE,
BOMBUS LATREILLE, S. STR.) TÜRLERİ ÜZERİNDE
SİSTEMATİK ARAŞTIRMALAR VE BUNLARIN
TOZLAŞTIRICI ETKİLERİ ÜZERİNE ÇALIŞMALAR**

**SYSTEMATICAL STUDIES ON THE SPECIES OF THE
SUBGENUS *BOMBUS* (HYMENOPTERA: APIDAE, *BOMBUS*
LATREILLE, S. STR.) IN TURKEY AND STUDIES ON
POLLINATING EFFECTS OF THESE SPECIES**

KÜRŞAT KOYUNCU

Doç. Dr. Ahmet Murat AYTEKİN

Tez Danışmanı

Hacettepe Üniversitesi

Lisansüstü Eğitim-Öğretim ve Sınav Yönetmeliğinin

Biyoloji Anabilim Dalı için Öngördüğü

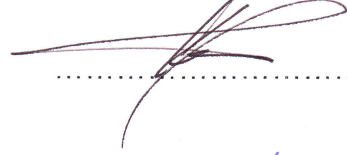
YÜKSEK LİSANS TEZİ

Olarak Hazırlanmıştır.

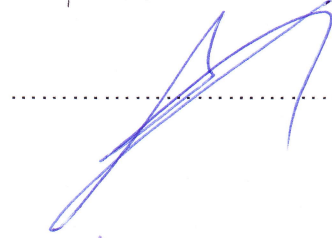
2014

KÜRŞAT KOYUNCU'nun hazırladığı "*Türkiye Bombus Altcinsi (Hymenoptera: Apidae, Bombus Latreille, S. Str.) Türleri Üzerinde Sistemik Araştırmalar Ve Bunların Tozlaştırıcı Etkileri Üzerine Çalışmalar*" adlı bu çalışmada jüri tarafından BİYOLOJİ ANABİLİM DALI'nda YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak kabul edilmiştir.

Prof. Dr. Kadriye SORKUN
Başkan



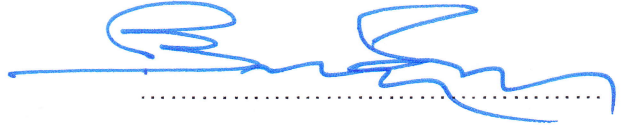
Doç. Dr. A. Murat AYTEKİN
Danışman



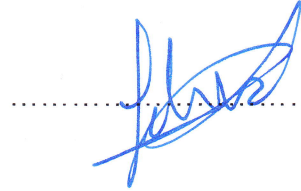
Prof. Dr. Aydın AKBULUT
Üye



Doç. Dr. Osman SERT
Üye



Doç. Dr. Selma SEVEN ÇALIŞKAN
Üye



Bu tez Hacettepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü tarafından YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak onaylanmıştır.

Prof. Dr. Fatma SEVİN DÜZ
Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

Zamansız kaybettiklerim.

Canım Annem ve sevgili kuzenim Mustafa Biçer'in, aziz hatıralarına...

ETİK

Hacettepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, tez yazım kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmada,

- tez içindeki tüm bilgi ve belgeleri akademik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi,
- görsel işitsel ve yazılı tüm bilgi ve sonuçları bilimsel ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu,
- başkalarının eserlerinden yararlanılması durumunda ilgili eserlere bilimsel normlara uygun olarak atıfta bulunduğumu,
- atıfta bulunduğum eserlerin tümünü kaynak olarak gösterdiğimi,
- kullanılan verilerde herhangi bir tahrifat yapmadığımı
- ve bu tezin herhangi bir bölümünü bu üniversitede veya başka bir üniversitede başka bir tez çalışması olarak sunmadığımı

beyan ederim.

07/07/2014

KÜRŞAT KOYUNCU

ÖZET

TÜRKİYE *BOMBUS* ALTCİNSİ (HYMENOPTERA: APIDAE, *BOMBUS* LATREILLE, S. STR.) TÜRLERİ ÜZERİNDE SİSTEMATİK ARAŞTIRMALAR VE BUNLARIN TOZLAŞTIRICI ETKİLERİ ÜZERİNE ÇALIŞMALAR

KÜRŞAT KOYUNCU

Yüksek Lisans, Biyoloji Bölümü

Tez Danışmanı: Doç. Dr. Ahmet Murat AYTEKİN

Haziran 2014, 84 Sayfa

Bu tez çalışması ile *Bombus* (s. str.) altcinsi içerisinde incelenen 2 türde landmark tabanlı geometrik morfometrik çalışmalarının kullanılması hedeflenmiştir. Ayrıca *bombus* arılarının örtü altı tarımda tozlaştırıcı etkileri çalışılmıştır. Çalışma kapsamında Türkiye’de yayılış gösteren toplam 351 örneğin kanat yapıları analiz edilmiştir. Bu örneklerden 172 erkek ve 179 işçi birey üzerinde geometrik morfometrik analizler uygulanmıştır. Örneklerin sağ ön kanatlarına landmarkların yerleştirilmesi sonucu landmarkların iki boyutlu Kartezyen koordinatları belirlenmiş, ardından Procrustes analizi ile standardize edilmiş ve ince tabaka analizi ile kanatlarda gözlenen deformasyonlar karşılaştırmalı olarak incelenmiştir. Bulgulardan her iki türün belirgin bir şekilde birbirlerinden ayrıldıkları anlaşılmıştır. Çalışmanın ikinci bölümünde örtü altı tarımda kullanılmak üzere *Bombus terrestris* türü arılar Hacettepe Üniversitesi Beytepe Kampüsünde bulunan bir uygulama serasında çalışılmıştır. *Bombus terrestris* arılarının yirmi bir gün boyunca tozlaştırıcı davranışları izlenmiş ve çalışma çift tekerrürlü olarak yapılmıştır. Elde edilen bulgulardan en iyi tozlaştırma aktivitesinin sabah 8:00-10:00 saatleri arasında gerçekleştiği kaydedilmiştir.

Anahtar Kelimeler: *Bombus* (s. str.), Sistematik, Geometrik morfometri, *Bombus terrestris*, Tozlaşma.

ABSTRACT

SYSTEMATICAL STUDIES ON THE SPECIES OF THE SUBGENUS *BOMBUS* (HYMENOPTERA: APIDAE, *BOMBUS* LATREILLE, S. STR.) IN TURKEY AND STUDIES ON POLLINATING EFFECTS OF THESE SPECIES

KÜRŞAT KOYUNCU

Master of Science, Department of Biology

Advisor: Assoc. Prof. Dr. Ahmet Murat AYTEKİN

July 2014, 84 Pages

This thesis examined two species in the subgenus *Bombus* (s. str.) landmark-based geometric morphometric studies on the use of targeted. Moreover, the effect of bumble bee pollination on greenhouses were also studied. The wing structure of 351 samples distributed in Turkey were analyzed. Geometric morphometrics analysis were performed on 172 males and 179 workers. After digitizing landmarks on right fore wings, 2-dimensional cartesian coordinates were obtained and these were standardized by Procrustes analysis, and deformations were determined by thin-plate spline analysis comparatively. According to the results, it is found that both two species were found to be separate. In the second part of the study, *Bombus terrestris* was used in a greenhouse located in Hacettepe University Beytepe Campus. Pollinating behaviour of *B. terrestris* have been observed for 21 days and the study was performed as double replicates. The finding support that, the best pollinating activity was observed between 08:00-10:00 am.

Keywords: *Bombus* (s. str.), Systematics, Geometrical morphometry, *Bombus terrestris*, Pollination

TEŞEKKÜR

Tezim ile ilgili konularda hem de lisans ve yüksek lisans eğitimim boyunca bilimsel ve hayata dair konularda tavsiyeler ve öğretiler sunan, popüler bilim yazarlığı deneyimi kazanmamı sağlayan, bilgisi ve akademik duruşuna her zaman hayran olduğum değerli hocam Doç. Dr. A. Murat Aytekin'e, sera çalışmaları sırasında desteğini hiç esirgemeyen ve kendisiyle çalışmaktan mutluluk duyduğum değerli hocam Prof. Dr. Kadriye Sorkun'a, kendisini tanımaktan ve hep daha fazlasını öğrenmeye teşvik ettiği derslerini almaktan mutluluk duyduğum değerli hocam Doç. Dr. Osman Sert'e,

Tez süresince, beni benden daha fazla teşvik eden, çalışmalarımnda yardımcı olan, beraber çalışmaktan ve en çok da kendilerini tanımaktan mutluluk duyduğum sevgili dostlarım Yrd. Doç. Dr. Fatih Dikmen, Arş. Gör. Çiğdem Özenirler (Çiço) ve Arş. Gör. Pınar Barkan'a, yine bu süreçte, arazi çalışmalarında bana da yer açan, en zor zamanlarımda bana destek olan Arş. Gör. Doç. Dr. Mahmut Kabalak, Arş. Gör. Dr. Burcu Şabanoğlu, Arş. Gör. Dr. Senem Özdemir Fırat'a ve yine arazi çalışmalarına beni de götüren değerli hocam Yasemin Güler'e, ama en çok da bu süreçte benimle aynı sıkıntıları yaşayan ve desteğini hiç azaltmadan her an hissettiren can dostum Yavuz Turan'a,

Manevi desteklerini hep arkamda hissettiğim başta değerli hocalarım Prof. Dr. Nevin Keskin ve Prof. Dr. Figen Ünlü Erkoç'a, değerli dostlarım Demet Töre, Murat Yılmaz, Yağmur Tuzane'ye,

Ama en çok da, bütün eğitim hayatım boyunca maddi ve manevi desteğini hiç esirgemeyen ve hep destek olan, başta zamansız kaybettiğim canım annem olmak üzere, babama ve ağabeylerime teşekkürlerimi ve en derin şükranlarımı sunmayı bir borç bilirim.

İÇİNDEKİLER DİZİNİ

	<u>Sayfa</u>
ÖZ	I
ABSTRACT	II
TEŞEKKÜR.....	III
İÇİNDEKİLER.....	IV
ŞEKİLLER.....	VI
ÇİZELGELER.....	IX
SİMGELER VE KISALTMALAR	XI
1. GİRİŞ.....	1
1.1. <i>Bombus</i> Latreille (Hymenoptera: Apidae) Türlerinin Sistemik Önemi.....	1
1.2. <i>Bombus</i> Latreille (Hymenoptera: Apidae) Türlerinin Ekonomik Önemi.....	2
1.3. Apidae Familyasının Kökeni	5
2. GENEL BİLGİLER.....	7
2.1. <i>Bombus</i> Cinsine Ait Genel Bilgiler	7
2.2. <i>Bombus</i> (Hymenoptera: Apidae, <i>Bombus</i> Latreille) Cinsinin Kökeni	11
2.3. <i>Bombus</i> (Hymenoptera: Apidae, <i>Bombus</i> Latreille) Cinsi Taksonomisi.....	12
2.4. <i>Bombus</i> s.str Genel Bilgiler	16
2.4.1. <i>Bombus (Bombus) terrestris</i> (L., 1758).....	18
2.4.2. <i>Bombus (Bombus) lucorum</i> (L., 1761).....	20
2.5. Morfometrik Yöntemlerin Sistemikte Kullanımı	22
3. GEREÇ VE YÖNTEM	25
3.1. İncelenen Örnekler	25
3.2. Landmark Tabanlı Geometrik Morfometri Çalışmaları	26

3.3. <i>Bombus (Bombus) terrestris</i> (L., 1758)'in Örtü Altı Tarımda Tozlaşma Faaliyetleri	28
4. BULGULAR	31
4.1. Morfolojik İnceleme Sonucu Elde Edilen Bulgular	31
4.1.1. Erkek Bireylere Ait Morfometrik Bulgular	31
4.1.2. İşçi Bireylere Ait Morfometrik Bulgular	36
4.2. Örtü Altı Tarımda <i>Bombus terrestris</i> L.'in Faaliyet Verileri	41
4.2.1. <i>Bombus terrestris</i> 'in serada <i>Lycopersicon esculentum</i> Miller (domates) bitkisinde 2007 yılına ait tozlayıcı davranış özellikleri	41
4.2.2. <i>Bombus terrestris</i> 'in serada <i>Lycopersicon esculentum</i> Miller (domates) bitkisinde 2008 yılına ait tozlayıcı davranış özellikleri	52
5. TARTIŞMA VE SONUÇ	63
KAYNAKLAR	70
ÖZGEÇMİŞ	84

ŞEKİLLER

Sayfa

Şekil 2. 1. 1: Dişi bir bombus arısında başın anteriordan şematik görüntüsü	8
Şekil 2. 1. 2: <i>Bombus</i> cinsinde vücudun genel şematik görünümü	9
Şekil 2.1.3 : <i>Bombus</i> erkek genital organı	11
Şekil 2. 3. 1: <i>Bombus</i> cinsi için oluşturulmuş soy ağacı.....	15
Şekil 3. 1. 1: Örneklerin toplandığı şehirlerin harita üzerinde görüntüsü.....	25
Şekil 3. 3. 1: <i>Bombus</i> arılarının seralarda izlenmesi için yerleştirilen marka.....	26
Şekil 3. 3. 2: <i>Bombus</i> arılarının seralarda izlenmesi için yerleştirilen marka.....	29
Şekil 3. 3. 3: Her bir fidenin sıra numarasını gösteren etiket.	29
Şekil 4. 1. 1. 1: Erkek bireylerde varyasyon miktarını gösteren eğri.	31
Şekil 4. 1. 1. 2: Procrustes analizi sonucu her bir landmarkın görece saçılımı	32
Şekil 4. 1. 1. 3: MorphoJ ile erkeklerin aykırı değer test sonucu.....	32
Şekil 4. 1. 1. 4: Erkek bireylerde temel öğeler analizi	33
Şekil 4. 1. 1. 5: Erkek bireylerde kanonik varyans analizi	34
Şekil 4. 1. 1. 6: PAST'ta Disk-Hot testi sonucu <i>Bombus terrestris</i> ve <i>B. lucorum</i> türlerindeki ayrışma.	35
Şekil 4. 1. 2. 1: İşçi bireylerde varyasyon miktarını gösteren eğri.	36
Şekil 4. 1. 2. 2: Procrustes analizi sonucu her bir landmarkın görece saçılımı	37
Şekil 4. 1. 2. 3: MorphoJ ile işçilerin aykırı değer test sonucu.	37
Şekil 4. 1. 2. 4: İşçi bireylerde temel öğeler analizi.	38
Şekil 4. 1. 2. 5: İşçi bireylerde kanonik varyans analizi.....	39
Şekil 4. 1. 2. 6: PAST'ta Disk-Hot testi sonucu <i>Bombus terrestris</i> ve <i>B. lucorum</i> türlerindeki ayrışma.	40

Şekil 4. 2. 1. 1: Günün farklı saatlerindeki, ortalama sıcaklık ve arıların ortalama çiçekte kalma süreleri.....	42
Şekil 4. 2. 1. 2: Günün farklı saatlerindeki, ortalama sıcaklık ve arıların saatlik bitki ziyaret ortalaması.....	43
Şekil 4. 2. 1. 3: Günün farklı saatlerindeki, ortalama sıcaklık ve arıların çiçekte kalma yüzdesinin ortalaması	44
Şekil 4. 2. 1. 4: Günün farklı saatlerindeki, arıların çiçekte ortalama kalma süresi ve arıların saatlik bitki ziyaret ortalaması.....	45
Şekil 4. 2. 1. 5: Günün farklı saatlerindeki, arıların ortalama çiçekte kalma süresi ve arıların saatlik çiçekte kalma yüzdesi	46
Şekil 4. 2. 1. 6: Günün farklı saatlerindeki, arıların saatlik bitki ziyaret ortalaması ve arıların çiçekte kalma yüzdesi.....	47
Şekil 4. 2. 1. 7: 21 günlük çalışma süresinde, farklı saatlere ve farklı sıcaklığa göre saptanan arının çiçekte en yüksek kalma ortalaması	48
Şekil 4. 2. 1. 8: 21 günlük çalışma süresinde, farklı saatlere ve farklı sıcaklığa göre saptanan arının çiçekte en düşük kalma ortalaması	49
Şekil 4. 2. 2. 1: Günün farklı saatlerindeki, ortalama sıcaklık ve arıların ortalama çiçekte kalma süreleri.....	53
Şekil 4. 2. 2. 2: Günün farklı saatlerindeki, ortalama sıcaklık ve arıların saatlik bitki ziyaret ortalaması.....	54
Şekil 4. 2. 2. 3: Günün farklı saatlerindeki, ortalama sıcaklık ve arıların çiçekte kalma yüzdesinin ortalaması	55
Şekil 4. 2. 2. 4: Günün farklı saatlerindeki, arıların çiçekte ortalama kalma süresi ve arıların saatlik bitki ziyaret ortalaması.....	56

Şekil 4. 2. 2. 5: Günün farklı saatlerindeki, arıların ortalama çiçekte kalma süresi ve arıların saatlik çiçekte kalma yüzdesi	57
Şekil 4. 2. 2. 6: Günün farklı saatlerindeki, arıların saatlik bitki ziyaret ortalaması ve arıların çiçekte kalma yüzdesi.....	58
Şekil 4. 2. 2. 7: 21 günlük çalışma süresinde, farklı saatlere ve farklı sıcaklığa göre saptanan arının çiçekte en yüksek kalma ortalaması	59
Şekil 4. 2. 2. 8: 21 günlük çalışma süresinde, farklı saatlere ve farklı sıcaklığa göre saptanan arının çiçekte en düşük kalma ortalaması	60

ÇİZELGELER

Sayfa

Çizelge 4. 1. 1. 1: Referans mesafe istatistikleri	31
Çizelge 4. 1. 1. 2: Erkek bireylerde gerçekleştirilen MANOVA analizi	34
Çizelge 4. 1. 2. 1: Referans mesafe istatistikleri.	36
Çizelge 4. 1. 2. 2: İşçi bireylerde gerçekleştirilen MANOVA analizi.	39
Çizelge 4. 2. 1. 1: Çalışma süresince elde edilen ortalamalar	41
Çizelge 4. 2. 1. 2: Günün farklı saatlerindeki, ortalama sıcaklık ve arıların ortalama çiçekte kalma süreleri	42
Çizelge 4. 2. 1. 3: Günün farklı saatlerindeki, ortalama sıcaklık ve arıların saatlik bitki ziyaret ortalaması.....	43
Çizelge 4. 2. 1. 4: Günün farklı saatlerindeki, ortalama sıcaklık ve arıların çiçekte kalma yüzdesinin ortalaması	44
Çizelge 4. 2. 1. 5: Günün farklı saatlerindeki, arıların çiçekte ortalama kalma süresi ve arıların saatlik bitki ziyaret ortalaması	45
Çizelge 4. 2. 1. 6: Günün farklı saatlerindeki, arıların ortalama çiçekte kalma süresi ve arıların saatlik çiçekte kalma yüzdesi	46
Çizelge 4. 2. 1. 7: Günün farklı saatlerindeki, arıların saatlik bitki ziyaret ortalaması ve arıların çiçekte kalma yüzdesi	47
Çizelge 4. 2. 1. 8: 21 günlük çalışma süresinde, farklı saatlere ve farklı sıcaklığa göre saptanan arının çiçekte en yüksek kalma ortalaması	48
Çizelge 4. 2. 1. 9: 21 günlük çalışma süresinde, farklı saatlere ve farklı sıcaklığa göre saptanan arının çiçekte en düşük kalma ortalaması	49
Çizelge 4. 2. 1. 10: Çalışma süresince en çok veri toplanan arılar	50
Çizelge 4. 2. 2. 1: Çalışma süresince elde edilen ortalamalar	52

Çizelge 4. 2. 2. 2: Günün farklı saatlerindeki, ortalama sıcaklık ve arıların ortalama çiçekte kalma süreleri.....	53
Çizelge 4. 2. 2. 3: Günün farklı saatlerindeki, ortalama sıcaklık ve arıların saatlik bitki ziyaret ortalaması.....	54
Çizelge 4. 2. 2. 4: Günün farklı saatlerindeki, ortalama sıcaklık ve arıların çiçekte kalma yüzdesinin ortalaması	55
Çizelge 4. 2. 2. 5: Günün farklı saatlerindeki, arıların çiçekte ortalama kalma süresi ve arıların saatlik bitki ziyaret ortalaması	56
Çizelge 4. 2. 2. 6: Günün farklı saatlerindeki, arıların ortalama çiçekte kalma süresi ve arıların saatlik çiçekte kalma yüzdesi	57
Çizelge 4. 2. 2. 7: Günün farklı saatlerindeki, arıların saatlik bitki ziyaret ortalaması ve arıların çiçekte kalma yüzdesi	58
Çizelge 4. 2. 2. 8: 21 günlük çalışma süresinde, farklı saatlere ve farklı sıcaklığa göre saptanan arının çiçekte en yüksek kalma ortalaması.....	59
Çizelge 4. 2. 2. 9: 21 günlük çalışma süresinde, farklı saatlere ve farklı sıcaklığa göre saptanan arının çiçekte en düşük kalma ortalaması	60
Çizelge 4. 2. 2. 10: Çalışma süresince en çok veri toplanan arılar	61

SİMGELELER VE KISALTMALAR

Bu çalışmada kullanılmış, bazı simge ve kısaltmalar, açıklamaları ile birlikte aşağıda sunulmuştur.

SİMGE	AÇIKLAMA
σ	Standart sapma
KISALTMA	AÇIKLAMA
CANOVAR	Kanonik varyans analizi
CVA	Kanonik değişkenler analizi
CVAGen6	Kanonik değişkenler analiz programı
Disk-Hot	Diskriminant-Hotelling T ² testi
GPA	Kanonik varyans analizi
IMP	Birleştirilmiş morfometri paketi
MANOVA	Çoklu varyans analizi
PAST	PAleontological STatistics
PCA	Temel bileşen analizi
PCAGen6	Temel Bileşen analizi programı
Tps-Dig	Dijitize edilmiş landmark koordinatları
Tps-Relw	Relatif warp analizi
Tps-Small	Düşük varyasyonları ortaya çıkarma analizi
Tps-Super	Landmark sayısını gösteren analiz
Tps-UTIL	Örnekleri tps ile uyumlu hale getirme analizi
T 1-6	Tergum 1-6

1. GİRİŞ

1.1. *Bombus* Latreille (Hymenoptera: Apidae) Türlerinin Sistemik Önemi

İri yapılı ve çarpıcı renklere sahip bombus arıları, Palaearktik, Nearktik, Oriental ve Neotropik bölgelerin özellikle alpin, subalpin ve arktik kuşaklarında sıklıkla rastlanan canlılardır [1]. Gelişmiş fiziksel ve kimyasal termoregülatör mekanizmaları sayesinde çok düşük ısılarda vücut sıcaklıklarını ortam değerlerinin üzerinde tutmayı başararak, diğer arılar için oldukça ekstrem olan ısılarda bile maksimum aktivite gösterebilirler. Kuzey ılıman bölgelerin alpin habitatlarında yoğun olarak bulunmalarına rağmen, Kuzey kutup dairesinden Güney Amerika'nın en uç noktası olan Tierra del Fuego'ya, hatta Himalayalar'da 5800 metrelik yüksekliklere kadar pek çok alanda ve bölgede görülmektedirler [2, 3].

Linneaus (1758) tüm *Bombus* türlerini *Apis* (s.l.) cinsi içerisine yerleştirmiş, yarım yüzyıl sonra Latreille (1802) o dönemdeki türleri *Bombus* cinsi içerisine dâhil etmiş, *Bombus* (s.l.)'un *Psithyrus* (s.l.)'tan ayrımını ise Lepeletier (1832) gerçekleştirmiştir. *Bombus* (s.l.) taksonomisinde altcinslerin kullanımının daha pratik olduğu düşüncesiyle Dalla Tore (1882) tüy renklerine dayanarak yapay olarak gruplandığı dokuz altcins tanımlamıştır.

Radoszkowski (1884) erkek genital organ yapısındaki karakterlere dayanarak dört supraspesifik grup ortaya atmış, beş tür grubu tanımlamış bu gruplar daha sonra Vogt (1911) tarafından yeniden düzenlenmiştir. Benzer sistemlerin ileri sürülmesi Ball (1914), Krueger (1920) ve Skorikov (1922) ile devam etmiş, supraspesifik taksa arasındaki ilişki Krueger (1917; 1920) ve Skorikov (1922) tarafından da çalışılmıştır. Krueger (1917; 1920) yapısal ve kısmen de metrik karakterlere dayandırdığı sınıflandırmasında *Bombus* cinsini, dişilerde orta basitarsusta sivri bir diken bulunmasıyla karakterize edilen *Odontobombus* ve orta basitarsusta dikdörtgen şeklinde, yuvarlak veya küt bir yapıya sahip *Anodontobombus* olmak üzere iki temel bölümde incelemiştir. Skorikov'un (1914; 1922; 1933; 1938) sisteminde daha önce altcins olarak tanımlanan pek çok taksa cins seviyesine çıkarılmıştır. Frison (1927; 1930; 1935), Radoszkowski (1884), Vogt (1911), Robertson (1903), Franklin (1913; 1915) ve özellikle Krueger (1920)'in sistemini izlemiş ve başka bir grup olan *Boopobombus*'u eklemiştir. Richards [4] ise o

zamana kadar tanımlanmış tüm supraspesifik bombus arılarını yeniden gözden geçirerek mümkün olduğunca çok grup tanımlamak amacıyla *Bombus* cinsi altında 35 altcins tanımlamıştır. Daha sonra, bu sayı üç altcinsin eklenmesiyle 38'e çıkarılmıştır. Ancak benimsenen bu alt cins sistemi, anahtarlarının kullanımının zor olması ve çoğu türde sorunların aşılabilmesi nedeniyle, gereksiz bir şekilde karmaşık bulunmuş ve altcins sayısının sadeleştirilmesi yoluna gidilmiştir. Williams et al., [5]'nin 23 altcinsi diğer altcinsler içerisine eklemesi ile birlikte *Bombus* (s.l.)'un 15 altcins içerisinde sadeleştirilmesinin yapılan filogenetik analizlerin sonucunda daha pratik olduğu ve doğal durumu daha iyi yansıttığı düşünülmüştür. Türkiye'de bu 15 altcins içerisinde *Orientalibombus* ve *Bombias* altcinslerine ait hiçbir kayıt verilmemiştir.

Taksonomik çalışmalarda, yalnızca belirli bir karakter kullanıldığında türler ya da popülasyonlar zaman zaman çakışabilmektedir. Bu özellikle genital organ yapısı çıkarılmadan ayırt edilebilmesi çok zor olan bombus arılarının erkek bireylerinin sınıflandırma çalışmalarında karakteristiktir [4]. Aynı şekilde, sadece tüy rengi kullanarak bütün bombus arısı türlerini doğru olarak tanımlamak mümkün değildir [6, 7]. Bombus arılarının taksonomisinde çözülmemiş sorunlar hala vardır ve bu da DNA çalışmaları, eşeysel feromon analizi ve hem kladistik hem de geleneksel yöntemler ile morfometri gibi alternatif yöntemlerin yaygın biçimde kullanılmasına [8] ve son yıllarda da artan biçimde bu yöntemlerin bir kaçını bir arada kullanabilen bütünleşik taksonomik modellerin uygulanmasına yol açmıştır.

1.2. *Bombus* Latreille (Hymenoptera: Apidae) Türlerinin Ekonomik Önemi

Bütün dünyada yetiştiriciliği yapılan, iletişim, işbölümü ve koloni popülasyonu sosyal böcekler arasında bilindiği kadarı ile en üst düzeyde olan bal arıları, doğal florada ve bitkisel üretimde oldukça etkili tozlaştırıcı cinstir. Ancak bal arılarına göre daha uzun dilli, iri vücutlu, yüksek tozlaşma kabiliyetine sahip, düşük sıcaklık ve ışık yoğunluğunda daha iyi çalışabilen bombus arıları da endüstri bitkileri, çayır-mera ve yem bitkileri, meyve ağaçları, sebzeler, tıbbi ve aromatik bitkiler, tek yıllık otsu bitkiler, ağaç, çalı ve maki formundaki bir çok bitkiyi ziyaret ederek tozlamaktadır [11, 12, 13, 14, 15, 16]. Dünyada 30'dan fazla ülkede ve 25 farklı

kültür bitkisinde de tozlayıcı olarak kullanılmaktadırlar. Bu bitkilerden en çok ekim alanına sahip olanlar; *Lycopersicon esculentum* Mill. (domates), *Capsicum annuum* L. (biber), *Solanum melongena* L. (patlıcan), *Cucumis melo* L. (kavun) , *Citrullus lanatus* (Thunb.) Matsumara & Nakai (karpuz), *Cucumis sativa* L. (hıyar), *Cucurbita pepo* Dumort. (kabak), *Fragaria ananassa* (Weston) Rozier (çilek), *Malus domestica* Borkh.(elma), *Pyrus communis* L. (armut), *Prunus cerasus* L. (vişne), *P. avium* (L.) L. (kiraz), *Actinidia deliciosa* (A.Chev.) C.F.Liang & A.R.Ferguson (kivi), *Prunus persica* (L.) Batsch (şeftali) ve *Prunus armeniaca* L. (kayısı) 'dır [16].

Bombus terrestris (L.,1758), *Bombus impatiens* (Cresson, 1863), *Bombus ignitus* (Smith, 1896), *Bombus lucorum* (L.,1761), *B. occidentalis* (Greene,1858) türleri ve *Bombus terrestris canariensis* (Perez,1895) alttürü dünyada ticari olarak üretimi yaygın yapılan bombus arılarıdır [16]. Yetiştiriciliğinin daha kolay ve koloni popülasyonunun yeterli derecede kalabalık olması nedeniyle *Bombus* türleri içinde ticari yetiştiriciliği en fazla yapılan tür *Bombus terrestris*'tir [14, 17, 18]. Sera içi davranışları çok daha uysaldır. *B. terrestris* domates gibi bitkilerde silkeleme davranışı gösterir. Nektar çalma davranışı diğerlerine göre daha azdır [18]. Örtü altı yetiştiriciliğinde tozlaştırıcı olarak *B. terrestris* arılarının kullanılması ile meyve bağlama oranı, meyve iriliği, meyvedeki tohum sayısı ve bir örneklilik gibi meyve özelliklerinde iyileşmeler olmakta ve elde edilen ürünlerin hem miktarı hem de kalitesi artmaktadır [13, 19, 20]. Ülkemizde de doğal olarak yayılış gösteren, ticari olarak üretimi yapılan ve tarımsal faaliyetlerde kullanılan tek tür halen *Bombus terrestris*'tir [21]. Ayrıca *B. terrestris* arısı kullanılmasıyla birlikte seralarda kullanılan zirai ilaçlara sınırlama getirilmekte, hormon olarak bilinen bitki gelişimini düzenleyici madde kullanımından kaynaklanan kalite ile ilgili sorunlar da ortadan kalkmakta ve daha sağlıklı üretim yapılmaktadır [14]. Tozlaşmanın tamamen arılar tarafından sağlanması nedeniyle işçilik için harcanan zaman ve masraflar da en aza indirilebilmektedir.

Sera domatesi, meyve durumu için ek olarak tozlaşmaya ihtiyaç duyar ve genellikle mekanik titreşme (el ile tozlaştırma) ile tozlaştırılır ve gösterilen emek fazladır ve bu yüzden de pahalıdır [22]. Bombus arıları domates çiçeğini ziyaret ettiğinde, mandibulları ile anter konilerini kavrayarak titretirler ve tozlaştırmayı

gerçekleştirirler [16] Bombus arıları, bal arıları veya mekanik tozlaşma ile karşılaştırıldığında daha yüksek bir verim sağlamaktadırlar [23].

Sera domateslerinde verimi belirleyen meyve tutumu ve pazarlanabilir meyve oranıdır. Bu da doğrudan doğruya tozlaşma ve döllenenin gerçekleşip gerçekleşmemesi ile ilişkilidir. Erdişi bir yapıya sahip olan domates çiçekleri yüksek oranda kendi kendine döllenebilmesine rağmen uygun olmayan çevre koşulları nedeniyle stigma üzerine ulaşan polen sayısı azaldığından ya da anterlere çok az sayıda polen oluştuğundan seralarda meyve tutumu problem olmaktadır. Ayrıca çiçekte de stilin aşırı uzaması anter konisinin çatlaması gibi anormal gelişmeler meydana gelebilir. Bu nedenle sera domateslerinde meyve tutumunu sağlamak amacıyla tozlaşmaya ve döllenmeye yardım önem taşımaktadır [24].

Çiçek gelişiminin başlangıcında düşük sıcaklık ve düşük ışık yoğunluğu düzgün olmayan ovaryum gelişimine, çiçeklerin kusurlu oluşumuna ve canlı olmayan polen oluşumuna neden olmaktadır [25]. Sera domateslerinde maksimum meyve tutumuna 18-24°C'lerde ulaşılmakta, yüksek sıcaklıklarda (36°C) veya düşük sıcaklıklarda (12°C) partenokarpik meyve oluşumu gözlenmektedir [26].

Domates çiçekleri nektar üretmez. Su çeken yapıya sahip anterlerindeki polenlerin çabuk topaklaşması, ışıktan kolayca etkilenen ve çabuk kuruyabilen polenlere sahip olması nedeniyle tozlaşması için arı cinslerine özellikle *Bombus spp.* ve bazı Colletidae ve Anthophoridae'lere ihtiyacı vardır [27].

Sera domateslerini tozlaştırması amacıyla bal arıları kullanılmış ve arılar her tarafı kapalı olan ve nektarın bulunmadığı serada kış boyunca domates çiçeklerinden polen toplamışlardır. Ravestijn [28], merkezi ısıtmalı serada *Bombus terrestris* kullanmış ve bombus arılarının tozlaştırıcı olarak ekonomik bir alternatif olduğunu belirtmiştir. Banda & Paxton [23], yaz aylarında serada yaptığı denemede, bal arıları ve bombus arıları kullanmıştır. Arıların davranışları gözlemlendiğinde, bal arılarının domates çiçeklerini düzensiz ziyaret ettiklerini, buna karşılık bombus arılarının ziyaretlerinin düzenli olduğunu tespit edilmiştir. Sonuç olarak, bal arılarının bombus arılarının etkisine erişemediği saptanmıştır. Bu denemede

ayrıca *Bombus terrestris* ve *Bombus lapidarius* da karşılaştırılmış ve *Bombus terrestris*'in daha etkili olduğu ortaya çıkmıştır [23].

1.3. Apidae Familyasının Kökeni

Hymenoptera takımı içerisinde, yaklaşık 125,000 tanımlanmış tür bulunmaktadır [29]. Hymenoptera takımı; abdomenin thoraksa tüm genişliğiyle bağlandığı, çoğunluğu fitofag olan Symphyta alttakımı ve abdomenin bazal segmentinin thoraks ile kaynaşmış olduğu ve geri kalan abdomen segmentlerinden dar bir bel bölgesi ile ayrıldığı Apocrita alttakımlarına ayrılarak incelenmektedir [30].

Kökeni Symphyta olan bir atadan, Ichneumonoidea ve Chalcidoidea gibi uzun, testere şeklinde ovipozitör yapısına sahip ve kanat damarlanması indirgenmiş parazitoitik grupların türediği ileri sürülmektedir [31]. Bu gruplardan da Vespoidea ve Sphecoidea'nin evrimleştiği, sonra da Sphecoidea içerisindeki Crabronidae'den de Apoidea'nin köken aldığı ortaya konmuştur [32].

Apocrita alttakımı monofiletiktir ve Aculeata ve parazitoid yaban arıları (Parasitica) olarak iki grup altında incelenir. Aculeata; arılar (Apoidea), predatör yaban arıları (Vespoidea), parazitoid aculeatlar (Chrysoidea) ve karıncalar (Formicoidea) şeklinde dört gruba ayrılmaktadır [33].

Apoidea üstfamilyasının ortaya çıkması bundan yaklaşık olarak 120-125 milyon yıl önce, orta Kretase döneminde gerçekleşmiştir [29]. İçerisinde 30.000 kadar tanımlanmış tür bulunan ve isimlendirilen Apoidea üstfamilyası Apiformes (gerçek arılar) ve Spheciformes (spheciform yaban arıları) bölümlerinden oluşur [29, 31, 32]. Apiformes içerisinde Apidae ve Megachilidae familyaları uzun-dilli arıları; Colletidae, Halictidae, Andrenidae ve Mellitidae familyaları ise kısa-dilli arıları oluşturmaktadır.

Apidae familyasında Bombini tribüsü içerisinde incelenen *Bombus* (*s.l.*) cinsi, bu tribüs içerisinde günümüze kadar devamlılığını korumuş olan tek cinstir [34]. Bombini tribüsü Apini (bal arıları), Meliponini (iğnesiz arılar) ve Euglossini (primer tropikal orkide arıları) tribüsleri ile birlikte korbikulat arıları oluşturmaktadır [32, 35]. Daha önce Engel [32] tarafından *Electrobombini* tribüsü korbikulat arıların

içerisine dâhil edilmiş, ancak [29] tarafından çıkarılmıştır. Korbikulat arılar 65 milyon yıldan daha önce ortaya çıkmışlardır [34]. Girmaldi & Engel [29]'e göre korbikulat arıların yaklaşık olarak 80-90 milyon yıl önce ayrıldığı tahmin edilmiştir.

2. GENEL BİLGİLER

2.1. *Bombus* Cinsine Ait Genel Bilgiler

Takım: Hymenoptera

Alttakım: Apocrita

Üstfamilya: Apoidea

Familya: Apidae

Tribüs: Bombini Latreille, 1802

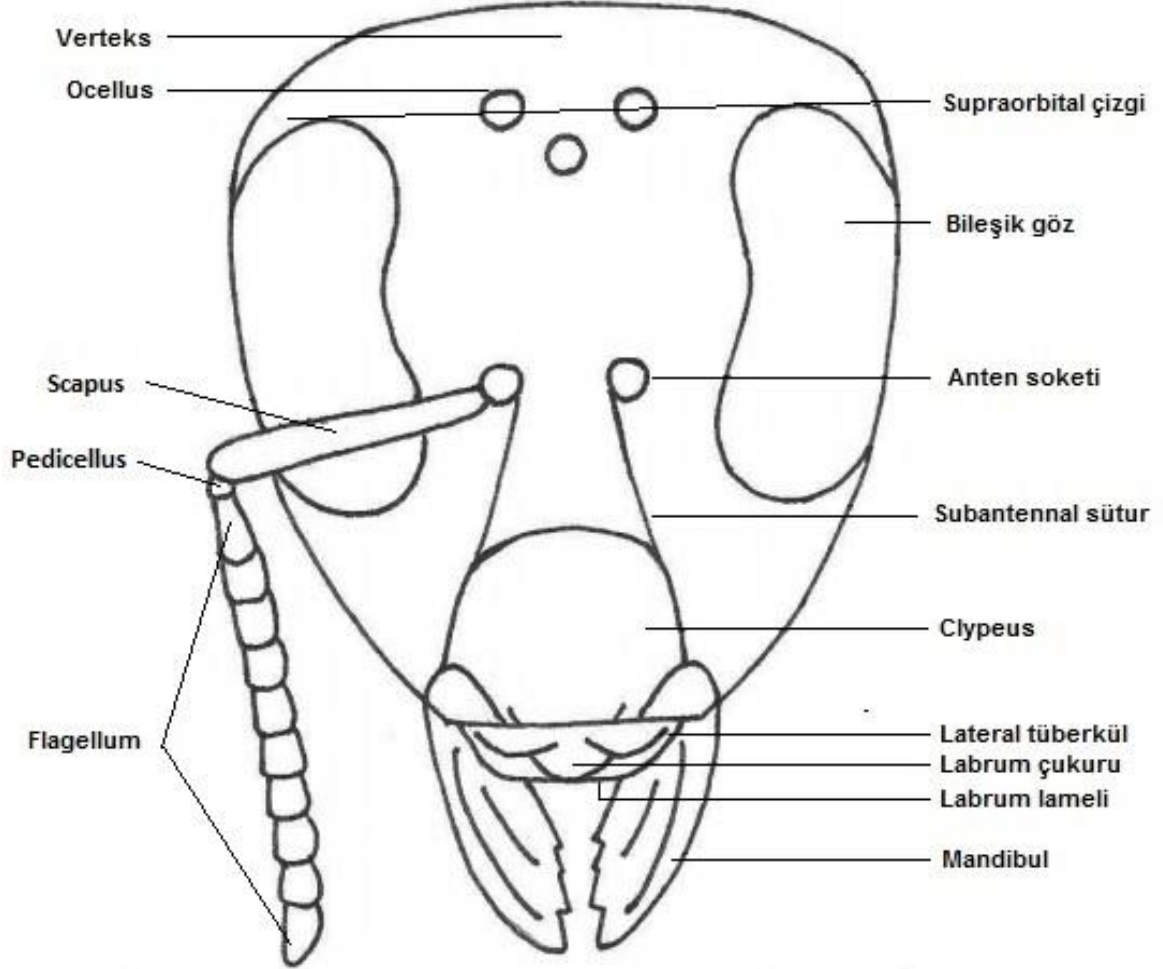
Genus: *Bombus* (s.l.) Latreille, 1802

Bremus (Jurine), 1801

Bombus arıları, Bombini tribüsünü oluşturan monofiletik bir gruptur [12, 36, 37]. *Bombus* arıları, hantal bir görünüm ve kendilerine özgü renk desenleri oluşturan uzun ve genellikle canlı renkteki tüylere sahip olmaları ile dikkat çekerler [35]. Bu kıllar vücudun bazı bölgelerinde seyrekleşir, bazı bölgeleri ise tamamen kılsızdır. Kanatlar membran yapıdadır ve destek damarlanmaları basittir [38]. Kanatlar ya tamamen şeffaf veya kahverengimsi siyah ya da bu iki renk arasında bir tonda olabilir.

Bombus arılarında baş, hypognathous tipte olup, dorso-ventral olarak hafif basıktır [32]. Vücudun baş kısmı beyni, tükürük bezlerini ve sindirim kanalının anterior kısmını içermekte ve bir çift bileşik gözü, üç adet basit ocelliyi, bir çift anteni ve ağız parçalarını bulundurmaktadır [38]. Başın bileşik gözler dışında kalan kısmında, ince, uzun, değişik renk ve sıklıkta tüyler bulunur. Oldukça iri olan bileşik gözler, başın lateral kısımlarını hemen hemen tamamen kaplar [39]. Bileşik gözlerin iç kenarları ile lateral olarak sınırlandırıldığı bölgede çoğu *bombus* arısı dışında vertekste neredeyse doğrusal bir sırayla dizilmiş olan 3 adet ocelli bulunmaktadır [32, 40]. Lateral ocellus ile bileşik göz arasındaki alana ocellular veya ocellar alan ve bileşik gözlerin üst kenarına teğet olarak geçen sanal çizgiye de supraorbital çizgi adı verilir. Anten soketlerinden çıkan anten, bazalde uzun bir skapus, kısa bir pedisel ve dişilerde 10 adet, erkeklerde ise 11 adet segmente

ayrılmış olan flagellum segmentlerinden oluşur [38, 41]. Anten dişilerde 12, erkeklerde 13 segmentlidir [32]. Özellikle ilk üç anten segmentinin boyu sistematik açıdan oldukça önemlidir. Anten çukuru altında bir subantennal dikiş vardır [6].

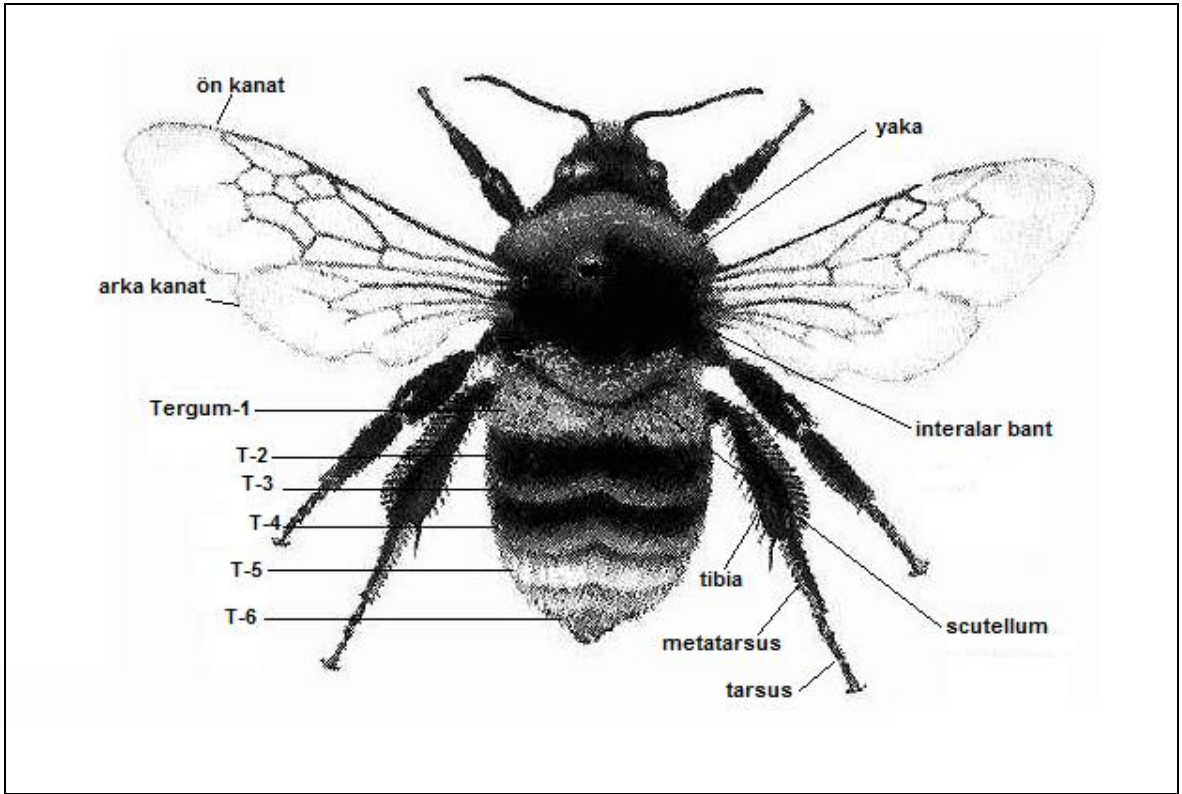


Şekil 2.1.1: Dişi bir bombus arısında başın anteriordan şematik görüntüsü.(Barkan 2010'dan değiştirilerek alınmıştır)

Başın en aşağı apeksinde, serbestçe hareket edebilen bir yapıda olan labrum bulunmaktadır. Labrum clypeusun apikal kenarı ile birleşmiş durumdadır [32]. Labrumun eni boyundan en az iki kat daha fazladır ve dörtgene yakın şekildedir. Uç kısmında labrum lameli yer alır. Labrumda uzunlamasına median bir çizgi bulunmaz, ancak dişilerde enlemesine bir çukurluk söz konusudur. Clypeusta enine subapikal bir çukurluk bulunur ve apicolateral kenarlar occiputa doğru kıvrılmıştır [37]. Bileşik gözün alt kenarı ile mandibulanın bazali arasında kalan ve

genişliği mandibul bazalinin genişliğini veren b6lge malar alan adını almaktadır [6, 41].

Bombinae altfamilyası teşhisinde bacaklar ve kanatlar 6nem taşır, ayrıca thorakstaki kılların rengi, uzunluğu ve sıklığı 6zellikle t6r teşhisinde kullanılmaktadır [6]. Cervix ile prothoraksın dorsal kısmı arasındaki b6lge yaka adını almaktadır [42]. Mesothoraks dorsalinde iki tegulae arasında bulunan kıllar interalar bantı oluştururlar [6, 42]. Mesothorasic segmentin dorsal y6zeyi olarak adlandırılan mesonotum scutum ve scutellum olmak 6zere iki kısma ayrılarak incelenir [32]. Scutellum interalar bandın posteriorunda bulunmaktadır [6]. Bombus arılarında scutellum mesonotumun neredeyse tamamını kaplar [40].



şekil 2. 1. 2: *Bombus* cinsinde v6cudun genel şematik g6r6n6m6 (Aytekin, 2002'den değiştirilerek)

Her bir bacak koksa, trochanter, femur, tibia, 5-segmentli bir tarsus'tan ve bir 6ift terminal tırnaktan oluşmaktadır. 6n bacaklarda anten temizleme organı bulunur. Orta tibiada bir, arka tibiada ise iki distal mahmuz vardır [40]. Dişilerde arka tibianın dış y6zeyi d6z, 6ıplak ve parlaktır; yanlarda kıvrık uğlu olan uzun kıllar,

polen taşıma organı olan tibial corbiculayı (polen sepeti) oluşturur [31]. Corbicula metatibianın apekse doğru uzamasıyla oluşan, az çok yassılaştırmış bir yapıdır [32].

Kanatlar ikinci ve üçüncü thoraks segmentinden çıkmaktadır. Kanatlar thoraks küçük aksillar skleritler aracılığı ile bağlanmaktadır [32]. Kanatlar membran yapıdadır ve destek damarlanmaları basittir [38]. Arka kanatlarda jugal lob bulunmamaktadır. Pterostigma çok küçüktür, posterior kenarı neredeyse düzdür ve genişliği hiçbir zaman prestigmanın genişliğini aşmamaktadır [40].

Abdomen, dişilerde görülebilir altı, erkeklerde ise yedi segmentten meydana gelir; dişilerde distal kısım sivri, erkeklerde ise yuvarlaktır [6, 7, 43]. Dişilerde ovipozitör savunma aracı olarak kullanılmak üzere zehir kesesine bağlı olan bir iğneye dönüşmüştür [44]. Yumurtalar ovipozitör yerine, iğnenin bazalinde bulunan bir açıklıktan bırakılırlar [29]. Erkeklerde abdomen sonunda, genital kapsül bulunur. Temel kopulatör organ olan kapsül, kendine özgü ve cins seviyesinde önemli birtakım belirgin skleritlerden oluşan oldukça karmaşık bir yapıdır [40].

Bombinae altfamilyası üyelerinde, erkeklerde genital organ karakterlerinin tür düzeyinde taksonomik önemi olan farklılıklar gösterdiği, dişilerde ise bu farklılıkların az sayıda ve çiftleşmede etkili olmayan kısımlarda görüldüğü ortaya konmuştur [45]. Çoğu durumda, türlerin güvenilir şekilde teşhisi ancak erkek genital organlarının incelenmesi ile gerçekleştirilmektedir. Erkek genital organı morfolojisi bombus arılarını ayırt etmede ve taksan arasındaki ilişkileri anlamlandırmada kullanılan etkili bir karakterdir. Taksanın sahip olduğu pek çok karakter yanında erkek genital organ yapısının içerdiği yüksek özgünlük [36, 37, 46] sayesinde, erkek genital organı türleri ayırt etmede kullanılan en önemli karakter olmuştur [5].



Şekil.2.1.3 : *Bombus* erkek genital organı [47]

2.2. *Bombus* (Hymenoptera: Apidae, *Bombus* Latreille) Cinsinin Kökeni

Bombus arılarının ilk olarak alpin kuşağa yayılmış olmaları Asya'nın yüksek dağlarında yaşamış bir *bombus* arısının, tüm *bombus* arılarının atası olduğunu muhtemel kılmaktadır [34]. *Bombus* arılarında ilk ayrışmanın Asya'daki yüksek dağlarda başladığı düşünülmektedir [36, 48]. Miyosen ve Oligosen dönemlerine ait *bombus* arısı fosilleri, *Bombus* (s.l.) farklılaşmasının yine 40 ile 20 milyon yılları arasında bir zaman aralığında başladığını göstermiştir [49].

Kuzey Amerika'dan Güney Amerika'ya doğru gerçekleşen yayılışta filogenetik olarak birbirinden bağımsız olaylar gerçekleşmiştir. Araştırma sonuçları Güney Amerika'ya varışın 15 milyon yıl önce gerçekleştiğini ancak Güney Amerika'da gerçekleşen ilk ayrılmaların *B. dahlbomi* ve *B. handlirshi* türlerinde yaklaşık 7.5 milyon yıl önce meydana geldiğini göstermektedir. *Bombus* arılarının ılıman iklimli Orta Amerika'dan Miyosen'de yayıldığı ve And Dağları'nın yeni ılıman iklimli bölgelere kapılarını açtığı periyotta Amerika'ya ulaşmış olabileceği düşünülmektedir [34]. *Bombus*'ların evrimi boyunca Eski Dünya'daki bölgeler arasında dikkate değer bir hareket meydana gelmiş olsa da, *Oriental Melanobombus* Dalla Torre, 1880 ve *Pyrobombus* Dalla Torre, 1880 ve Batı

Palaeartktik *Thoracobombus* Dalla Torre, 1880'dan bir klad dâhil olmak üzere bazı Eski Dünya kladları birleşik durumda kalmışlardır. *Pyrobombus* Dalla Torre, 1880, *Bombus* (s. str.) Latreille ve *Subterraneobombus* Vogt, 1911 altcinslerinin atası Batı Nearktik bölgesindedir [34].

Çeşitli araştırmacılar tarafından tüm *Bombus* (s.l.) türlerine ait revizyonların, katalogların ve kontrol listelerinin ortaya çıkarılması birkaç kez denenmiştir. Richards [4]'a göre Latreille (1809) *Bombus* (s.l.)'ta 13 tür, Smith (1854) 87 tür (79 *Bombus* + 8 *Apathus* [= *Psithyrus*] (*Bombus* (s.l.)'un yuva paraziti olan ve morfolojik benzerlikler gösteren grup)) olduğunu tanımlarken; pek çok sinonime ve eski referans yer veren ve sinoptik olarak en doğru şekilde ele alınarak hazırlanan Dalla Torre (1896)'da 255 (fosil olmayan) tür (228 *Bombus* + 27 *Psithyrus*) tanımlanmış, daha sonra Skorikov (1922) *Psithyrus*'un dâhil edilmediği içerisinde birkaç sinonimin bulunduğu 237 tür listelemiştir. Yine aynı yazara göre, günümüzde bilinen türleri kendi cinsi ve alt cinsi içerisine yerleştirmeyi başarmıştır. *Bombus* arıları ile ilgili geçmişte hazırlanan birkaç çalışmadan da anlaşılacağı gibi, tür olarak kabul edilen taksonların sayısı 19. yüzyıl boyunca hızlı bir artış göstermiştir. Williams [12]'a göre 239 tür sayısının günümüzde 250 civarında olduğu düşünülmektedir [5].

2.3. *Bombus* (Hymenoptera: Apidae, *Bombus* Latreille) Cinsi Taksonomisi

Bombus arıları morfolojik olarak ayırt edilmeleri oldukça güç türlerden oluşur [41]. Bu nedenle de taksonomileri ile ilgili problemler her zaman var olmuştur (Williams *et al.*, 2008). Takson ile ilgili çalışmalar gerçek anlamda Linnaeus ile başlamıştır. Linnaeus, *Bombus* türlerini *Apis* cinsi içerisine yerleştirmiştir [50]. Latreille, 19. yüzyılın hemen başında *bombus* arıları ile bal arılarını ayırarak oluşturduğu *Bombus* cinsi içerisine 13 tür dahil etmiştir. Otuz yıl kadar sonra, Lepeletier (1832) yuva-paraziti olan türleri de ayrı bir grup olarak değerlendirerek, bunları *Psithyrus* cinsi içerisine yerleştirmiştir [51].

19. yüzyıl süresince yapılmış çalışmalar araştırmacıların kısıtlı imkanlarıyla ilintili olarak dar alanlarla sınırlı kalmıştır. Bu durum da yalnızca belirli bölgelerden toplanmış materyal üzerinden tüm cins için sınıflandırma çalışmaları yapılmasına

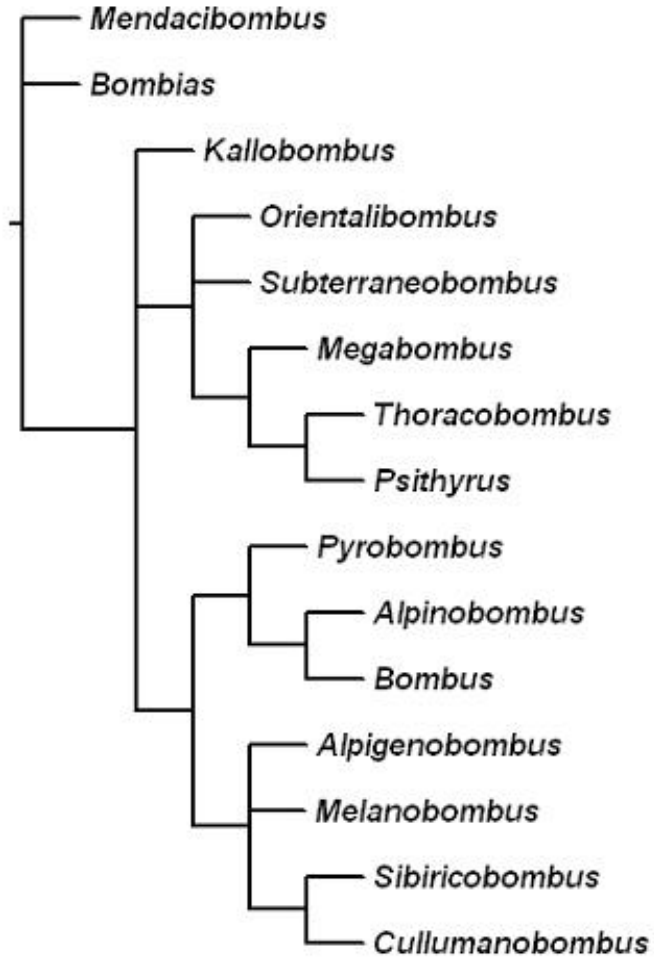
ve sistematik açıdan pekçok karışıklığın oluşmasına sebep olmuştur [12]. Bu durumun bir başka nedeni de Mayr [52]'e göre 19. yüzyılda çok fazla sinonim oluşturma eğilimidir.

Bombus cinsi içerisinde incelenen arıların sınıflandırılmasında yaşanan sorunların anlamlı bir şekilde azaltılabilmesi adına farklı araştırmacılar tarafından çeşitli fikirler ortaya atılmıştır. *Bombus* türlerinin sistematığında, taksa içerisinde değişik ortak özellikleri baz alarak cinsi, altcinslere ayırma fikri 19. yüzyılın son çeyreğinden beri kabul gören bir görüş olmuştur. Burada amaç türler arası ilişkileri özetleyebilmektir. Büyük cinslere bağlı çok sayıda türün teşhislerinde ortaya çıkabilecek zorlukları önlemek için birbirine yakın türler bir araya getirilerek "altcinsler" oluşturulur [52]. *Bombus* cinsi yaklaşık 250 türe sahip politipik bir cinstir [5]. Günümüze kadar yaşanan süreçte altcins ayırım karakterlerindeki farklılaşmalar ve bu çerçeveye kaymasıyla farklı sınıflandırmalar oluşturulmuştur.

Dalla Torre (1880; 1882), yalnızca tüy rengini esas alarak *Bombus* cinsini dokuz altcinste incelemiştir. Böylece *Bombus* cinsinin altcinslere ayrılmasında kullanılan ilk karakter renklenme olmuştur [52]. Ancak pek çok böcek grubunda da olduğu gibi renklemenin güvenilir bir karakter olmadığı sonucuna zamanla ulaşılmıştır [52, 53]. Renklenme, popülasyon içi ya da popülasyonlar arası değişken bir karakterdir. *Bombus* cinsi içerisinde Müller mimikrisinin görüldüğü popülasyonlar da bulunmaktadır [37, 55]. Daha sonra Radoszkowski (1884), erkek genital organ morfolojilerinin benzerlikleri esas alarak yeni bir sınıflandırma yapmış ve *Bombus* cinsini beş altcinsle ayırarak incelemiştir. Morfolojik karakterler esas alınarak yapılan bu çalışma Vogt (1911) tarafından geliştirilerek altcins sayısı, *Soroensibombus*, *Terrestribombus*, *Sibiricobombus*, *Cullumanobombus*, *Pratobombus*, *Lapidariobombus*, *Hortobombus*, *Agrobombus* ve *Subterraneobombus* olmak üzere dokuzaya çıkartmıştır. Krueger (1917), dişilerde orta basitarsusta sivri bir çıkıntı olması ve her iki eşeyde de uzun malar alan yapısı bulunmasını kullanarak, Bombinae'yi *Odontobombus* ve *Anodontobombus* olmak üzere iki ana gruba ayırmıştır [5, 51].

Skorikov (1914;1922;1923;1931) alışmalarıyla Vogt'un oluşturduğu sistemi geliştirmiştir. Ayrıca türlerin filogenisi, davranışları, ekolojileri ve yayılışlarını da kapsayan bilgilere yer vermiştir [5].

Uzun bir aradan sonra Richards [4], daha önceki tüm çalışmaları kapsayacak bir araştırma ile parazitik *Psithyrus* türlerini de dâhil ederek, hepsini *Bombus* cinsine ait 35 altcinste incelemiştir. Geçen süre zarfında bu kapsamda incelenen bombus arılarının son olarak DNA tabanlı alternatif bir çalışma ile altcins sayıları 15'e indirilmiştir [5]. Bu yeni sisteme göre ***Bombus*** cinsi içerisinde ***Psithyrus***, ***Mendacibombus***, ***Bombias*** (*Bombias* + *Confusibombus*), ***Alpigenobombus***, ***Sibiricobombus*** (*Sibiricobombus* + *Obertobombus* Reinig, 1930), ***Subterraneanobombus***, ***Thoracobombus*** (*Tricornibombus* Skorikov, 1922 + *Fervidobombus* + *Rhodobombus* + *Laesobombus* Skorikov, 1922 + *Eversmannibombus* Skorikov, 1938 + *Mucidobombus* Skorikov, 1922 + *Thoracobombus*), ***Megabombus*** (*Diversobombus* Skorikov, 1914 + *Senexibombus* Frison, 1930 + *Megabombus*). ***Orientalibombus*** Richards, 1929, ***Bombus s.str.***, ***Alpinobombus***, ***Cullumanobombus*** (*Cullumanobombus* + *Brachycephalibombus* + *Rubicundobombus* Skorikov, 1922 + *Coccineobombus* Skorikov, 1922 + *Dasybombus* + *Crotchiibombus* Franklin, 1954 + *Seperatobombus* Frison, 1927 + *Funebribombus* Skorikov, 1922 + *Fraternobombus* Skorikov, 1922 + *Robustobombus* Skorikov, 1922), ***Pyrobombus*** (*Pyrobombus* + *Pressibombus* Frison, 1935), ***Melanobombus*** (*Rufipedibombus* Skorikov, 1922 + *Festivobombus* Tkalcu, 1972 + *Melanobombus*) ve ***Kallobombus*** olmak üzere 15 altcinste incelenmektedir [5].



Şekil 2. 3. 1: Williams *et al.*, [5] tarafından hazırlanmış, 38 altcinsten 15 altcine indirgeyerek *Bombus* cinsi için oluşturulmuş soy ağacı

2.4. *Bombus s.str* Genel Bilgiler

Bombus (s. str.)'un habitatı dağlık ovalar, ormanlar kenarları ve çayırlardır. *Bombus* (s.str.) altcinsi kısa dilli bombus arılarını içerir. *Bombus terrestris*, örtüaltı yetiştiricilikte ekonomik potansiyele sahip çok önemli bir türdür [55].

B. terrestris aynı altcinsin diğer türleri ile kolaylıkla karıştırılabilmektedir. Diğer taraftan kraliçeleri teşhis etmek biraz daha kolaydır: bunlardaki tüyler daha kısadır ve sarı bantlar *B. lucorum* ve *B. cryptarum*'a göre daha koyu renklidir.

B. terrestris Palearktikte en çok bulunan *Bombus* türüdür [56]. Farklı bölgelerde değişik tüylenme gösterebilirler. Doğu Karadeniz'den toplanan bazı örnekler *Bombus terrestris* türüne benzer tüy rengine sahipken, İç Anadolu Bölgesi'nde bulunan örneklerde dişi ve erkeklerde kıllar thoraksta interalar bant ve scutellum kısımlarında siyah, yakada bazı örneklerde sarı, bazı örneklerde ise siyahtır [42].

B. terrestris Batı Avrupa'da coğrafik olarak 9 alttüre ayrılmaktadır [56]. Bu alttürler şunlardır: *africanus* Krüger (Kuzey Afrika); *audax* (Harris) (Britanya Adaları); *calabricus* Krüger (Güney İtalya); *canariensis* Perez (Kanarya Adaları); *dalmatinus* Dalla Torre (Güneydoğu Avrupa); *lusitanicus* Krüger (Iber Yarımadası); *sassaricus* Tournier (Sardunya); *terrestris* (L.) s.s. (Orta ve Batı Avrupa) ve *xanthopus* Kriechbaumer (Korsika). Bu taksonlardan kimileri coğrafik olarak yalıtılmış ve belirgin biçimde ayrılmış durumdadır. Örneğin Kanarya Adaları'nda *canariensis*, Korsika'da *xanthopus*, Korsika ve Sardunya'da *sassaricus* bu durumdadır. Bu durum kimi araştırmacılara bu alttürlerin tür düzeyinde ayrılmış olduklarını düşündürse de yapılan çalışmalar da bunların kendi aralarında serbestçe çiftleşebildiklerini göstermiştir. Balkanlar, Küçük Asya, Urallar ve Orta Asya'daki dağlardaki popülasyonlarda belirgin bir farklılık gözlemlenmemektedir ve bunların tamamı *dalmatinus* alttürüne dâhildir [56, 57].

Türkiye'de tıpkı tüm Akdeniz sahilinde olduğu gibi *B. terrestris* kışın da yaşayabilen tek bombus arısı türüdür. Fransa'nın güneyinde yılda iki ya da üç kuşak verirken [56], Antalya'da tek bir kuşak görülmektedir [58]. Anadolu'da Rasmont & Flagothier [59] *B. terrestris*'i 0 ile 2200 metre aralığında ve %80'ini de 2 ile 1510 metre yükselti aralığında tespit etmişlerdir. Toroslar'da örneklerin %75'i 500 metrenin altında bulunmuştur [60].

B. lucorum birçok araştırmacı tarafından yaklaşık bir asır önce *B. terrestris*'ten ayrılmıştır. *Bombus s.str.* altcinsinde türlerin morfolojik olarak tanımlanması diğer bombus gruplarına göre daha fazla problem yaratmaktadır. Bu durum özellikle Avrupa'daki birçok araştırmacı için çalışmalarında engelleyici bir durum olmaktadır. Örneğin, yirminci yüzyılın ortalarına kadar sadece iki tür (*B. terrestris* ve *B. lucorum*) kabul edilmekteydi. Daha sonra yapılan çalışmalarla üçüncü tür olarak *B. magnus* eklendi. [61].

Reinig (1972) *B. lucorum*'u fundalık türü olarak benimserken; Rasmont [63] orman türü olduğunu ifade etmektedir. Anadolu'da, Rasmont & Flagothier [59] 230 ile 2855 metre yükseklik aralığını yaşam alanı olarak belirtmekte ve örneklerin %80'ini 1000 ile 1850 metre aralığından topladıklarını ifade etmektedirler.

Morfolojik olarak tanımlama da benzer bir zorluk, *B. cryptarum*'un tanımlanmasında yaşanmıştır [61]. *B. lucorum*'un tüy rengindeki olağanüstü çeşitlilik nedeni ile bazı bölgelerden toplanan kimi örnekler *B. cryptarum* (ya da *B. magnus*)'a benzediğinden böylesi tereddütler ortaya çıkabilmektedir. *B. lucorum* ve *B. cryptarum* arasındaki ayırım daha yenidir. Rasmont [64] ve Williams [12, 37] gibi bazı araştırmacılar tarafından kerhen kabul görmektedir. *B. cryptarum*, Avrupa'da uzunca bir süre tür olarak kabul edilmemiştir. *B. cryptarum* yakın bir zamanda tür olarak kabul edilmiştir [61].

Bombus cinsi içerisinde incelenen *B. terrestris* ve *B. lucorum* türlerinde erkeklerde genital organ yapısı çok büyük benzerlik göstermektedir. Morfolojik olarak da birbirine çok benzeyen bu iki türün en belirgin ayırım karakterleri lacinianın apikalindeki uzantının *B. terrestris*'de *B. lucorum*'dakine göre daha geniş olmasıdır. Dişilerde ise *B. terrestris*'de dördüncü ve beşinci sternumda kızıl-sarı renkte kılların bulunması ve ikinci tergumun parlak yüzeye sahip oluşu morfolojik farklılıklar olarak görülmektedir.

2.4.1. **Bombus (Bombus) terrestris (L., 1758)**

Apis terrestris L., 1758

Apis virginalis Geoffroy, 1785

Bombus cullumanus (Kirby), 1802

Bombus audax (Harris), 1870

Bombus silantjewi Morawitz, 1892

Bombus holsaticus Krüger, 1954

Dünya Yayılışı: İskoçya, İngiltere [38]; Bulgaristan [65]; Polonya [66]; Danimarka, İsveç, Çekoslovakya, Romanya [67]; İtalya, İber Yarımadası, Türkiye, Yunanistan, Kuzey Afrika, Kafkasya [7]; İsveç [46]; Hollanda [68]; Fransa [69]; Tazmanya [70]; Korsika [71]; Almanya [72]; Polonya [73]; Toscano Yarımadası [74]; Arjantin, Şili [75]; Tazmanya, Yeni Zelanda, Japonya, Meksika, Avustralya, Çin [61].

Türkiye Yayılışı: Uludağ (Bursa) [76]; Kastamonu, İsfendiyar Dağları, Ilgaz Dağı (Kastamonu), Baba Dağı (Zonguldak) [77]; Bursa, Ordu, Fatsa, Ünye, Rize, Sivriköy,; Ayazma (Çanakkale) [78]; Isparta, Ağlasun (Burdur), Termessos, Cevizli (Antalya), Kireli, Beyşehir, Ereğli (Konya), Ulukışla (Niğde), Aksaray [79]; Erzurum, Olur [6]; Artvin, Rize, Trabzon, Gümüşhane, Giresun, Ordu, Tokat, Amasya, Çorum, Samsun, Sinop, Kastamonu, Çankırı, Kırklareli, Kırşehir, Ankara, Eskişehir, Kütahya, Bursa, Bolu, Bilecik, Yalova, İstanbul, Tekirdağ, Balıkesir, Çanakkale, Manisa, İzmir, Aydın, Muğla, Antalya, Burdur, Isparta, Afyon, Konya, Karaman, Niğde, Nevşehir, İçel, Adana, Osmaniye, Hatay, Gaziantep, Kahramanmaraş [80]; Ankara [81].

Ziyaret Ettiği Bitkiler: *Actina deliciosa* (A. Chevalier) C. F. Laing & Ferguson, *Arctium* sp., *Callistephus chinensis* Ness., *Centaurea cyanus* L., *Campanula* sp., *Chenopodium* sp., *Convolvulus arvensis* L., *Fagopyrum* sp., *Filipendula* sp., *Galeopsis* sp., *Geum* sp., *Helianthus* sp., *Hypericum* sp., *Jasione montana* L., *Linaria vulgaris* (L.) Mill., *Lotus corniculatus* L., *Lythrum salicaria* L., *Melandryum* sp., *Melilotus* sp., *Onobrychis* sp., *Papaver* sp., *Phaselous* sp., *Prunella vulgaris*

L., *Rumex* sp., *Salix* sp., *Scabiosa* sp., *Sinapis arvensis* L., *Tagetes erectus*, *Tilia* sp. *Trifolium pratense* L., *T. repens* L., *Verbascum* sp., *Zynia elegans* Jacq. [66]; *Anchusa officinalis* L., *Ajuga genevensis* *Centaurea solstitialis*, *C. phrygia*, *C. stoebe*, *Cirsium appendiculatum*, *C. ligulare*, *Chameanarium angustifolium*, *Echium italicum*, *E. vulgare*, *Galeopsis tetrachit*, *Jasione montana*, *Lamium galeobdolon*, *Lineria genistafolia*, *Lotus corniculatus*, *Lythrum salicaria*, *Medicago falcata*, *M. sativa*, *Nepeta pannonica*, *Ononis hircina*, *Rhinanthus rumelicus*, *Salvia verticillata*, *Stachys germanica*, *S. officinalis*, *Thymus pulegioides*, *Trifolium pratense*, *Verbascum decorum*, *V. speciosum*, [65]; *Echium italicum* L., *Echinops* sp., *Gaillardia* sp. [81]; *Ajuga* sp., *Anchusa azurea*, *A. italicum*, *A. officinalis*, *Arctium lappa*, *Brassica napus*, *Cerinthe* sp., *Campanula* sp., *Cistus* sp., *Carduus* spp., *Carthamus vulgaris*, *C. lanatus*, *Centaurea scabiosa*, *C. solstitialis*, *Cirsium acaule*, *C. arvense*, *C. eriophorum*, *C. palustre*, *Coronilla emerus*, *C. varia*, *Cytisus* sp., *Echinops sphaerocephalus*, *E. viscosus*, *Echium vulgare*, *E. creticum*, *Erica cinerea*, *Eryngium* spp., *Gentiana* sp., *Geranium* spp., *Glechoma dedeacea*, *Helianthus annuus*, *Lamium album*, *L. maculatum*, *Lathyrus pratensis*, *Lavandula* sp., *Lavatera* sp., *Lythrum* sp., *Lotus corniculatus*, *Malus domestica*, *Malva* sp., *Mentha longifolia*, *Onobrychis viciifolia*, *Prunus* spp., *Rubus idaeus*, *Salix* spp., *Salvia* spp., *Stachys alpina*, *S. germanica*, *S. lanata*, *S. officinalis*, *Taraxacum officinale*, *Teucrium* spp., *Thymus* spp., *Trifolium pratense*, *T. repens*, *Vaccinium myrtillus*, *Vaccinium* sp., *Vicia cracca*, *Vitex agnuscastus*, [80]; *Ajuga genevensis*, *Anthyllis vulneraria*, *Carduus nigrescens*, *Centaurea cyanus*, *Centaurea scabiosa*, *Dipsacus fullonum* *Epilobium angustifolium*, *Helianthemum nummularium*, *Helianthus annuus*, *Onobrychis viciifolia*, *Rubus* sp., *Stachys officinalis*, *Stachys germanica*, *Trifolium incarnatum*, *Trifolium pratense*, *Vicia cracca*, *Vicia sativa* [82]; *Anchusa leptophylla*, *A. officinalis*, *Asphodeline cilicica*, *Ballota nigra*, *Carduus macrocephalus*, *Centaurea kotschyi*, *Echinops orientalis*, *E. ritro*, *E. viscosus*, *Echium* sp., *Gaillardia pulchella*, *Rubus* sp., *Stachys cretica*, *Salvia verticillata*, *Teucrium chamaedrys*, *Vitex pseudonegundo* [60]; *Anchusa* sp., *Carduus* sp., *Cerinthe* sp., *Cirsium* sp., *Coronilla* sp., *Delphinium* sp., *Echium italicum* L., *Lotus corniculatus* L., *Onobrychis* sp., *Onosma* sp., *Pedicularis* sp., *Salvia* sp., *Stachys* sp., *Trifolium* sp. [79]; *Echinops viscosus bithynicus*, *Echium plantagineum*, *Nepeta* sp., *Stachys byzantina*.

2.4.2. **Bombus (Bombus) lucorum (L., 1761)**

Bombus cryptarum (Fabricius, 1775)

Bombus lucocryptarum Ball, 1914

Bombus magnus Alford, 1975

Dünya Yayılışı: Sovyetler Birliği [83]; Finlandiya [84]; Afganistan [85]; İngiltere, İskoçya [38]; Bulgaristan [65]; İrlanda, İngiltere, İskoçya, Galler, Shetland Adaları, Norveç, Danimarka, İsviçre, Finlandiya, Rusya [86]; Alaska [2]; Danimarka, Norveç, İsveç, Finlandiya, Sovyetler Birliği [87]; İber Yarımadası, Yunanistan, Türkiye, Transkafkasya [7]; Yugoslavya [88]; Hollanda [68]; İsviçre, Fransa, [69]; Korsika [71]; Almanya [72]; Estonya [89]; Polonya [73]; Finlandiya [90]; Çin [91].

Türkiye Yayılışı: Uludağ (Bursa) [76]; Bolu, Araç, Boyalı, İsfendiyar Dağları (Kastamonu), Küre, İnebolu [78]; Uludağ, Sivriköy, Hamsiköy, Zigana, Kop Dağları, Çakmak Dağları (Erzurum) [79]; Kobaklı (Çanakkale), Çayırbaşı, Yalnızçam Dağları (Ardahan) [62]; Dumlubaba, Pazaryolu, Köroğlu Ormanı, (Erzurum), Ardahan, Göle [6]; Dumlubaba, Göle, Ardahan, Palandöken [80]; Ankara [81].

Ziyaret Ettiği Bitkiler: *Achiella millefolium*, *Anchusa officinalis*, *Carduus candicans*, *Centaurea stoebe*, *C. phrygia*, *Chamaenerium angustifolium*, *Cirsium appendiculatum*, *Echium vulgare*, *Erysimum canescens*, *Galeopsis tetrachit*, *Knautia arvensis*, *Lamium galeobdolon*, *Nepeta pannonica*, *Ononis hircina*, *Rhinanthes rumelicus*, *Senetio nemorensis*, *Stachys officinalis*, *S. alpina*, *Teucrium chamaedrys*, *Thymus balcanus*, *Trifolium pratense*, *T. pannonicum* [66]; *Astragalus* sp. *Stachys* sp., [81]; *Centaurea cyanus*, *Centaurea nigra*, *Epilobium angustifolium*, *Helianthemum nummularium*, *Hypericum maculatum*, *Jasione laevis*, *Knautia* sp., *Lotus corniculatus*, *Onobrychis viciifolia*, *Potentilla erecta*, *Prunella grandiflora*, *Rhinanthus* sp., *Rubus* sp., *Stachys officinalis*, *Trifolium pratense*, *Trifolium repens*, *Vaccinium myrtillus* [82]; *Mimulus guttatus* [92]; *Acantholimon acerosum*, *Aconitum vulparia*, *Ajuga chamaepitys*, *A. reptans*, *Alchemilla caucasica*, *A. sintenisii*, *Allium* spp., *Anchusa azurea*, *A. italicum*, *A. leptophylla*, *A. officinalis*, *Anthemis tinctoria*, *Anthyllis vulneraria*, *Arbutus unedo*,

Arctium lappa, *Astragalus aureus*, *A. christianus*, *A. laurus*, *A. lineatus*, *A. pinoterum*, *Athillis vulneraria*, *Ballota nigra*, *Calluna vulgaris*, *Caltha polypetala*, *Consolida orientalis*, *Campanula glomerata*, *Cerinthe minor*, *Carduus acanthoides*, *C. crispus*, *C. defloratus*, *C. nutans*, *C. personata*, *C. carlinoides*, *Centaurea glastifolia*, *C. jacea*, *C. iberica*, *C. montana*, *C. scabiosa*, *Cephalaria alpina*, *C. sparspilosa*, *Cicer anatolicum*, *Cichorium intybus*, *Cirsium arvanse*, *C. eriophorum*, *C. palustre*, *C. silvaticum*, *Caltha polypetala*, *Consolida orientalis*, *Coronilla emerus*, *C. orientalis*, *C. varia*, *Crepis foedita*, *Cytisus scoparius*, *Delphinium coelestinum*, *Digitalis ambigua*, *D. lutea*, *D. purpurea*, *Dipsacus silvester*, *Dryas octopetala*, *Echinops ritro*, *E. sphaerocephalus*, *Echium italicum*, *E. vulgare*, *Epilobium angustifolium*, *Erigeron caucasicus*, *Eryngium alpinum*, *E. campestre*, *E. billardiei*, *Euphorbia* spp., *Galeopsis speciola*, *Gantiana gelida*, *G. vema*, *Geranium sylvaticum*, *Geum rivale*, *G. montanum*, *Glechoma hederaceum*, *Helleborus* spp., *Hieracium umbellatum*, *H. oculichristi*, *Hypericum maculatum*, *Hyssopus officinalis*, *Knautia arvensis*, *Lamium album*, *L. macrodon*, *L. maculatum*, *Lathyrus montanus*, *L. pratensis*, *L. sylvestris*, *Ligustrum vulgare*, *Lotus corniculatus*, *Malus domestica*, *Marrubium vulgare*, *Medicago lupulina*, *Melilotus officinalis*, *Mentha longifolia*, *Minuartia erythrosepala*, *M. reurva*, *Nepeta nepetella*, *N. nuda*, *N. racemosa*, *Onobrychis cornuta*, *O. viciifolia*, *Ononis spinosa*, *Pisum arvense*, *Prunella grandiflora*, *P. vulgaris*, *Psoralea bituminosa*, *Pedicularis comosa*, *Polygala anatolica*, *Potentilla bifurca*, *P. fruticosa*, *Prunus avium*, *P. domestica*, *Rhinanthus angustifolius*, *Ribes* spp., *Rosa canina*, *Rubus billorus*, *R. idaeus*, *Salix* spp., *Salvia angustifolia*, *S. pratense*, *S. verticillata*, *Scabiosa atropurpurea*, *S. caucasica*, *S. columbaria*, *Scutellaria orientalis*, *Silene compacta*, *Solidago virgaurea*, *Stachys lanata*, *S. officinalis*, *Symphytum officinalis*, *Tanacetum vulgare*, *Taraxacum androssovii*, *T. crepidifome*, *Tragopogon* spp., *Thymus fallax*, *Trifolium pratense*, *T. repens*, *T. trichocephalum*, *Vaccinium myrtillus*, *Valeriana peucophaea*, *Veronica gentianoides*, *V. orientalis*, *Vicia canascens*, *V. cracca*, *V. sepium*, *V. silvatica*, *Ziziphora clinopodioides*, [80]; *Alector subalpinus*, *Cirsium spinosissimum*, *Helianthemum* sp., *Leontodon montanum*, *Oxytropis campestris*, *Phyteuma hemisphaericum*, *P. pauciflorum*, *Vaccinum uliginosu*, [93]; *Anchusa officinalis* [59]; *Echinops viscusus bithynicus*, *Nepeta* sp., *Stachys byzantina*.

2.5. Morfometrik Yöntemlerin Sistematikte Kullanımı

Morfometri, sınıflandırma işlemleri yapmak amacıyla sayısal hale getirilmiş her türlü verinin kullanıldığı bir dizi yöntemdir [94]. 1990'a kadar doğrusal ölçüler ve açılar gibi canlının sahip olduğu karakter durumlarını sayısal nicelik halinde alıp bunları benzerlik katsayıları kullanarak ölçekleme yöntemi ağırlıklı olarak kullanılmıştır. Ancak doğrusal ölçeklerin allometri, aynı bölgeden sürekli ölçü alarak tekrarlama sonucu oluşan tarafgirlik gibi sorunlara neden olması ve ortaya çıkan sorunların aşılmasında genel kabul gören bir çözüm bulunmaması nedenleri ile eleştirilmiştir [95]. Organizmanın kompleks şeklini klasik ya da geleneksel morfometrinin temelini oluşturan doğrusal (lineer) ölçümler ile özetlemek kolay değildir [96]. Doğrusal ölçümler karakterin (organizmanın) büyüklüğüyle de doğrudan ilintilidir ve elde edilen verinin standartizasyonu oldukça çaba gerektirir [95].

Klasik morfometrinin yetersiz kaldığı durumlar, araştırmacıların yapıların morfolojik özellikleri ile ilgili çalışmalar yapabilmek için alternatif yöntemler geliştirmelerine sebep olmuştur [97]. Geometrik morfometri ile bir taksondaki herhangi bir karakter durumu örneğin bir kanadın yapısı boyuttan ayrıştırılarak incelenmektedir. Bu amaçla geliştirilen çok sayıda yaklaşım bulunmaktadır. Bu tür yöntemler 20. yüzyılın başlarında D'Arcy Thompson tarafından ana formdan deformasyonlar biçiminde ortaya atılmıştır. Bilgisayar teknolojisinin gelişimine paralel olarak da yaygınlaşabilmiştir [98].

Geometrik morfometri kafatası ya da kemikler gibi üç boyutlu yapıların karşılaştırılmasında kullanılabileceği gibi iki boyutlu yapılarda da kolaylıkla kullanılmaktadır. İki boyutlu yapılardan elde edilen verinin güvenilirliği, teknik hatalar göz önüne alındığında nispeten daha yüksektir. Ancak yeterli sayıda birey ve landmark kullanılması halinde, bulunacak deformasyonlar biyolojik anlamlar içerecek biçimde yararlı olabilmektedir [95]. Bilgisayar teknolojisinin gelişimine paralel olarak morfometrik incelemelerin yapılacağı materyalin dijital ortama aktarılması ve depolanması kolaylaşmıştır [99]. Her türlü veri için geliştirilmiş çok sayıda bilgisayar programı bulunmaktadır. Bunlar arasında verinin tipine, örneklem büyüklüğüne, grafik yöntemine, canlının kendine has özelliklerine ya da yalnızca

estetik kaygılara bağlı olarak tercih yapılabilir. Bu programların çoğu temelde aynı algoritma ile çalışır [100].

Geometrik morfometrik çalışmalarda organizmanın biçimsel özelliklerini incelemek için landmark tabanlı yöntemler kullanılabilir.

Landmarklar biyolojik formları biçim ve büyüklük açısından özetlemeye yarayan ve her formda aynı ismi alan homolog noktalardır. Özellikle dokuların yan yana geldiği yerler Tip I olarak isimlendirilen ve görece daha güvenli kabul edilen landmarklardır [101]. Yapı üzerinde belirlenmiş homolog noktalar arasında lineer ölümler yapmak yerine, bu homolog noktaların iki ya da üç boyutlu kartezyen koordinatlarını tanımlayarak takson içi ya da taksa arası ilişkilerin çeşitli istatistiksel analizler ile değerlendirilmesi prensibi ile çalışılır [95, 97, 102].

Landmarklardan elde edilen verinin analizinde kullanılan görece warplar (Relative Warps) ve biçimsel koordinatlar (BC: Bookstein's Shape Coordinates), Bookstein [100] tarafından geliştirilmiştir. Procrustes Analizi'nde tüm landmarkların ağırlık merkezine uzaklığının karesi olarak bilinen "sentroid (ağırlık merkezi) büyüklüğü" değerleri temel alınarak, bu noktanın tanjant düzlemine olan mesafesi üzerinden landmarkların özetlendiği yapı st üste bindirilir ve böylece aradaki farklılıklar gözlemlenebilir [103]. Bu yapıldıktan sonra ikinci aşama ortaya çıkan farkların yeni bir düzlemde özetlenmesidir. Bu amaçla Temel geler Analizi (PCA), Kanonik Varyans Analizi (CANOVAR) ya da UPGMA soyağaçları kullanılabilir. Son aşamada ise çoklu varyans analizi (MANOVA) gibi testler ile özetlenen farklılıkların istatistiksel olarak anlamlı olup olmadığı test edilir. Landmarklar kullanılarak bir yapının biçimi belirlenirken st üste bindirme yöntemleriyle yapı skala etkisinden arındırılır. Böylelikle ortaya çıkan olası sonuç büyüklükten etkilenmez [101].

Günümüzde özellikle anatomistlerin [104] ve taksonomistlerin [102, 105] geometrik morfometrik yöntemler kullanarak biyolojik yapılarla ilgili yaptıkları çalışmalar önem kazanmaktadır [8]. Landmark tabanlı geometrik morfometri entomologların da benimsedikleri ve yoğun bir şekilde kullandıkları bir tekniktir [102]. Böcek vücudunda skleritlerin birleşme bölgeleri, kanat damarlanmalarındaki belirgin homolog noktalar bu tekniği böcek sistematide kullanışlı hale getirmiştir.

Comstock (1893) böcek kanadındaki damarlanmanın sistematik açıdan önemli bir karakter olduğunu ortaya koymuştur [106]. 1970'lerden günümüze, sistematik ve filogeni çalışan pek çok araştırmacı böcek kanatlarıyla ilgili, özellikle iki boyutlu morfometri çalışmaları yapmıştır [8, 9, 54, 105, 107, 108, 109, 110]. Geometrik morfometri özellikle baş, kanatlar ve genitalya gibi yapılarda, yapının biçimsel karakterlerini değerlendirebilmek adına kullanışlı bir araçtır [95].

Böcek kanatları geometrik morfometri çalışmalarında iki boyutlu düzlemsel bir yapı gibi kullanılabilir [95]. Kanatlar çevre ile doğrudan etkileşim halinde olduklarından organizmanın gelişimi ve evrimsel süreçte geçirdiği değişimleri açıklayabilir niteliktedirler [96]. Özellikle Diptera ve Hymenoptera takımından birçok familyaya ait türlerin kanatları tamamen zar yapıda olmaları, preparasyon hatalarının da az olmasını sağlamakta, postmortal değişimlerden görece az etkilenmekte ve Tip I landmarklara da yeteri kadar sahip olmaktadır [107].

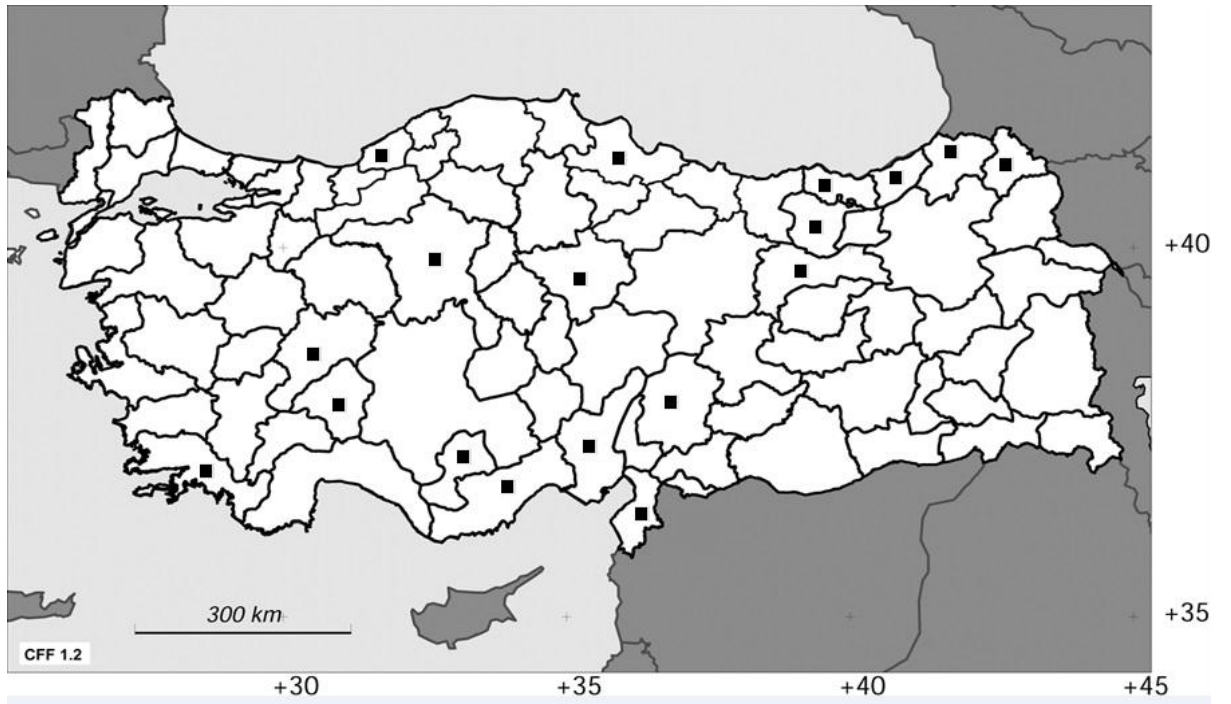
Böcek kanatlarıyla yapılmış sistematik ve filogeni konulu oldukça iyi sonuçlar alınmış iki boyutlu geometrik morfometrik çalışmalar bulunmaktadır [8, 9, 54, 105, 107, 108, 109, 110]. Klingenberg [9], dalgalı asimetri üzerine yaptığı çalışmasında bombus arılarının kanatlarında gelişimsel farklılaşmayı analiz edebilmek için landmark tabanlı geometrik morfometrik yöntemleri kullanmıştır.

Yöntemin, *Bombus spp.* için de yürütülen taksonomik çalışmalarda etkili bir yöntem olduğu ve diğer metotlara kıyasla daha ucuz, daha hızlı ve kullanılabilir olması nedeniyle daha avantajlı olduğunu söylenebilir. *Bombus* sistematğinde bu yöntemin olumlu sonuçlar verdiği gösterildiğinden kullanımı yaygınlaşmaktadır [8, 9, 10, 111].

3. GEREÇ VE YÖNTEM

3.1. İncelenen Örnekler

Bu çalışmanın konusunu oluşturan *Bombus* (s. str.) içerisinde yer alan türler Ankara, Artvin, Rize, Kahramanmaraş, Adana, Hatay, Mersin, Karaman, Isparta, Muğla, Yozgat, Erzincan, Antalya, Gümüşhane, Ardahan, Samsun ve Trabzon illerinden 1995 - 2009 yılları arasında toplanmış ve koleksiyona alınmış örneklerden oluşmuştur. (Şekil 3. 1. 1). Bu örnekler halen Hacettepe Üniversitesi Biyoloji Bölümü Morfometri Laboratuvarında bulunmaktadır.

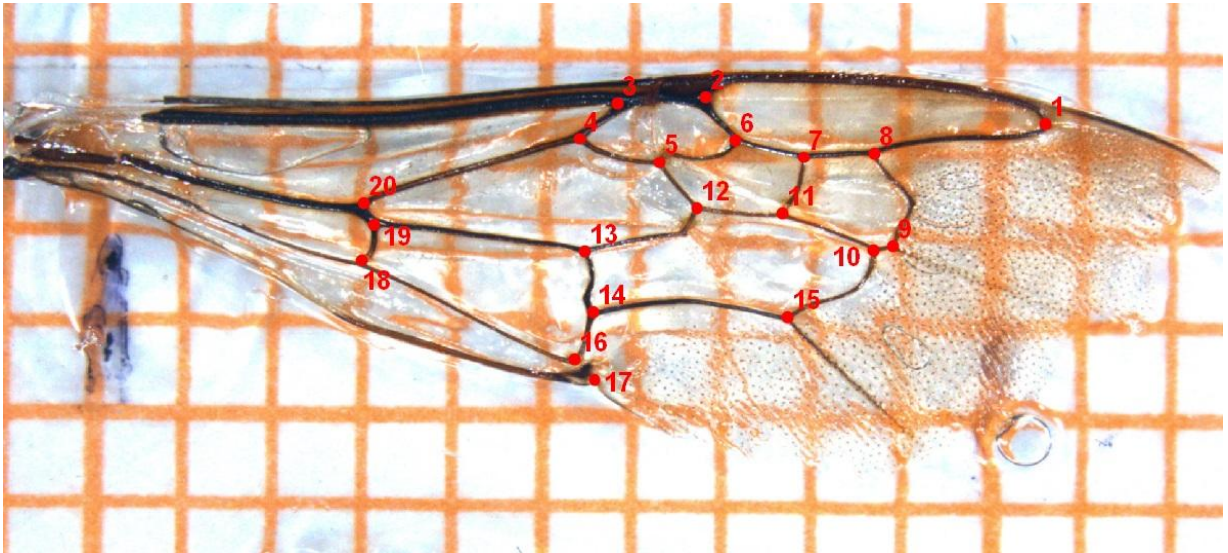


Şekil 3. 1. 1: Örneklerin toplandığı şehirlerin harita üzerindeki görüntüsü.

Örnekler tül atrap, ağız aspiratörü ve elle toplanmış, toplanan örnekler üzerlerinde özel kodları ve lokaliteleri yazılı etiketler ile birlikte tüpler içerisine alınmıştır. Daha sonra laboratuara getirilen örnekler büyüklüğüne göre "1" ve "2" numara çelik iğnelerle thoraklarının tam ortasından iğnelenerek, etiketleriyle birlikte koleksiyona alınmışlardır. Erkek bireylerin genital organları teşhis yapılabilmeleri amacıyla görünür hale getirilmiştir. Bunun yanı sıra, yakalanan Bombusların hangi bitki üzerinde faaliyet halindeyken toplandığı kaydedilmiş ve bu bitkilerden de birer adet alınarak preslenmiş ve herbaryum hazırlanmıştır.

3.2. Landmark Tabanlı Geometrik Morfometri Çalışmaları

Bombus (s. str.) içerisinde yer alan türlere ait erkek ve dişi bireylerin sağ ön kanatları ayrı ayrı hazırlanmıştır. Damarlanma açık bir şekilde görüldüğünden boyamaya gerek duyulmamıştır. Bireylerin hazırlanan sağ ön kanatları entellan kullanılarak lam üzerine yapıştırılmış ve her birey için belirlenen kodlar yine aynı lam üzerine aktarılmıştır. Hazırlanan preparatlar Leica MZ-7.5 stereoskopik disseksiyon mikroskobu ve üzerine bağlı DC-300 dijital kamera kullanılarak bilgisayara aktarılmıştır. Bu fotoğraflar öncelikle Tps-UTIL 1.44 [112] programı ile düzenlenerek, tps programlarına uyumlu hale getirilmiştir. Bunun ardından, fotoğraflara Tps-DIG 2.12 [113] programı ile belirlenen noktalara 20 adet landmark yerleştirilmiş, böylece landmarkların iki boyutlu Kartezyen koordinatları dijitize edilmiştir.



Şekil 3. 3. 1: Ön kanatta kullanılan landmarklar.

TpsSmall 1.20 [114] programı ile örneklerin biçimlerindeki varyasyonun derecesi test edilerek, thin-plate spline gibi tanjant düzlemi mesafesi esas alınarak gerçekleştirilen istatistiksel analizlerin uygulanabileceği düşük varyasyonların olup olmadığı anlaşılmaktadır. Bu program ile her bir örnek aynı sentroid büyüklüğüne getirilir. Elde edilen konfigürasyon ile her bir örnek çifti arasındaki Euclid mesafesi hesaplanır. Doğrusal bir ilişkiden sapmalarını ölçebilmek için regresyon eğrisi ve iki mesafe arasındaki korelasyon hesaplanır. Oluşan dağılımların grafikteki düz çizgiye yakın olması, örnekler arasındaki yakınlığın anlaşılması için yeterli

olduğunu ifade etmektedir. Bunun ardından MorphoJ [115] programında da normalite ölçümü yapılmaktadır. MorphoJ programında, landmarkların procrustes analizi sonucu göre dağılımın normalitesi bakılmıştır. Ayrıca yine MorphoJ programında outliers (aykırı değer) testi ile iki nokta arasındaki mesafeyi ölçerken diğer noktaların davranışını da hesaba katan Mahalanobis Mesafesi kullanılarak grafik dökümünde verinin normalitesi test edilmiştir. TpsSuper 1.14 [116] programında ise yeterli landmarkın kullanılıp kullanılmadığı test edilmektedir. Öncelikle, her bir örneğin görüntüsü ortak bir konfigürasyona getirilir ve landmarkların ortalaması alınır. Tüm görüntülerde landmarkların kesişmeleri sağlanır ve bu görüntülerin ortalamaları alınır. Görüntülerin ortalamalarının alınmasından sonra belirsiz görünen bölgeler, görüntülerde örnekten örneğe değişiklik gösteren kısımlara işaret etmektedir. Her iki programda analize başlamadan önce kullanılarak şekil varyasyonu test edilmiştir.

Saptanan koordinatlar IMP (Birleştirilmiş Morfometri Paketi) [95] CoordGen6'de Procrustes rotasyonu (GPA: Generalised Procrustes Analysis) ile standardize edilmiştir [103]. Böylece landmark konfigürasyonları arasındaki farklılıklar (skala, ordinasyon ve yönelim) ortadan kaldırılmış olmaktadır [96].

Elde edilen veri, tpsRelw 1.45 [117]'de görece warp'ları açısından incelenmiştir. Biçimsel yapı farklarının ilk iki temel öge (PC) üzerindeki dağılımları IMP'de PCAGen6'da incelenmiştir. IMP CVAGen6'da ise kanonik varyans analizi gerçekleştirilmiş ve bireylerin ilk iki kanonik değişken üzerindeki dağılımları gösterilmiştir. Çalışmada gruplar arasında anlamlı bir fark olup olmadığı IMP programı içerisinde CANOVAR'da analiz edilmiştir. Ayrıca Program içerisinde gerçekleştirilen MANOVA uygulanmıştır. Yine CVA içerisinde Jackknife (Jackknife, yanlılık ve varyans tahminleri hesaplamalarında dağılımla ilgili kısıtlayıcı varsayımlar gerektirmeyen özel bir yeniden örnekleme yöntemidir. Parametrik olmadığından bu yönteminin uygulama alanı da oldukça geniştir. İlgilenilen istatistiğin standart hatasına ilişkin hesaplamaların da kolayca yapılabilmesine olanak sağlar. Bu yöntem örneklemeden her seferinde bir örnek değeri dışında bırakılarak tekrarlanır. Özellikle dağılımın yayılması geniş olduğunda veya veri grubunda uç gözlemlerin bulunduğu durumlarda kullanıma uygundur.) ile grupların ayrışma oranına bakılmıştır. Ayrıca grupların ayrışım oranını belirlemek için

PAleontological STatistics (PAST) Software [118]'de Diskriminant-Hotelling T² (Disk-Hot) testi yapılmıştır. Bu test iki grubun morfolojik olarak farklı olup olmadıklarını teyit eden standart bir testtir. İki grubun diskriminant puanlarının ortalamaları arasındaki orta nokta sıfır kabul edilerek grafikte iki grup halinde gösterilir. Ayrıca doğru sınıflandırılmış öğelerin yüzdesi de verilmiştir.

3.3 *Bombus (Bombus) terrestris* (L., 1758)'in Örtü Altı Tarımda Tozlaşma Faaliyetleri

Bombus arılarının tozlaştırıcı etkilerinin incelendiği çalışmanın ikinci kısmında ise 2007 ve 2008 yıllarında Hacettepe Üniversitesi Beytepe Kampüsü'nde bulunan HARÜM Organik Tarım Eğitim Serası'nda yapılmıştır. Fidelerin dikiminden önce, 30 cm. yüksekliğinde 10 sıra hazırlanmıştır. 2007 yılındaki ilk çalışmaya, GÖKÇE191 hibriti (Bu hibrit, yuvarlak, kırmızı, sert, dayanıklı ve raf ömrü uzun ürünler veren bir hibrit [119] fidelerin dikilmesi ile başlanmış, fideler 40 cm. aralıklarla dikilmiş ve takip eden süreçte sulama, bakım ve hasat gibi işlemler araştırmacılar tarafından yapılmıştır. Mayısın üçüncü haftası çiçeklenme başlamış ve çiçeklenme % 50'yi geçtikten sonra seraya Natupol+BD tipi *Bombus* kolonisinin olduğu kovan seraya yerleştirilmiştir (15 Haziran 2007).

Daha sonraki aşamada, kovandaki her bir *Bombus*'un interalar bandının olduğu bölgeye 2007 ve 2008 yıllarında farklı renklerdeki markalar yapıştırılmıştır. Her bir renk serisi 100 adet marka içermektedir. Bir renge ait bütün seri yapıştırıldıktan sonra diğer renge geçilmiştir. 2007 yılında sarı renk serisine ait bütün markalar yapıştırıldıktan sonra kalan diğer arılara kırmızı serinin 40-70 arası markaları kullanılmıştır. 2008 yılında ise renk serisine ait bütün markalar yapıştırıldıktan sonra kalan diğer arılara kırmızı serinin 71-99 arası markaları kullanılmıştır (Şekil 3. 3. 2).



Şekil 3. 3. 2: Bombus arılarının seralarda izlenmesi için yerleştirilen marka.



Şekil 3. 3. 3: Her bir fidenin sıra numarasını gösteren etiket.

Serada ise, domates fidelerinin dikileceği 10 sıraya bölünmüş ve bu sıralara toplam 600 tane fide dikilmiştir. Hazırlanan 10 sıraya bir harf verilmiş, dikilen her fideye de, önce dikildiği sıranın harfi daha sonra ise, o sıradaki kaçınıcı fide olduğunu ifade eden bir rakam verilerek etiketlenmiştir. (Şekil 3. 3. 3) Serada veri toplama işlemi 18 Haziran 2007 – 08 Temmuz 2007 tarihleri arasında yapılmıştır. Veri toplama işleminde, arıların çiçekte kalma süreleri kronometre ile kaydedilmiştir. Bunun haricinde, saat başı sera içi sıcaklık da Asel marka termometre ile kaydedilmiştir.

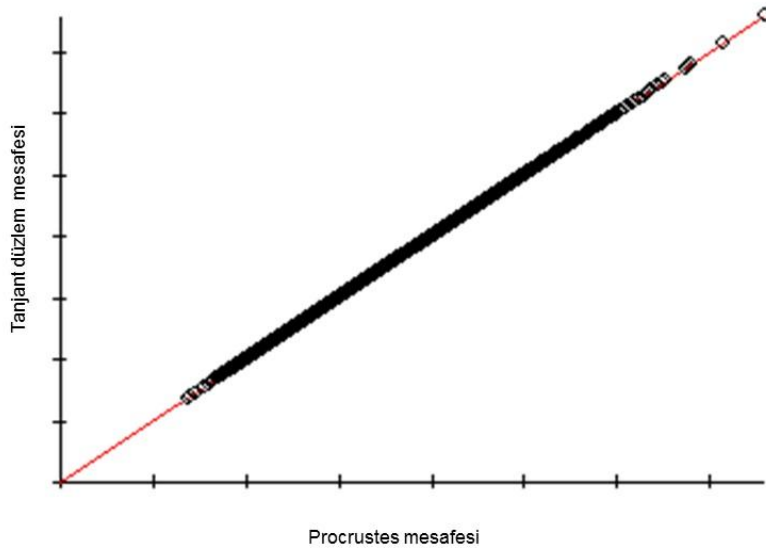
2008 yılındaki çalışmaya ise, 26 Nisan 2008 günü SELİN hibriti (Bu hibrit de, yuvarlak, koyu kırmızı, sert, dayanıklı ve raf ömrü uzun ürünler veren bir hibrit (http://www.tarimziraat.com/cesit_katalogu/sebze_cesitleri/domates_cesitleri/) fidelerin dikilmesi ile başlanmış, fideler yine önceki çalışmada olduğu gibi 40 cm. aralıklarla dikilmiş ve takip eden süreçte sulama, bakım ve hasat gibi işlemler yazar tarafından yapılmıştır. Mayısın üçüncü haftası çiçeklenme başlamış ve çiçeklenme % 50'yi geçtikten sonra seraya Natupol+BD tipi Bombus kolonisinin olduğu kovan seraya yerleştirilmiştir (6 Temmuz 2008). Daha sonra, bir önceki yıl yapılan çalışmadaki işlemlerin aynısı uygulanmıştır. Serada veri toplama işlemi 07 Temmuz 2008 – 27 Temmuz 2008 tarihleri arasında yapılmıştır. Veri toplama işleminde, arıların çiçekte kalma süreleri kronometre ile kaydedilmiştir. Bunun haricinde, saat başı sera içi sıcaklık da kaydedilmiştir. Sonuçlar tablo ve grafikler haline getirilerek tartışılmıştır.

4. BULGULAR

4.1. Morfolojik İnceleme Sonucu Elde Edilen Bulgular

4.1.1. Erkek Bireylere Ait Morfometrik Bulgular

Analizlerde erkek bireylerden 172 adet örnek incelenmiştir. TpsDIG2.12 programında landmarkların belirlenen noktalara yerleştirilmesinden sonra, ince tabaka gibi analizlerin gerçekleştirilebilmesi için veride bulunması gereken düşük varyasyon miktarı TpsSmall1.20 programında test edilmiştir (Şekil 4. 1. 1. 1). Varyasyon miktarının örnekler arasındaki yakınlığın anlaşılması için yeterli olduğu saptanmıştır.

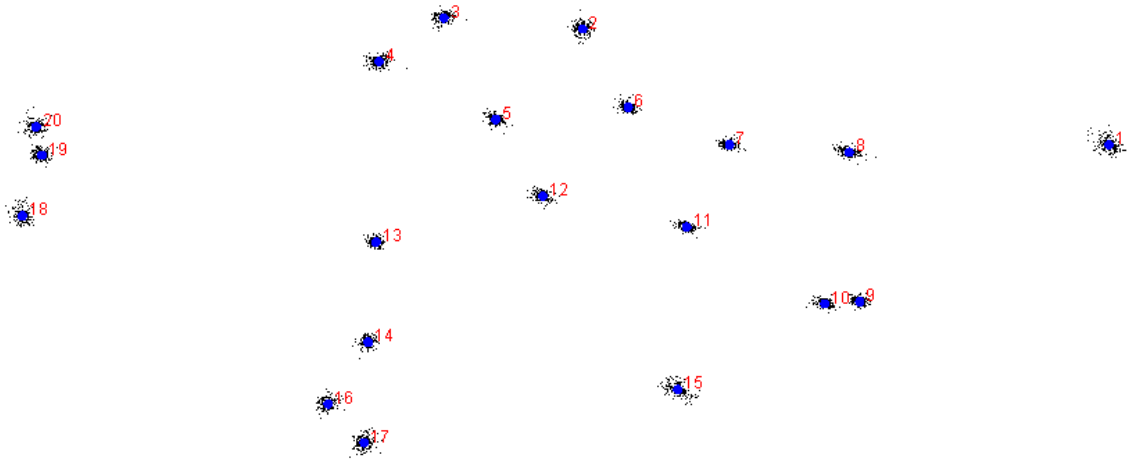


Şekil 4. 1. 1. 1: Erkek bireylerde varyasyon miktarını gösteren eğri.

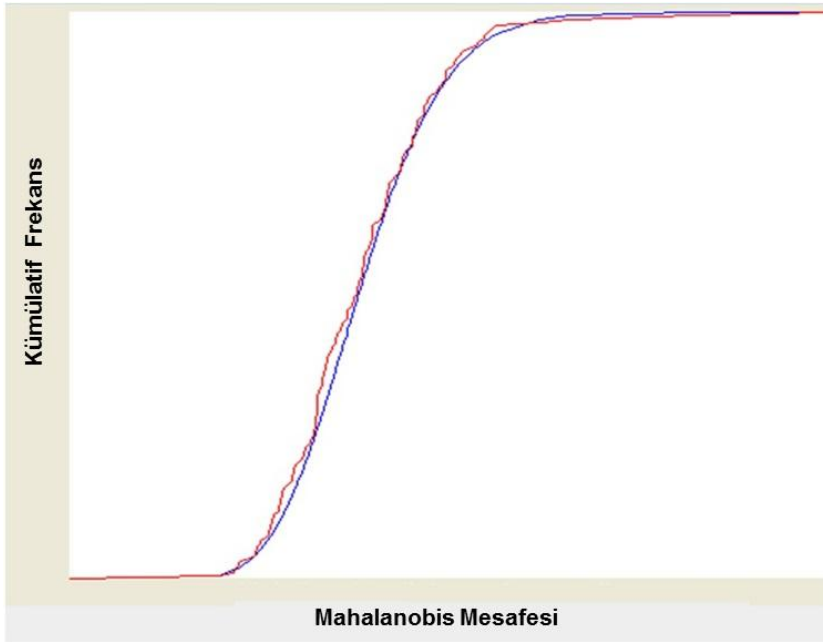
Çizelge 4. 1. 1. 1: Referans mesafe istatistikleri

İstatistik	Procrustes d	Tanjant d
Min	0.014090	0.014090
Max	0.045869	0.045853
Ortalama	0.022230	0.022228

Bunun ardından MorphoJ programında da normalite ölçümü yapılmış ve yeterli sayıda landmark kullanılıp kullanılmadığı test edilmiştir. Erkek bireylerde MorphoJ programında, landmarkların procrustes analizi sonucu dağılımın normal olduğu görülmüştür. (Şekil 4. 1. 1. 2). Şekildeki sayılar landmarkları ifade etmektedir (Şekil 4. 1. 1. 2). Ayrıca yine bu programda aykırı değer testi sonucunda Mahalanobis mesafesine göre grafik dökümünde verinin normal olduğu anlaşılmıştır (Şekil 4.1.1.3).

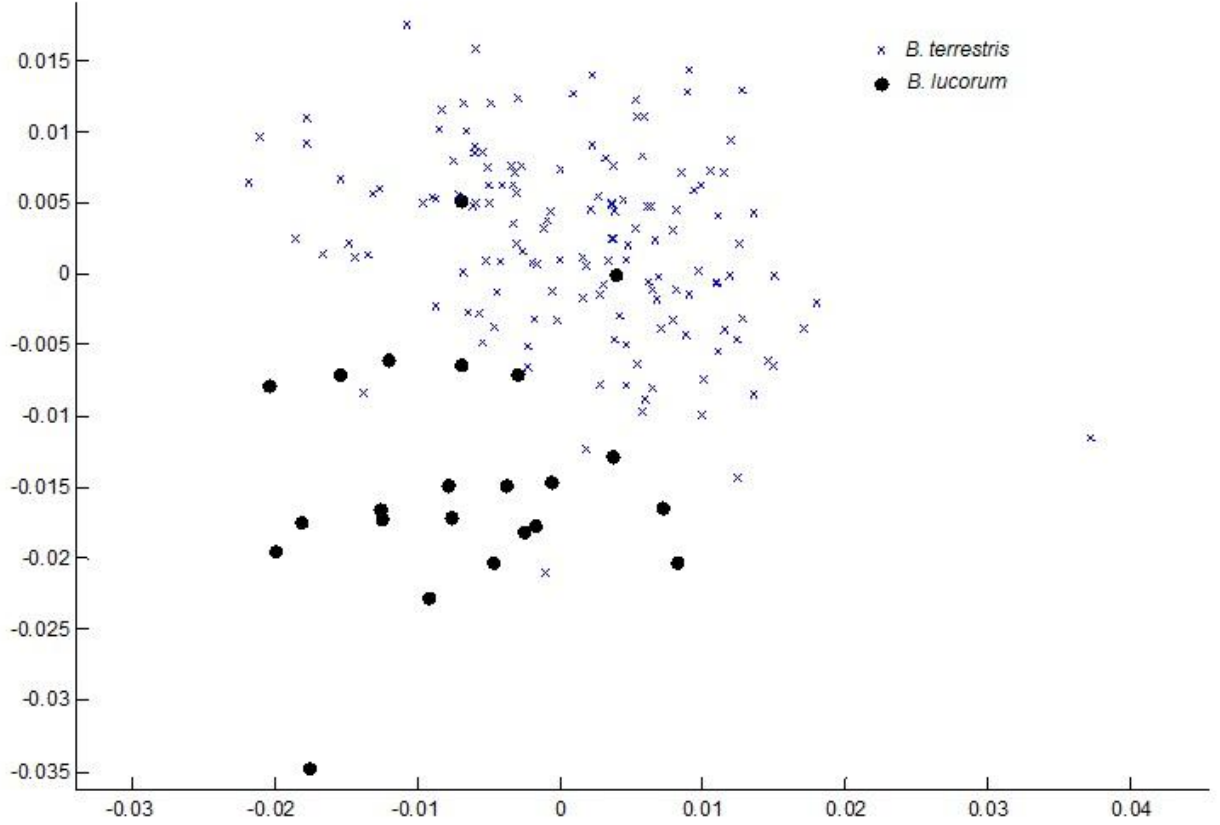


Şekil 4. 1. 1. 2: Erkek bireylerde MorphoJ programında, landmarkların, procrustes analizi sonucu her bir landmarkın görece saçılımını gösteren grafik.



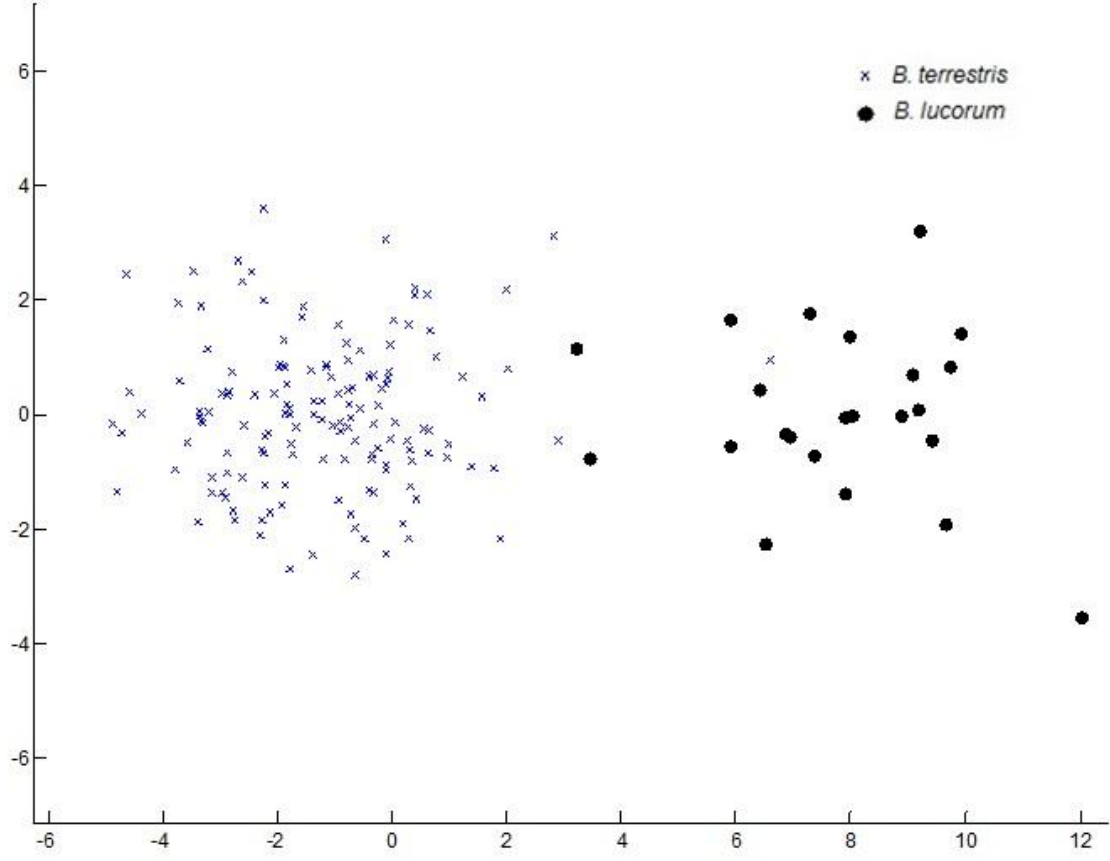
Şekil 4.1.1.3: MorphoJ ile erkeklerin aykırı değer testi sonucu Mahalanobis mesafesinin grafik dökümü.

IMP Programında PCAGen6'da bireylerin temel ögeler üzerindeki dağılımı incelenmiştir. Bu grafikte, erkeklerde belirgin bir ayrışma gözlemlenmiştir (Şekil 4. 1. 1. 4). Şekilde her bir nokta tek bir bireyi ifade etmektedir. Yatay eksen birinci temel ögeyi, dikey eksen ise ikinci temel ögeyi ifade etmektedir (Şekil 4. 1. 1. 4).



Şekil 4. 1. 1. 4: *Bombus terrestris* ve *B. lucorum* türlerinin erkek bireylerinde ön kanatta kullanılan 20 landmarkın ilk iki temel öge üzerindeki dağılımını gösteren Temel Ögeler Analizi.

Çalışmada gruplar arasında anlamlı bir fark olup olmadığı IMP programı içerisinde CVA'da analiz edilmiştir. Program içerisinde gerçekleştirilen MANOVA uygulanmış ve elde edilen değerler sonucu 2 grubun birbirlerinden farklı olduğu ortaya çıkmıştır (Çizelge 4. 1. 1. 2). Jackknife yöntemi uygulanarak erkeklerde grupların istatistiksel olarak %97.04 oranında ayrıştığı gözlemlenmiştir (Şekil 4. 1. 1. 5). Şekilde her bir nokta tek bir bireyi ifade etmektedir. Yatay eksen ilk kanonik varyansı, dikey eksen ise ikinci kanonik varyans ifade etmektedir.

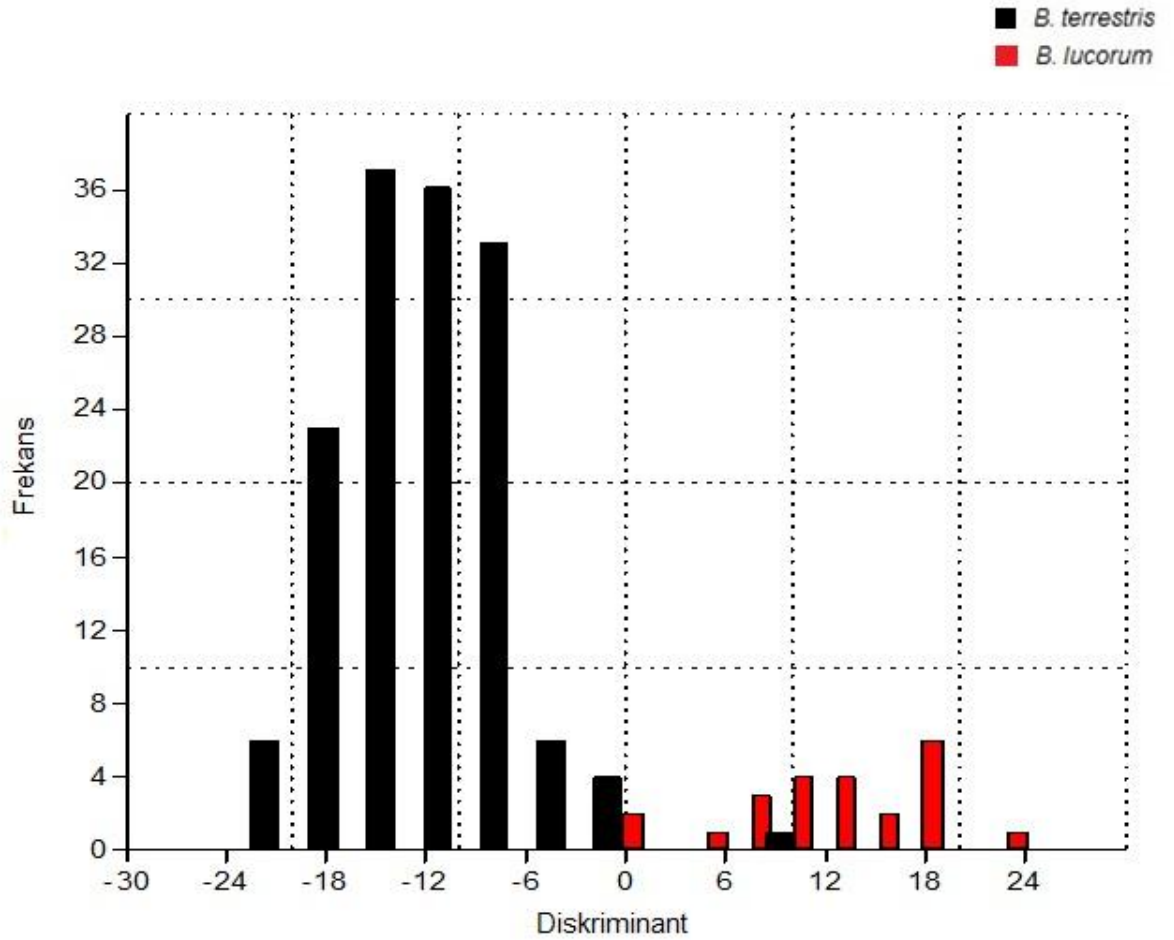


Şekil 4. 1. 1. 5: *Bombus terrestris* ve *B. lucorum* türlerinin erkek bireylerinde ön kanatta kullanılan 20 landmarkın ilk iki temel öge üzerindeki dağılımını gösteren Kanonik Varyans Analizi.

Çizelge 4. 1. 1. 2: Erkek bireylerde gerçekleştirilen MANOVA analizi

	Lambda	η^2	P değeri
Eksen	0.2465	208.6424	2.22045e-016

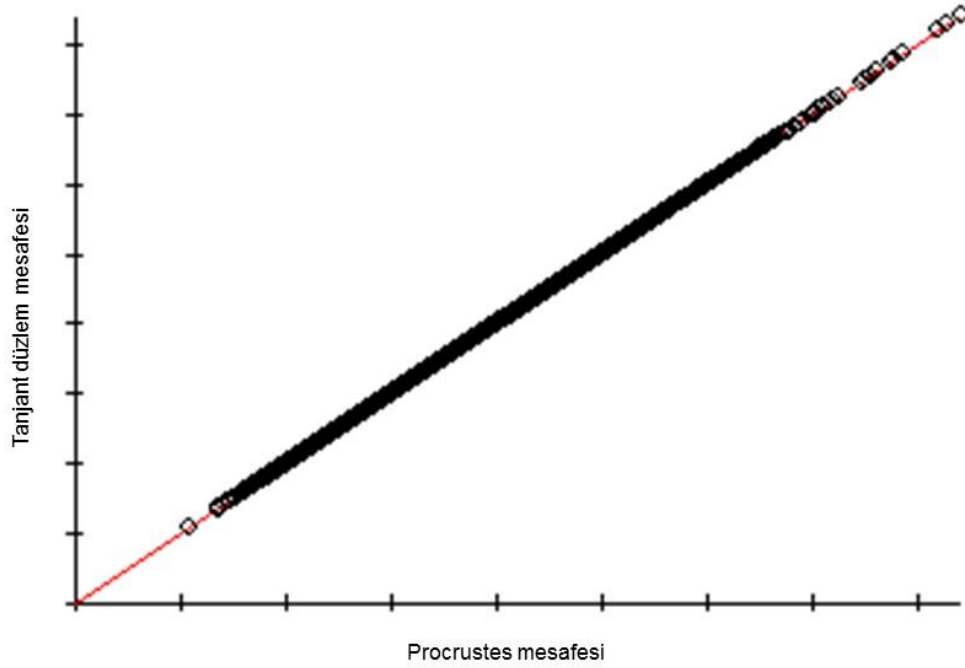
PAST'ta Disk-Hot testinin sonucunda iki grubun ayrıştığı gözlenmiştir. Ayrıca analize göre veri içindeki önceden belirlenmiş grupların yine yaklaşık %98'inin doğru gruplara yerleştiği gözlenmiştir (Şekil 4. 1. 1. 6). X eksenini, iki grubun diskriminant puanlarına göre yayılımını gösterir. Y eksenini diskriminant puanlarına göre grupların en çok toplandığı frekansı gösterir (Şekil 4. 1. 1. 6).



Şekil 4. 1. 1. 6: PAST'ta Disk-Hot testi sonucu *Bombus terrestris* ve *B. lucorum* türlerindeki ayrışmasını gösteren analiz.

4.1.2. İşçi Bireylere Ait Morfometrik Bulgular

Analizlerde işçi bireylerden 179 adet örnek incelenmiştir. TpsDIG2.12 programında landmarkların belirlenen noktalara yerleştirilmesinden sonra, ince tabaka gibi analizlerin gerçekleştirilebilmesi için veride bulunması gereken düşük varyasyon miktarı TpsSmall1.20 programında test edilmiştir (Şekil 4. 1. 2. 1). Varyasyon miktarının örnekler arasındaki yakınlığın anlaşılması için yeterli olduğu saptanmıştır.

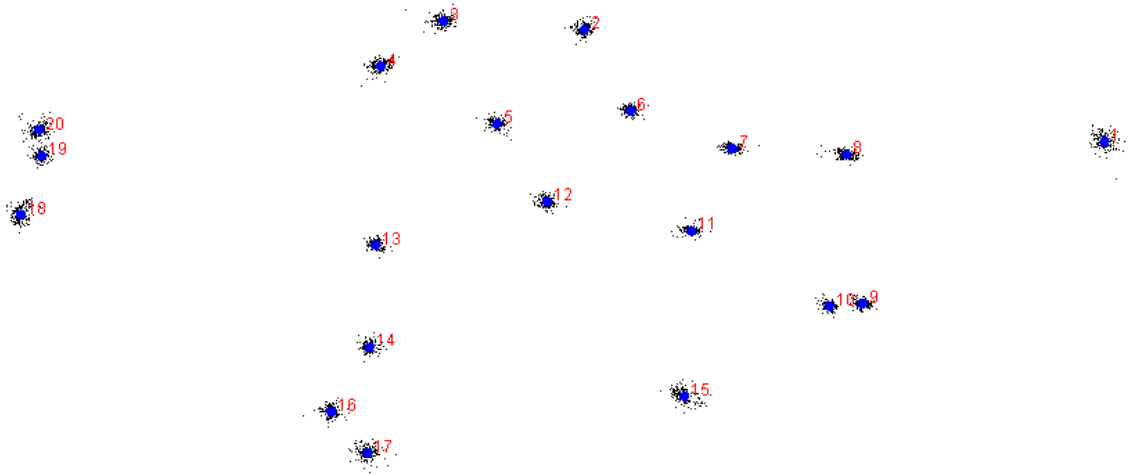


Şekil 4. 1. 2. 1: İşçi bireylerde varyasyon miktarını gösteren eğri.

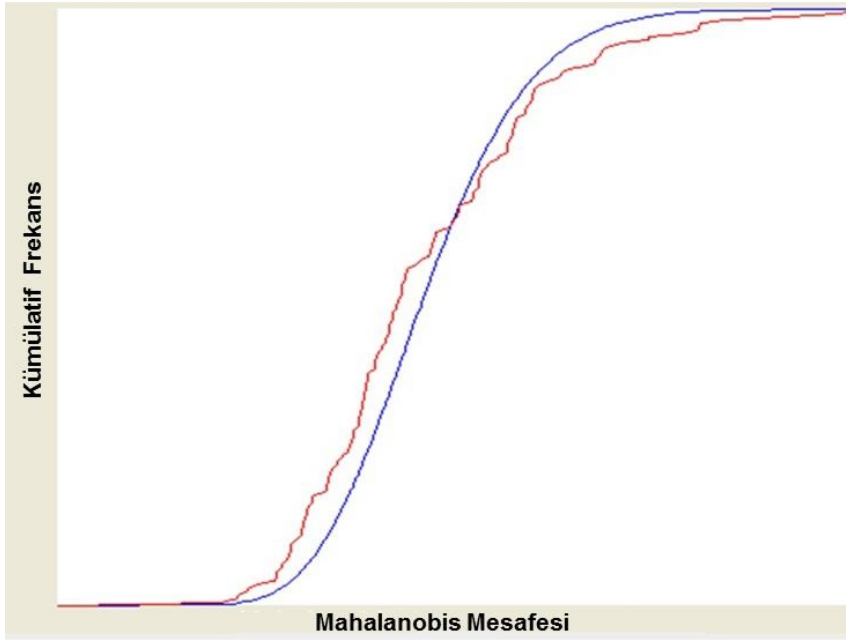
Çizelge 4. 1. 2. 1: Referans mesafe istatistikleri.

İstatistik	Procrustes d	Tanjant d
Min	0.011826	0.011826
Max	0.052762	0.052737
Ortalama	0.022642	0.022640

Bunun ardından MorphoJ programında da normalite ölçümü yapılmıştır. yeterli sayıda landmark kullanılıp kullanılmadığı test edilmiştir. Erkek bireylerde MorphoJ programında, landmarkların procrustes analizi sonucu dağılımın normal olduğu görülmüştür (Şekil 4. 1. 2. 2). Şekildeki sayılar landmarkları ifade etmektedir (Şekil 4. 1. 2. 2). Ayrıca yine bu programda aykırı değer testi sonucunda Mahalanobis mesafesine göre grafik dökümünde verinin normal olduğu anlaşılmıştır (Şekil 4. 1. 2. 3).

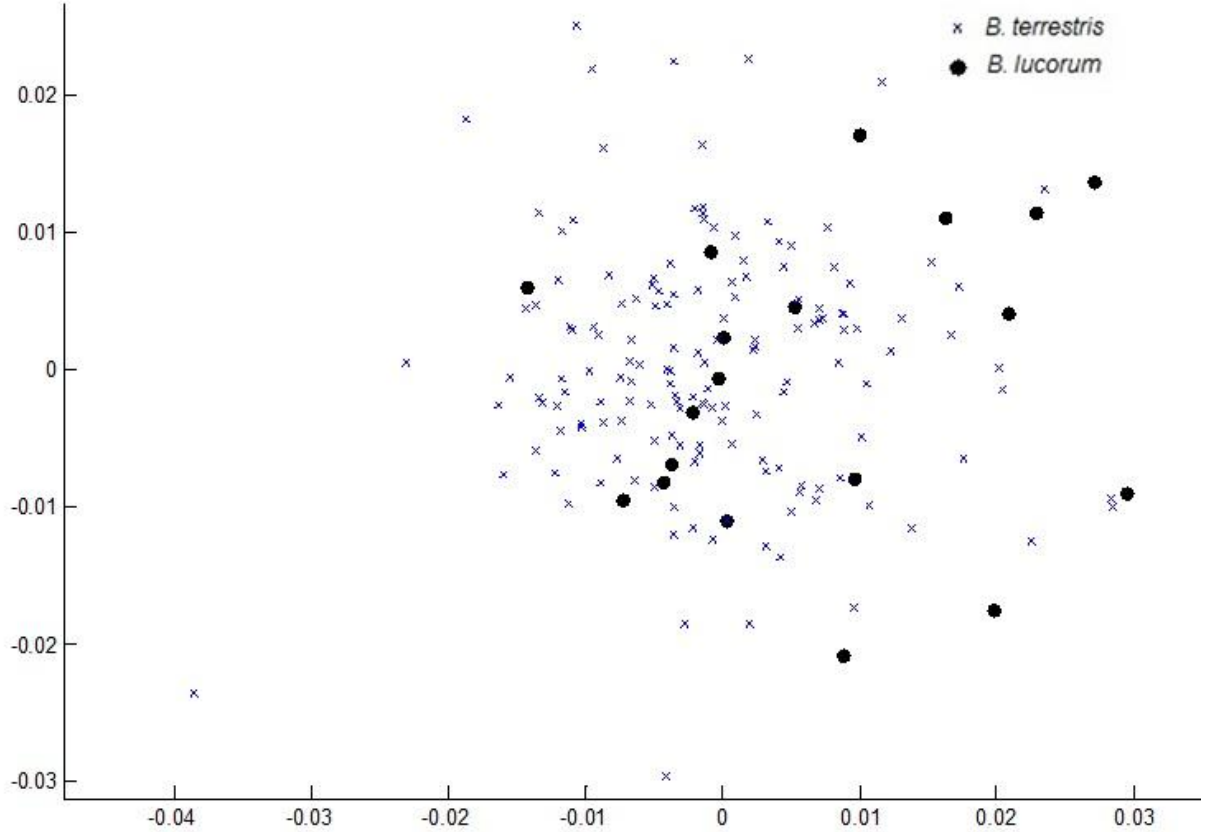


Şekil 4. 1. 2. 2: İşçi bireylerde MorphoJ programında, landmarkların, procrustes analizi sonucu her bir landmarkın görece saçılımını gösteren grafik.



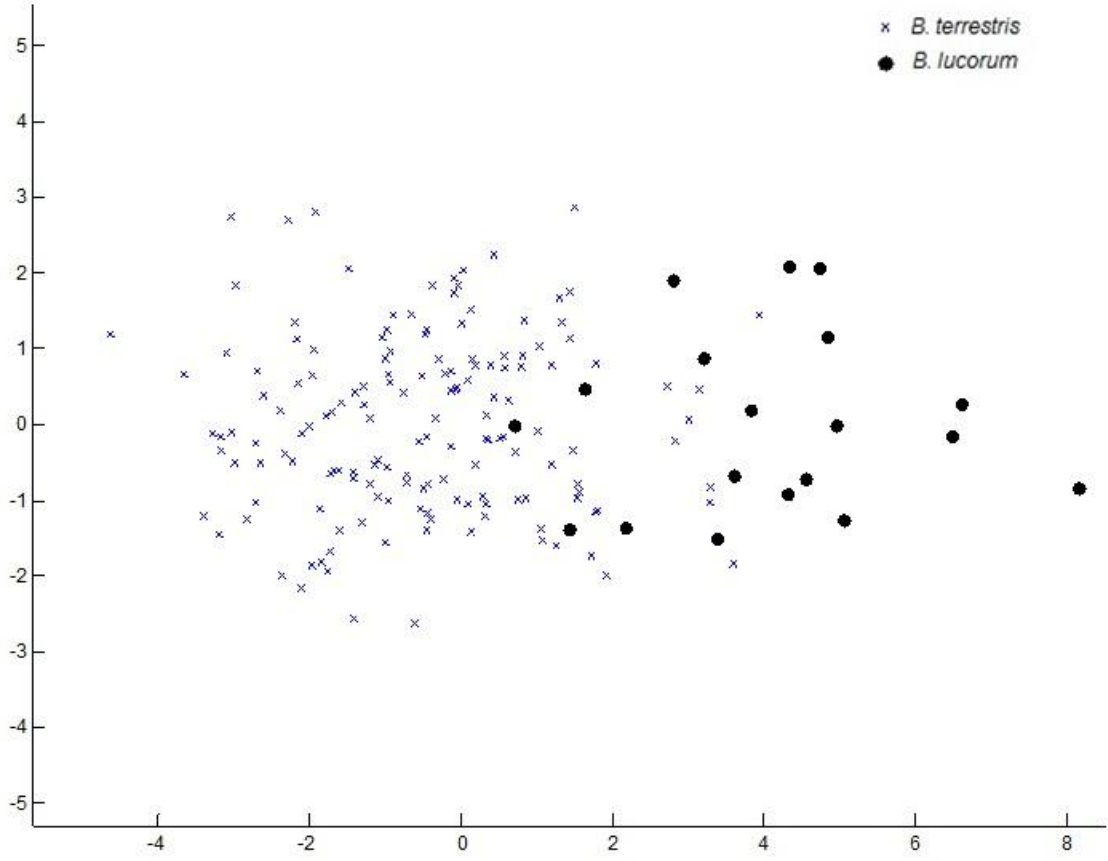
Şekil 4. 1. 2. 3: MorphoJ ile işçilerin aykırı değer testi sonucu Mahalanobis mesafesinin grafik dökümü.

IMP Programında PCAGen6'da bireylerin temel ögeler üzerindeki dağılımı incelenmiştir. Bu grafikte işçilerde bir miktar iç içe geçme olduğu gözlemlenmiştir (Şekil 4. 1. 2. 4). Şekilde her bir nokta tek bir bireyi ifade etmektedir. Yatay eksen ilk temel ögeyi, dikey eksen ise ikinci temel ögeyi ifade etmektedir (Şekil 4. 1. 2. 4).



Şekil 4. 1. 2. 4: *Bombus terrestris* ve *B. lucorum* türlerinin işçi bireylerinde ön kanatta kullanılan 20 landmarkın ilk iki temel öge üzerindeki dağılımını gösteren Temel Ögeler Analizi.

Çalışmada gruplar arasında anlamlı bir fark olup olmadığı IMP programı içerisinde CVA'da analiz edilmiştir. Program içerisinde gerçekleştirilen MANOVA uygulanmış ve elde edilen değerler sonucu 2 grubun birbirlerinden farklı olduğu ortaya çıkmıştır (Çizelge 4. 1. 2. 2). Jackknife yöntemi uygulanarak işçilerde grupların istatistiksel olarak %82.76 oranında ayrıştığı gözlenmiştir. (Şekil 4. 1. 2. 5). Grafikte her bir nokta tek bir bireyi ifade etmektedir. Yatay eksen ilk kanonik varyansı, dikey eksen ise ikinci kanonik varyans ifade etmektedir (Şekil 4. 1. 2. 5).

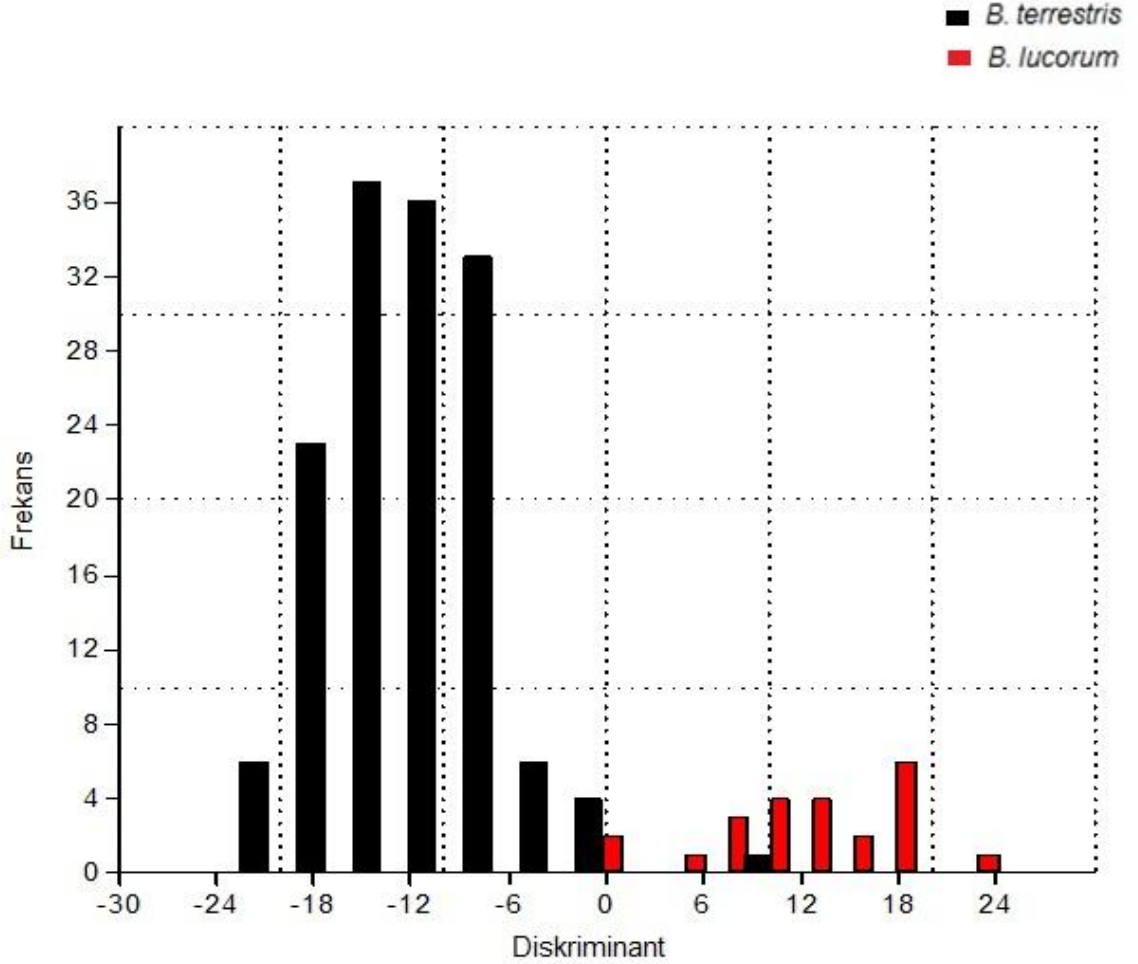


Şekil 4. 1. 2. 5: *Bombus terrestris* ve *B. lucorum* türlerinin işçi bireylerinde ön kanatta kullanılan 20 landmarkın ilk iki temel öge üzerindeki dağılımını gösteren Kanonik Varyans Analizi.

Çizelge 4. 1. 2. 2: İşçi bireylerde gerçekleştirilen MANOVA analizi.

	Lambda	χ^2	P değeri
Eksen	0.5765	84.8093	8.15178e-006

PAST'ta Disk-Hot testinin sonucunda iki grubun ayrıştığı gözlenmiştir. Ayrıca analize göre veri içindeki önceden belirlenmiş grupların yaklaşık %92'i doğru gruplara yerleşiyor (Şekil 4. 1. 2. 6). X eksenini, iki grubun diskriminant puanlarına göre yayılımını gösterir. Y eksenini diskriminant puanlarına göre grupların en çok toplandığı frekansı gösterir (Şekil 4. 1. 2. 6).



Şekil 4. 1. 2. 6: PAST'ta Disk-Hot testi sonucu *Bombus terrestris* ve *B. lucorum* türlerindeki ayrışmasını gösteren analiz.

4.2. Örtü Altı Tarımda *Bombus terrestris* L.'in Faaliyet Verileri

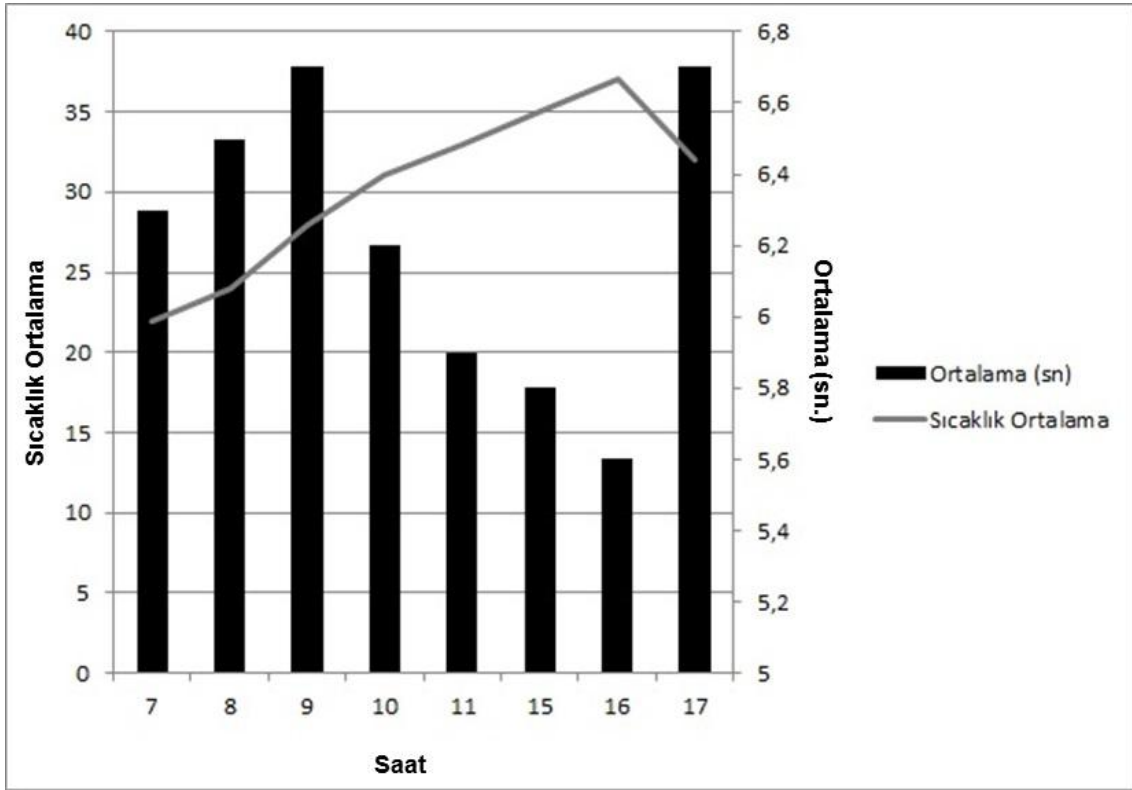
4.2.1. *Bombus terrestris*'in serada *Lycopersicon esculentum* Miller (domates) bitkisinde 2007 yılına ait tozlayıcı davranış özellikleri

2007 yılında, *Lycopersicon esculentum* Miller bitkisinin GÖKÇE191 hibriti çiçekte kalma süresi bakımından incelenmiştir (Çizelge 4. 2. 1. 1).

Saat	Sıcaklık Ortalama	Ortalama Süre (sn.)	Saatlik Bitki Ziyaret Ortalaması	Saatlik Çiçekte Kalma Süresi (%)
7	22	6,3 ($\sigma=0,23$)	108	18,99
8	24	6,5 ($\sigma=0,19$)	109	19,56
9	28	6,7 ($\sigma=0,36$)	113	20,88
10	31	6,2 ($\sigma=0,47$)	117	20,23
11	33	5,9 ($\sigma=0,58$)	117	19,28
15	35	5,8 ($\sigma=0,48$)	117	17,82
16	37	5,6 ($\sigma=0,96$)	121	18,66
17	32	6,7 ($\sigma=0,48$)	120	22,41

Çizelge 4. 2. 1. 1: Çalışma süresince elde edilen ortalamalar

Sonuçlar şekiller ve çizelgeler halinde verilmiş ve saat, sıcaklık ve ortalama çiçekte kalma süresi saptanmıştır.

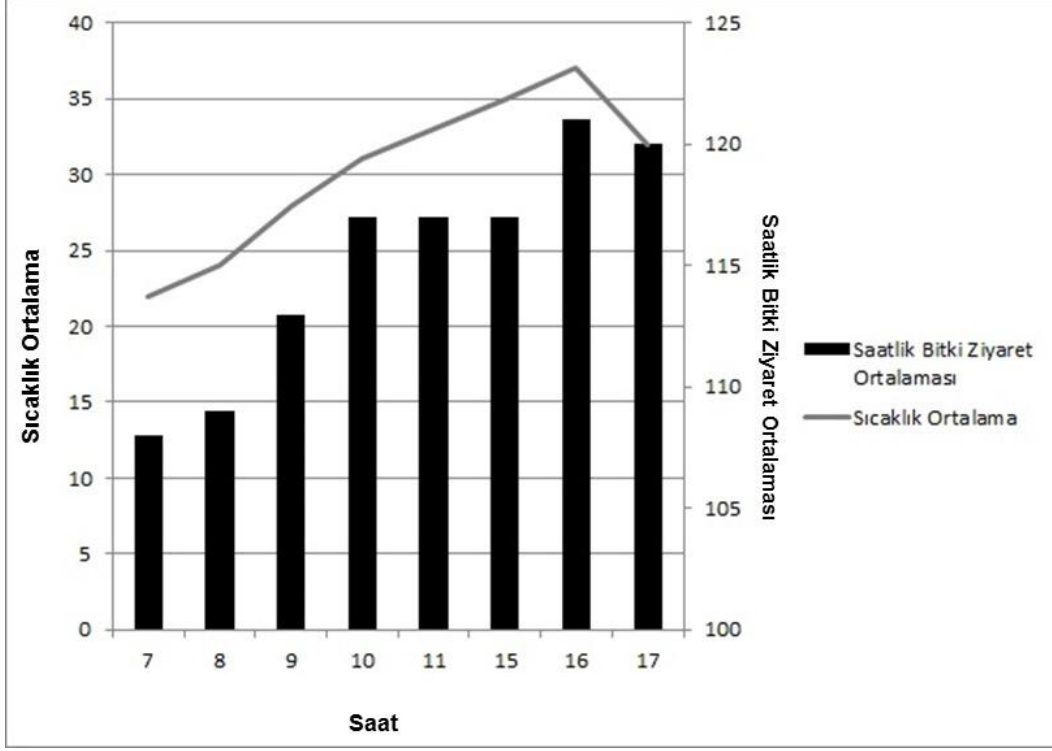


Şekil 4. 2. 1. 1: Günün farklı saatlerindeki, ortalama sıcaklık ve arıların ortalama çiçekte kalma süreleri

Saat	Sıcaklık Ortalama	Ortalama Süre (sn.)
7	22	6,3 (σ=0,23)
8	24	6,5 (σ=0,19)
9	28	6,7 (σ=0,36)
10	31	6,2 (σ=0,47)
11	33	5,9 (σ=0,58)
15	35	5,8 (σ=0,48)
16	37	5,6 (σ=0,96)
17	32	6,7 (σ=0,48)

Çizelge 4. 2. 1. 2: 2007 – Günün farklı saatlerindeki, ortalama sıcaklık ve arıların ortalama çiçekte kalma süreleri

İkinci parametre olarak, *Lycopersicon esculentum* Miller bitkisinin GÖKÇE191 hibritinde saat, sıcaklık ve arının bir saatte ziyaret ettiği bitki sayısının ortalamasının sonuçları saptanmış ve şekil ve çizelge halinde verilmiştir.

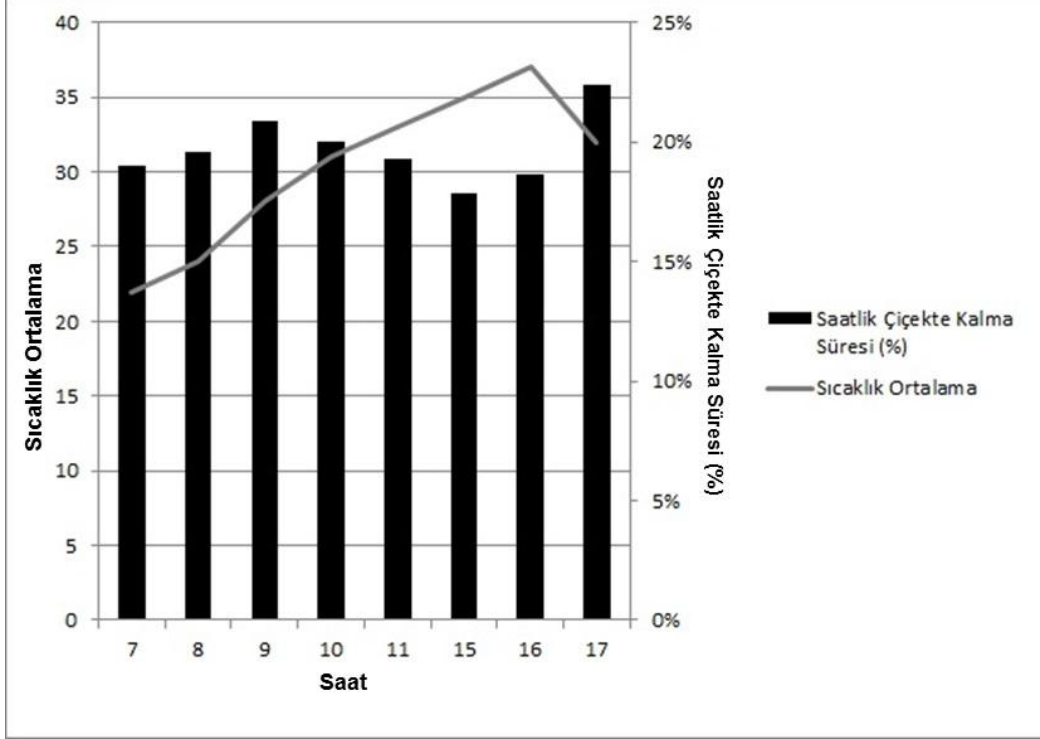


Şekil 4. 2. 1. 2: 2007 – Günün farklı saatlerindeki, ortalama sıcaklık ve arıların saatlik bitki ziyaret ortalaması.

Saat	Sıcaklık Ortalama	Saatlik Bitki Ziyaret Ortalaması
7	22	108
8	24	109
9	28	113
10	31	117
11	33	117
15	35	117
16	37	121
17	32	120

Tablo 4. 2. 1. 3: 2007 – Günün farklı saatlerindeki, ortalama sıcaklık ve arıların saatlik bitki ziyaret ortalaması.

Üçüncü parametre olarak, *Lycopersicon esculentum* Miller bitkisinin GÖKÇE191 hibritinde saat, sıcaklık ve saatlik çiçekte kalma yüzdesinin sonuçları saptanmış ve şekil ve çizelge halinde verilmiştir.

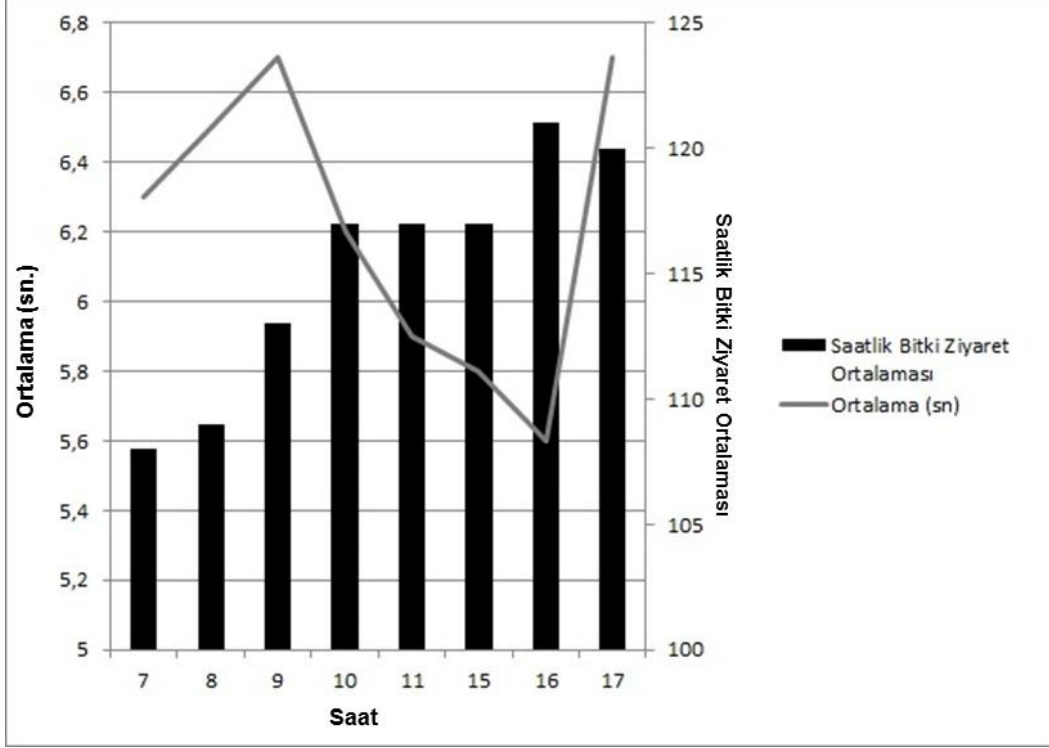


Şekil 4. 2. 1. 3: Günün farklı saatlerindeki, ortalama sıcaklık ve arıların çiçekte kalma yüzdesinin ortalaması

Saat	Sıcaklık Ortalama	Saatlik Çiçekte Kalma Süresi (%)
7	22	18,99
8	24	19,56
9	28	20,88
10	31	20,23
11	33	19,28
15	35	17,82
16	37	18,66
17	32	22,41

Çizelge 4. 2. 1. 4: 2007 – Günün farklı saatlerindeki, ortalama sıcaklık ve arıların çiçekte kalma yüzdesinin ortalaması

Dördüncü parametre olarak, *Lycopersicon esculentum* Miller bitkisinin GÖKÇE191 hibritinde saat, ortalama süre ve arının bir saatte ziyaret ettiği bitki sayısının ortalamasının sonuçları saptanmış ve şekil ve çizelge halinde verilmiştir.

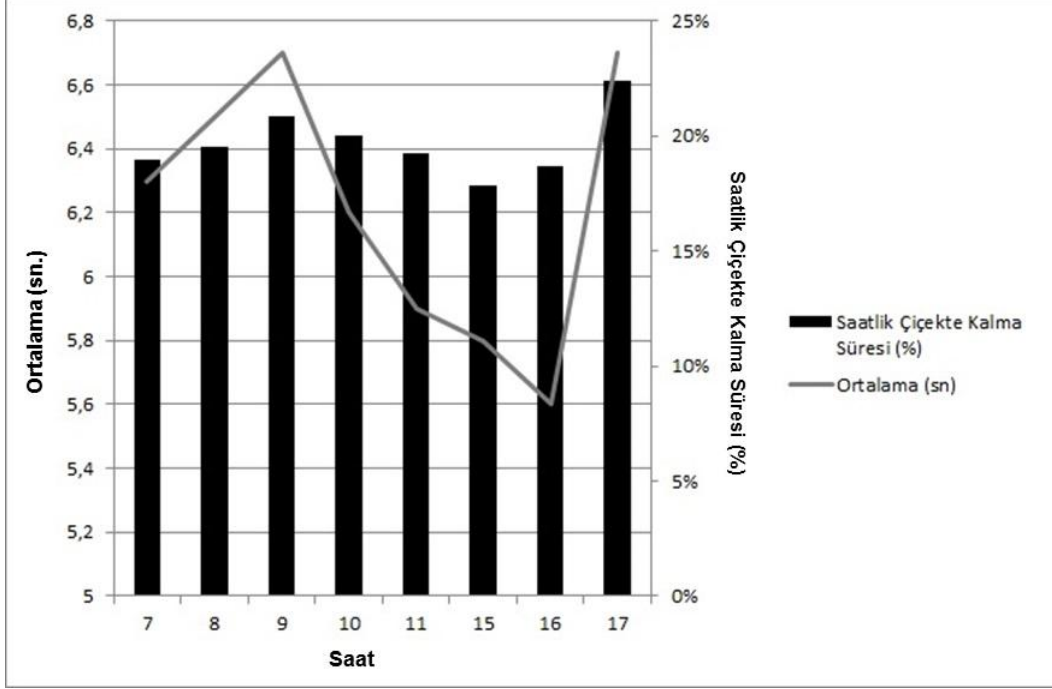


Şekil 4. 2. 1. 4: 2007 – Günün farklı saatlerindeki, arıların çiçekte ortalama kalma süresi ve arıların saatlik bitki ziyaret ortalaması

Saat	Ortalama Süre (sn.)	Saatlik Bitki Ziyaret Ortalaması
7	6,3 ($\sigma=0,23$)	108
8	6,5 ($\sigma=0,19$)	109
9	6,7 ($\sigma=0,36$)	113
10	6,2 ($\sigma=0,47$)	117
11	5,9 ($\sigma=0,58$)	117
15	5,8 ($\sigma=0,48$)	117
16	5,6 ($\sigma=0,96$)	121
17	6,7 ($\sigma=0,48$)	120

Çizelge 4. 2. 1. 5: 2007 – Günün farklı saatlerindeki, arıların çiçekte ortalama kalma süresi ve arıların saatlik bitki ziyaret ortalaması

Beşinci parametre olarak, *Lycopersicon esculentum* Miller bitkisinin GÖKÇE191 hibritinde saat, ortalama süre ve saatlik çiçekte kalma yüzdesinin sonuçları saptanmış ve şekil ve çizelge halinde verilmiştir.

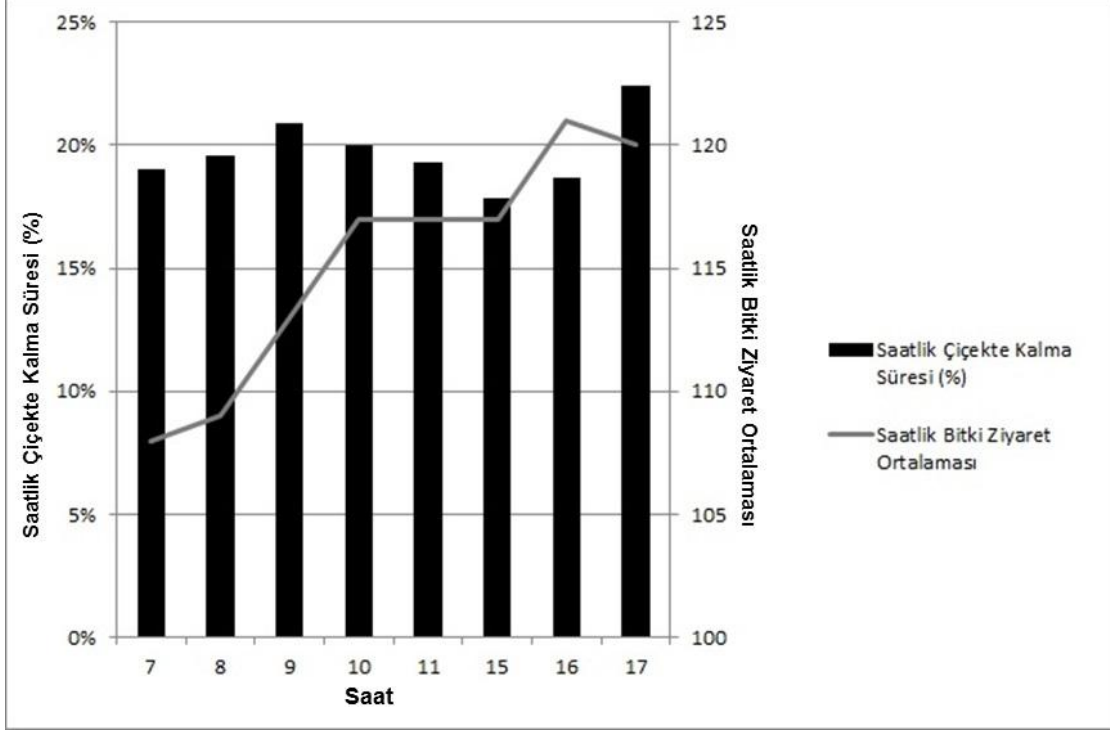


Şekil 4. 2. 1. 5: 2007 – Günün farklı saatlerindeki, arıların ortalama çiçekte kalma süresi ve arıların saatlik çiçekte kalma yüzdesi

Saat	Ortalama Süre (sn.)	Saatlik Çiçekte Kalma Süresi (%)
7	6,3 ($\sigma=0,23$)	18,99
8	6,5 ($\sigma=0,19$)	19,56
9	6,7 ($\sigma=0,36$)	20,88
10	6,2 ($\sigma=0,47$)	20,23
11	5,9 ($\sigma=0,58$)	19,28
15	5,8 ($\sigma=0,48$)	17,82
16	5,6 ($\sigma=0,96$)	18,66
17	6,7 ($\sigma=0,48$)	22,41

Çizelge 4. 2. 1. 6: 2007 – Günün farklı saatlerindeki, arıların ortalama çiçekte kalma süresi ve arıların saatlik çiçekte kalma yüzdesi

Altıncı parametre olarak, *Lycopersicon esculentum* Miller bitkisinin GÖKÇE191 hibritinde, arının bir saatte ziyaret ettiği bitki sayısının ortalaması ve saatlik çiçekte kalma yüzdesinin sonuçları saptanmış ve şekil ve çizelge halinde verilmiştir.

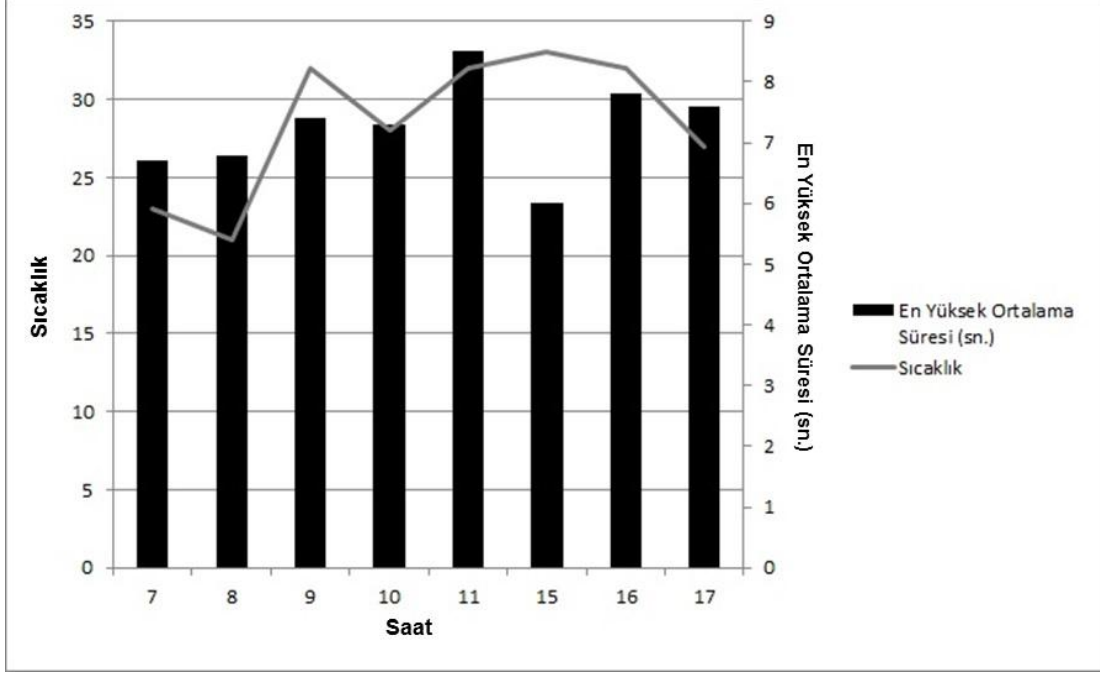


Şekil 4. 2. 1. 6: 2007 – Günün farklı saatlerindeki, arıların saatlik bitki ziyaret ortalaması ve arıların çiçekte kalma yüzdesi

Saat	Saatlik Bitki Ziyaret Ortalaması	Saatlik Çiçekte Kalma Süresi (%)
7	108	18,99
8	109	19,56
9	113	20,88
10	117	20,23
11	117	19,28
15	117	17,82
16	121	18,66
17	120	22,41

Çizelge 4. 2. 1. 7: 2007 – Günün farklı saatlerindeki, arıların saatlik bitki ziyaret ortalaması ve arıların çiçekte kalma yüzdesi

Yedinci parametre olarak, *Lycopersicon esculentum* Miller bitkisinin GÖKÇE191 hibritinde saat ve sıcaklığa göre en yüksek ortalama süre saptanmış ve şekil ve çizelge verilmiştir.

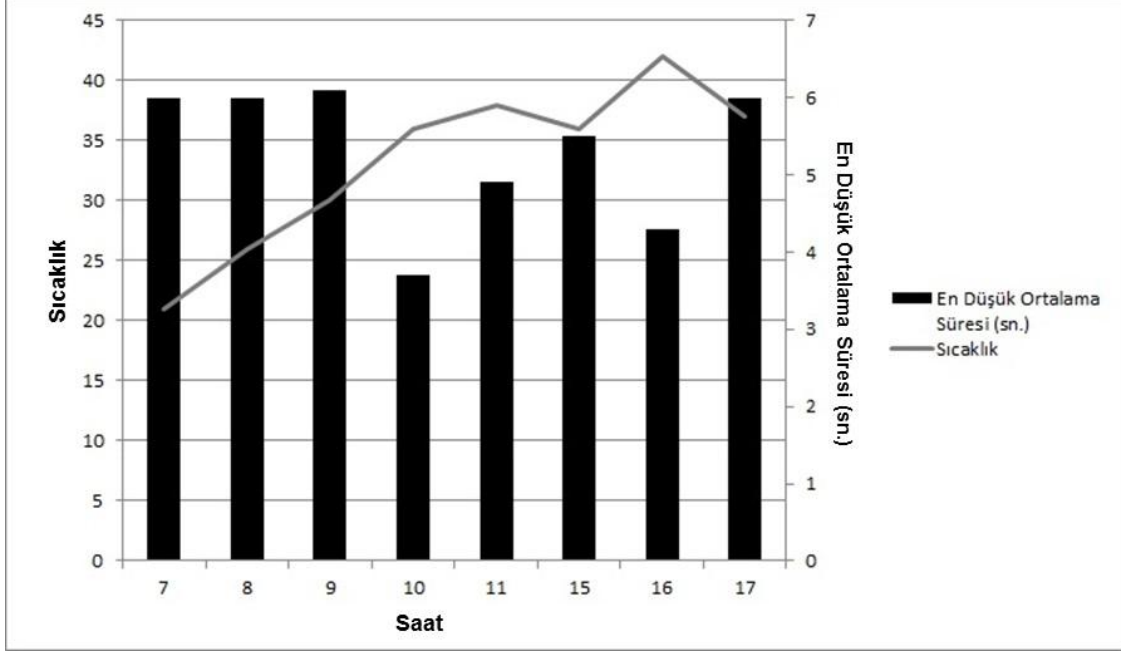


Şekil 4. 2. 1. 7: 2007 – 21 günlük çalışma süresinde, farklı saatlere ve farklı sıcaklığa göre saptanan arının çiçekte en yüksek kalma ortalaması

Saat	Tarih	Sıcaklık	Arı	En Yüksek Ortalama Süresi (sn.)
7	19.6.2007	23	Sarı 48	6,7
8	4.7.2007	21	Sarı 88	6,8
9	26.6.2007	32	Sarı 73	7,4
10	30.6.2007	28	Sarı 88	7,3
11	18.6.2007	32	Kırmızı 57	8,5
15	30.6.2007	33	Sarı 63	6
16	18.6.2007	32	Sarı 98	7,8
17	30.6.2007	27	Sarı 49	7,6

Çizelge 4. 2. 1. 8: 2007 – 21 günlük çalışma süresinde, farklı saatlere ve farklı sıcaklığa göre saptanan arının çiçekte en yüksek kalma ortalaması

Sekizinci parametre olarak, *Lycopersicon esculentum* Miller bitkisinin GÖKÇE191 hibritinde saat ve sıcaklığa göre en düşük ortalama süre saptanmış ve şekil ve çizelge halinde verilmiştir.



Şekil 4. 2. 1. 8: 2007 – 21 günlük çalışma süresinde, farklı saatlere ve farklı sıcaklığa göre saptanan arının çiçekte en düşük kalma ortalaması

Saat	Tarih	Sıcaklık	Arı	En Düşük Ortalama Süresi (sn.)
7	6.7.2007	21	Sarı 27	6
8	19.6.2007	26	Sarı 97	6
9	19.6.2007	30	Sarı 54	6,1
10	28.6.2007	36	Kırmızı 68	3,7
11	26.6.2007	38	Kırmızı 68	4,9
15	20.6.2007	36	Beyaz 99	5,5
16	28.6.2007	42	Kırmızı 51	4,3
17	28.6.2007	37	Sarı 88	6

Çizelge 4. 2. 1. 9: 2007 – 21 günlük çalışma süresinde, farklı saatlere ve farklı sıcaklığa göre saptanan arının çiçekte en düşük kalma ortalaması

Çizelge 4. 2. 1. 10: 2007 – Çalışma süresince en çok veri toplanan arılar

Arı	Tarih (Arının Çalıştığı Günler)	Saat (Arının Çalıştığı Saatler)	Sıcaklık (Arının Çalıştığı Sıcaklıklar)	Ortalama (sn)	Ziyaret Ortalama (1 Saatlik Çiçek Ziyareti)	Saatlik Çiçekte Kalma Süresi (%)
Sarı 98	18.6.2007	11	32	4,4	162	19,80
	18.6.2007	16	32	7,8	122	26,43
	21.6.2007	16	36	6,5	130	23,47
	22.6.2007	11	35	5	106	14,72
	23.6.2007	16	40	4,9	120	16,33
	24.6.2007	17	38	7,2	116	23,20
	26.6.2007	8	26	6,6	103	18,88
Kırmızı 57	18.6.2007	11	32	8,5	164	38,72
	18.6.2007	16	32	6,8	144	27,20
	19.6.2007	8	36	7,6	100	21,11
	20.6.2007	15	36	5,7	118	18,68
	20.6.2007	16	34	6,2	100	17,22
	22.6.2007	10	28	6,4	113	20,09
	24.6.2007	10	36	6,2	100	17
	26.6.2007	17	32	7,1	126	24,85
Sarı 54	18.6.2007	11	32	5,2	168	24,26
	18.6.2007	15	38	4,3	184	21,98
	18.6.2007	16	32	4,5	188	23,50
	19.6.2007	9	30	6,1	80	13,56
	19.6.2007	10	31	6,1	131	22
	20.6.2007	17	32	6,3	104	18,20
	21.6.2007	10	32	6,3	120	21
	21.6.2007	17	30	7,3	106	21,49
	22.6.2007	8	25	6,4	126	22,40
	25.6.2007	7	22	6,5	108	19,50
	Kırmızı 51	27.6.2007	10	36	5,5	123
28.6.2007		16	42	5,3	169	23,47
29.6.2007		17	33	6	145	24,17
30.6.2007		11	30	6,1	110	18,64
30.6.2007		16	32	6,4	93	16,53

	1.7.2007	8	23	6,5	100	18,06
	1.7.2007	16	32	6,4	93	16,53
	4.7.2007	7	17	6,2	109	18,77
	7.7.2007	9	25	6,7	112	20,84
Sarı 11	28.6.2007	9	34	6,3	123	21,53
	29.6.2007	10	33	5,9	112	18
	30.6.2007	16	30	6,1	150	25,42
	1.7.2007	11	30	6,2	115	19,81
	1.7.2007	17	27	5,6	105	16,33
	3.7.2007	10	30	6,2	113	19
	3.7.2007	16	35	5,8	114	18,37
	5.7.2007	10	27	6,5	104	19
	6.7.2007	10	30	6	113	19
Sarı 88	28.6.2007	17	37	6	134	22,33
	29.6.2007	16	40	4,3	163	19,47
	30.6.2007	10	28	7,3	133	27
	30.6.2007	17	27	7,5	156	32,50
	1.7.2007	15	34	5,8	104	16,76
	3.7.2007	9	27	6,5	116	20,94
	4.7.2007	8	21	6,8	78	14,73
	5.7.2007	10	27	6,6	120	22
	6.7.2007	8	24	6,2	118	20,32
	8.7.2007	8	25	6,4	100	17,78

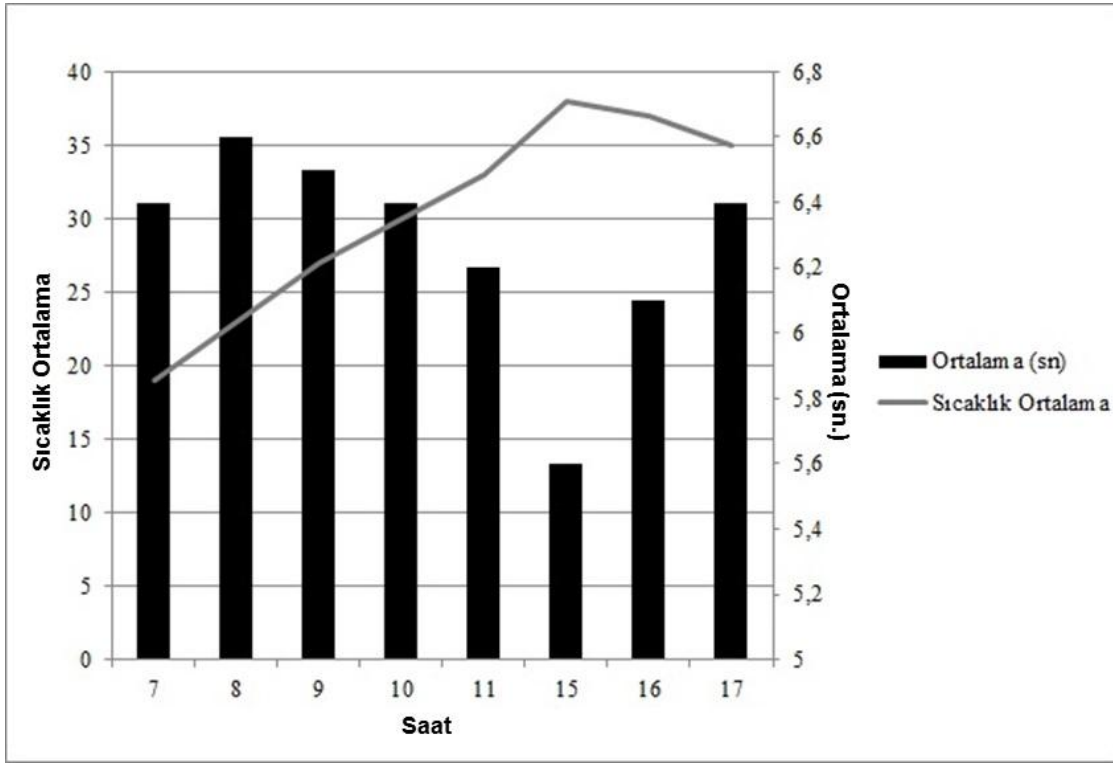
4.2.2. *Bombus terrestris*'in serada *Lycopersicon esculentum* Miller (domates) bitkisinde 2008 yılına ait tozlayıcı davranış özellikleri

2008 yılında, *Lycopersicon esculentum* Miller bitkisinin SELİN hibriti çiçekte kalma süresi bakımından incelenmiştir (Tablo 4. 2. 2. 1).

Saat	Sıcaklık Ortalama	Ortalama (sn)	Saatlik Bitki Ziyaret Ortalaması	Saatlik Çiçekte Kalma Süresi (%)
7	19	6,4 ($\sigma=0,38$)	113	20%
8	23	6,6 ($\sigma=0,36$)	103	18,90%
9	27	6,5 ($\sigma=0,47$)	112	20,10%
10	30	6,4 ($\sigma=0,35$)	111	20%
11	33	6,2 ($\sigma=0,21$)	108	18,47%
15	38	5,6 ($\sigma=0,10$)	110	17,11%
16	37	6,1 ($\sigma=0,58$)	104	17,39%
17	35	6,4 ($\sigma=0,46$)	105	18,61%

Çizelge 4. 2. 2. 1: 2008 – Çalışma süresince elde edilen ortalamalar

Sonuçlar şekiller ve çizelgeler halinde verilmiş ve saat, sıcaklık ve ortalama çiçekte kalma süresi saptanmıştır.

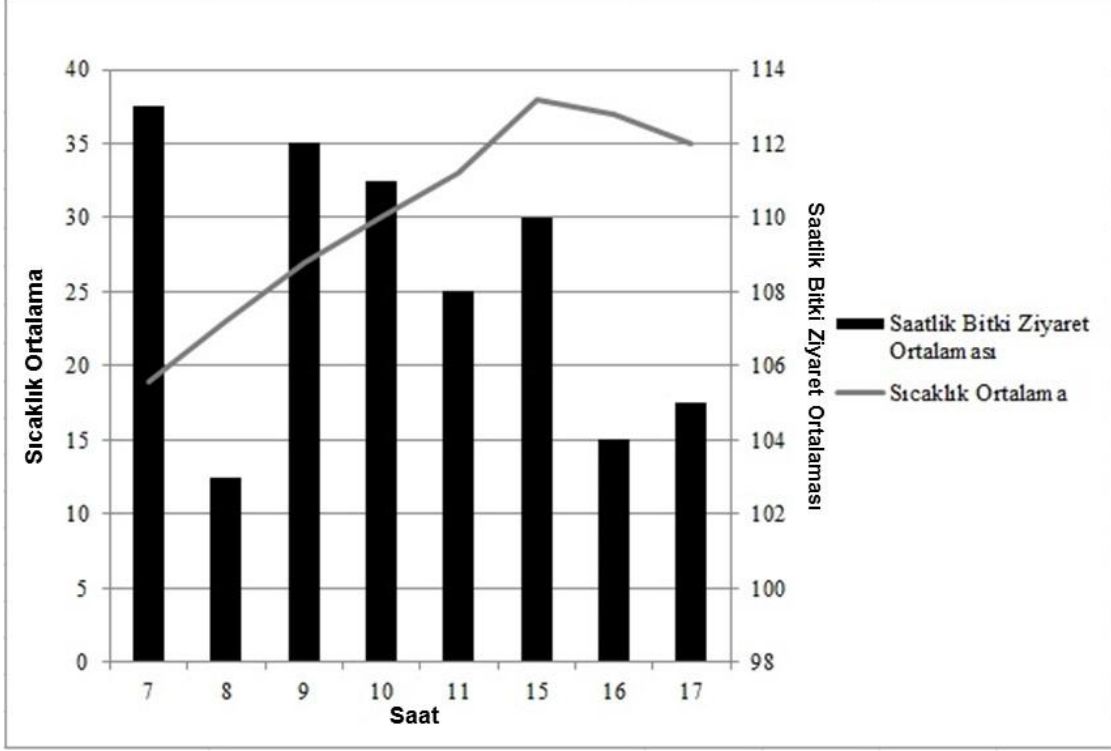


Şekil 4. 2. 2. 1: 2008 – Günün farklı saatlerindeki, ortalama sıcaklık ve arıların ortalama çiçekte kalma süreleri

Saat	Sıcaklık Ortalama	Ortalama (sn)
7	19	6,4 ($\sigma=0,38$)
8	23	6,6 ($\sigma=0,36$)
9	27	6,5 ($\sigma=0,47$)
10	30	6,4 ($\sigma=0,35$)
11	33	6,2 ($\sigma=0,21$)
15	38	5,6 ($\sigma=0,10$)
16	37	6,1 ($\sigma=0,58$)
17	35	6,4 ($\sigma=0,46$)

Şekil 4. 2. 2. 2: 2008 – Günün farklı saatlerindeki, ortalama sıcaklık ve arıların ortalama çiçekte kalma süreleri

İkinci parametre olarak, *Lycopersicon esculentum* Miller bitkisinin SELİN hibritinde saat, sıcaklık ve arının bir saatte ziyaret ettiği bitki sayısının ortalamasının sonuçları saptanmış ve şekil ve çizelge halinde verilmiştir.

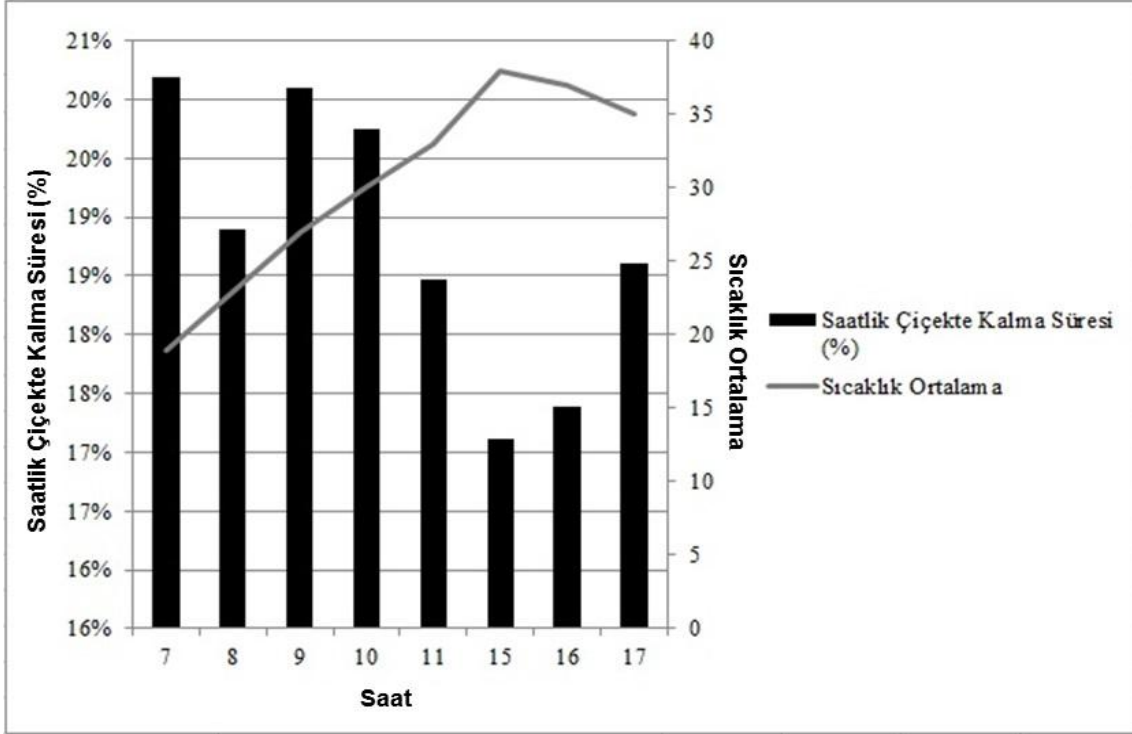


Şekil 4. 2. 2. 2: 2008 – Günün farklı saatlerindeki, ortalama sıcaklık ve arıların saatlik bitki ziyaret ortalaması.

Saat	Sıcaklık Ortalama	Saatlik Bitki Ziyaret Ortalaması
7	19	113
8	23	103
9	27	112
10	30	111
11	33	108
15	38	110
16	37	104
17	35	105

Çizelge 4. 2. 2. 3: 2008 – Günün farklı saatlerindeki, ortalama sıcaklık ve arıların saatlik bitki ziyaret ortalaması.

Üçüncü parametre olarak, *Lycopersicon esculentum* Miller bitkisinin SELİN hibritinde saat, sıcaklık ve saatlik çiçekte kalma yüzdesinin sonuçları saptanmış ve şekil ve çizelge halinde verilmiştir.

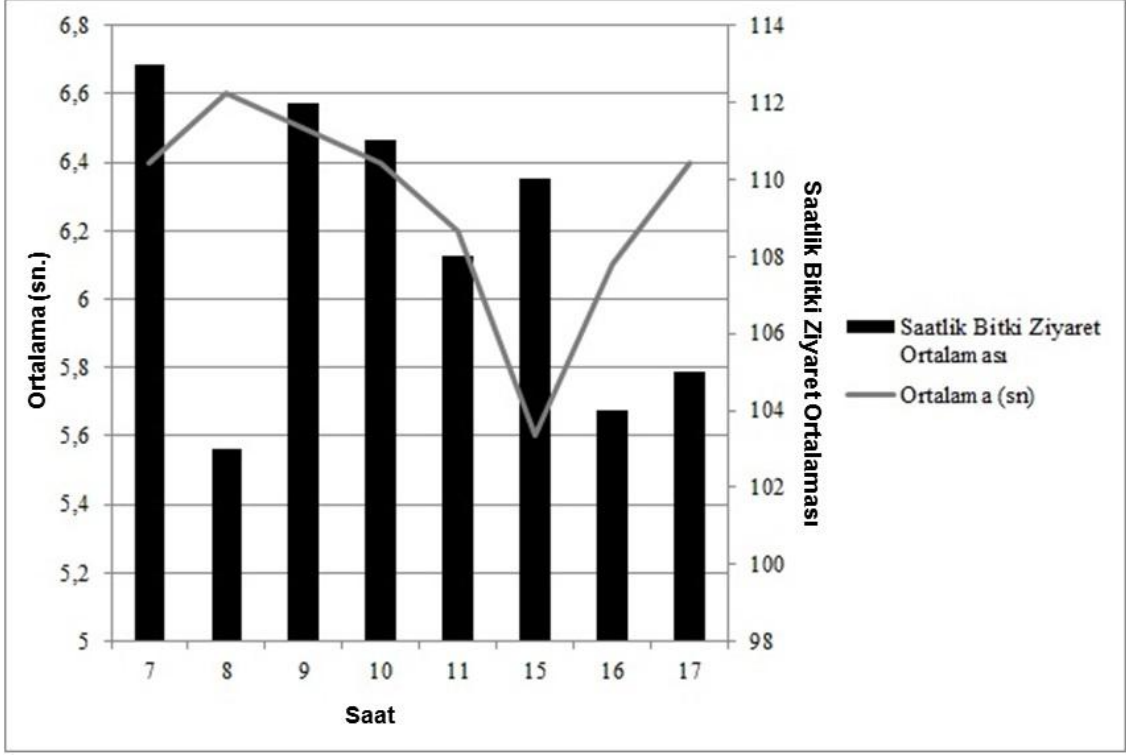


Şekil 4. 2. 2. 3: 2008 – Günün farklı saatlerindeki, ortalama sıcaklık ve arıların çiçekte kalma yüzdesinin ortalaması

Saat	Sıcaklık Ortalama	Saatlik Çiçekte Kalma Süresi (%)
7	19	20,19
8	23	18,90
9	27	20,10
10	30	19,75
11	33	18,47
15	38	17,11
16	37	17,39
17	35	18,61

Çizelge 4. 2. 2. 4: 2008 – Günün farklı saatlerindeki, ortalama sıcaklık ve arıların çiçekte kalma yüzdesinin ortalaması

Dördüncü parametre olarak, *Lycopersicon esculentum* Miller bitkisinin SELİN hibritinde saat, ortalama süre ve arının bir saatte ziyaret ettiği bitki sayısının ortalamasının sonuçları saptanmış ve şekil ve çizelge halinde verilmiştir.

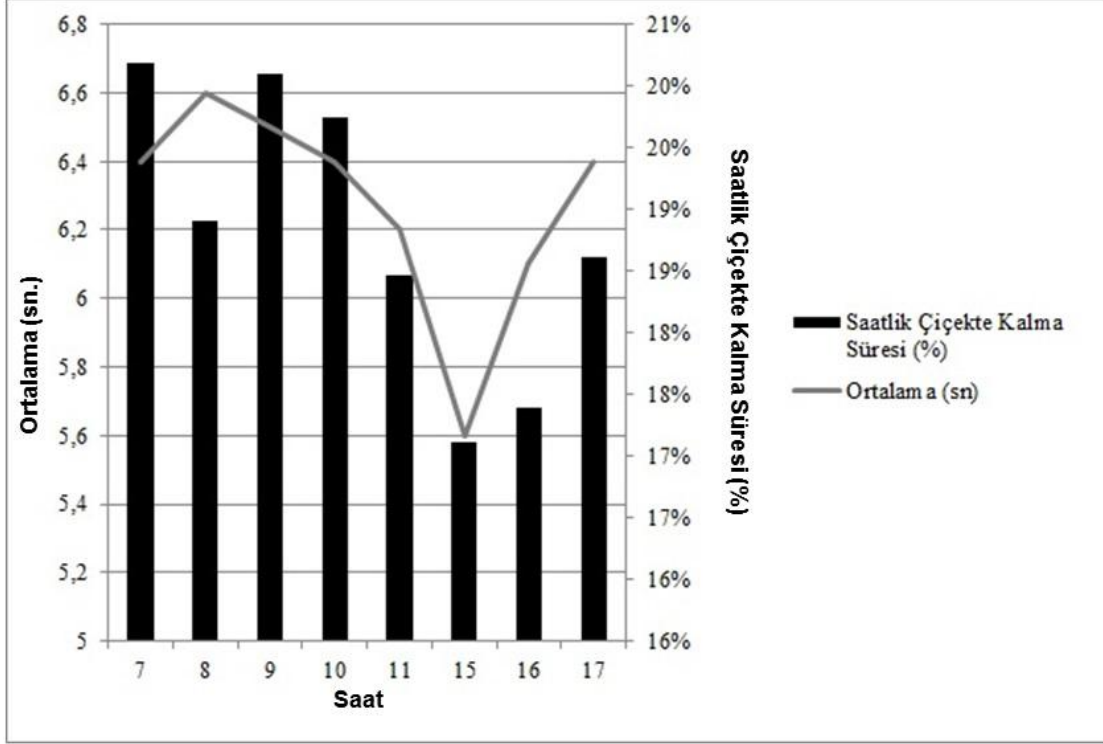


Şekil 4. 2. 2. 4: 2008 – Günün farklı saatlerindeki, arıların çiçekte ortalama kalma süresi ve arıların saatlik bitki ziyaret ortalaması

Saat	Ortalama Süre (sn)	Saatlik Bitki Ziyaret Ortalaması
7	6,4 ($\sigma=0,38$)	113
8	6,6 ($\sigma=0,36$)	103
9	6,5 ($\sigma=0,47$)	112
10	6,4 ($\sigma=0,35$)	111
11	6,2 ($\sigma=0,21$)	108
15	5,6 ($\sigma=0,10$)	110
16	6,1 ($\sigma=0,58$)	104
17	6,4 ($\sigma=0,46$)	105

Çizelge 4. 2. 2. 5: 2008 – Günün farklı saatlerindeki, arıların çiçekte ortalama kalma süresi ve arıların saatlik bitki ziyaret ortalaması

Beşinci parametre olarak, *Lycopersicon esculentum* Miller bitkisinin SELİN hibritinde saat, ortalama süre ve saatlik çiçekte kalma yüzdesinin sonuçları saptanmış ve şekil ve çizelge halinde verilmiştir.

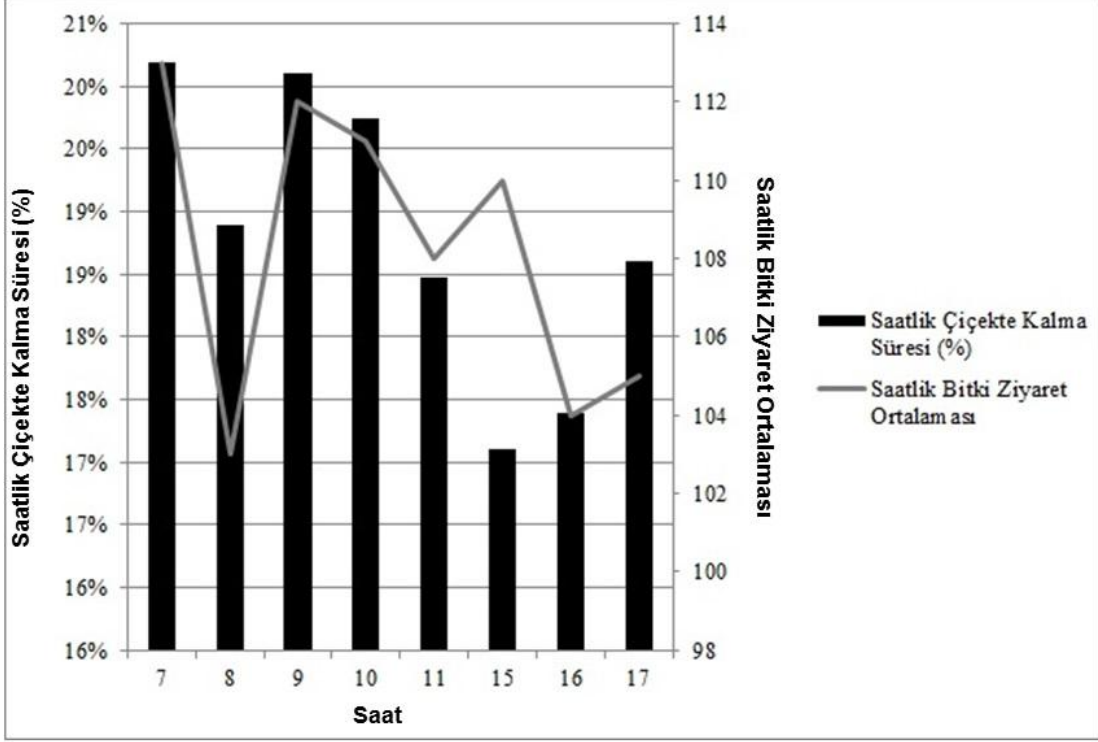


Şekil 4. 2. 2. 5: 2008 – Günün farklı saatlerindeki, arıların ortalama çiçekte kalma süresi ve arıların saatlik çiçekte kalma yüzdesi

Saat	Ortalama Süre (sn)	Saatlik Çiçekte Kalma Süresi (%)
7	6,4 (σ=0,38)	20,19
8	6,6 (σ=0,36)	18,90
9	6,5 (σ=0,47)	20,10
10	6,4 (σ=0,35)	19,75
11	6,2 (σ=0,21)	18,47
15	5,6 (σ=0,10)	17,11
16	6,1 (σ=0,58)	17,39
17	6,4 (σ=0,46)	18,61

Çizelge 4. 2. 2. 6: 2008 – Günün farklı saatlerindeki, arıların ortalama çiçekte kalma süresi ve arıların saatlik çiçekte kalma yüzdesi

Altıncı parametre olarak, *Lycopersicon esculentum* Miller bitkisinin SELİN hibritinde saat, arının bir saatte ziyaret ettiği bitki sayısının ortalaması ve saatlik çiçekte kalma yüzdesinin sonuçları saptanmış ve şekil ve çizelge halinde verilmiştir.

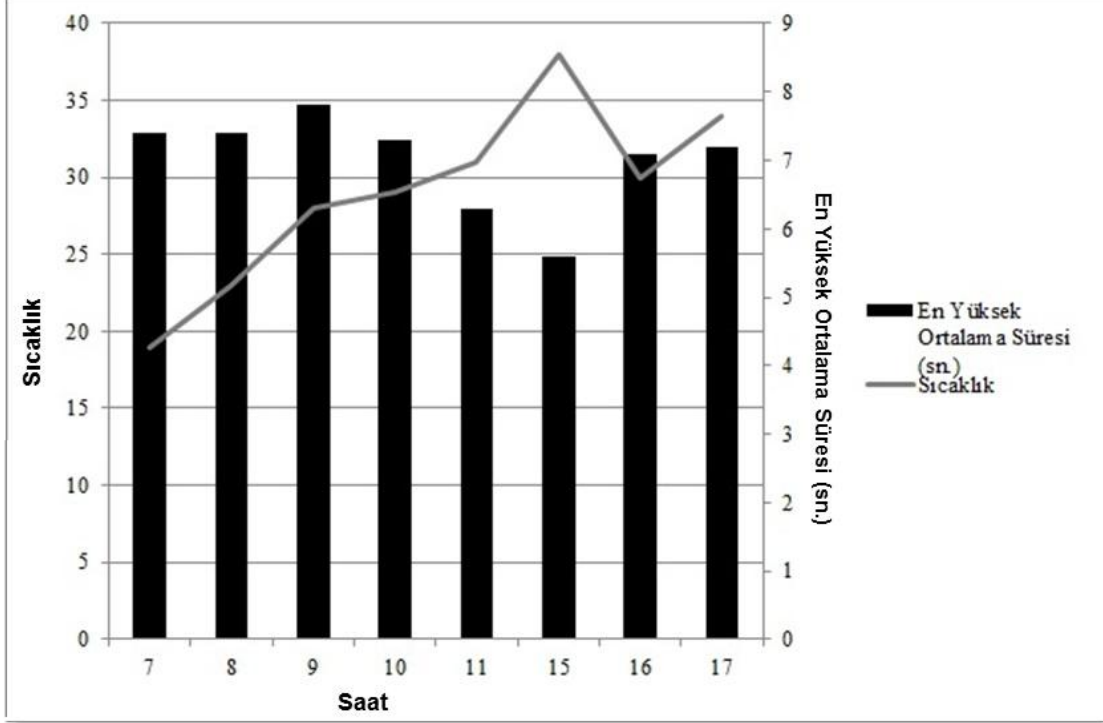


Şekil 4. 2. 2. 6: 2008 – Günün farklı saatlerindeki, arıların saatlik bitki ziyaret ortalaması ve arıların çiçekte kalma yüzdesi

Saat	Saatlik Bitki Ziyaret Ortalaması	Saatlik Çiçekte Kalma Süresi (%)
7	113	20,19
8	103	18,90
9	112	20,10
10	111	19,75
11	108	18,47
15	110	17,11
16	104	17,39
17	105	18,61

Çizelge 4. 2. 2. 7: 2008 – Günün farklı saatlerindeki, arıların saatlik bitki ziyaret ortalaması ve arıların çiçekte kalma yüzdesi

Yedinci parametre olarak, *Lycopersicon esculentum* Miller bitkisinin SELİN hibritinde saat ve sıcaklığa göre en yüksek ortalama süre saptanmış ve şekil ve çizelge halinde verilmiştir.

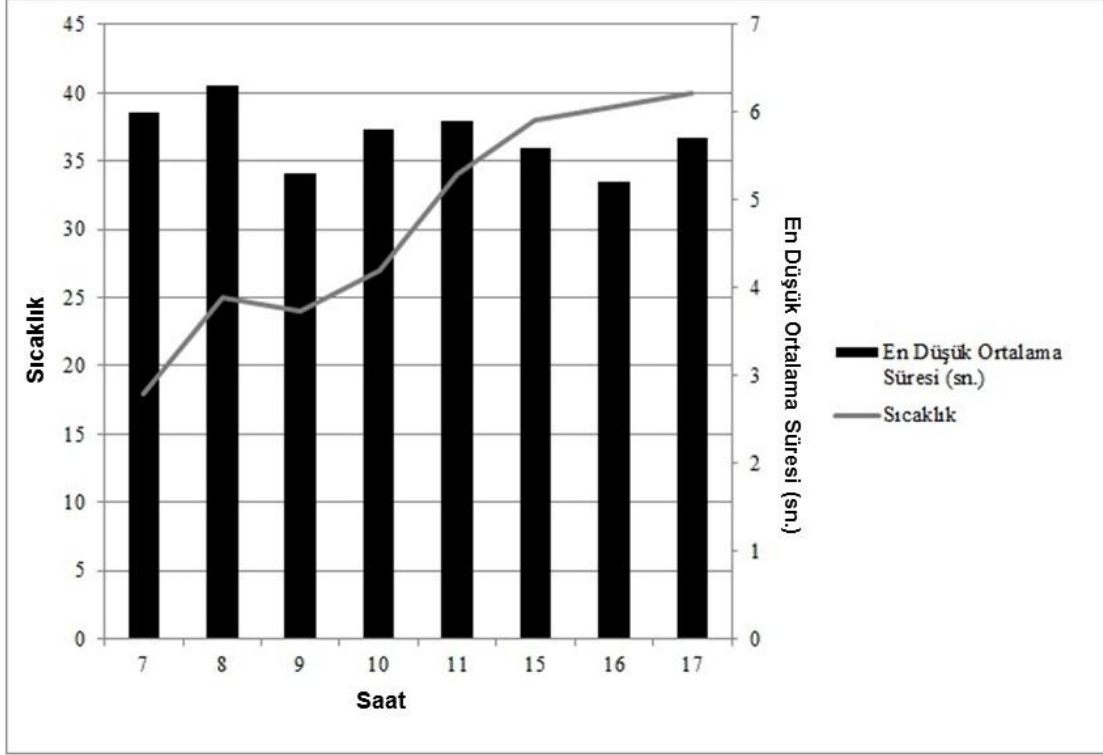


Şekil 4. 2. 2. 7: 2008 – 21 günlük çalışma süresinde, farklı saatlere ve farklı sıcaklığa göre saptanan arının çiçekte en yüksek kalma ortalaması

Saat	Tarih	Sıcaklık	Arı	En Yüksek Ortalama Süresi (sn.)
7	15.7.2008	19	Yeşil 21	7,4
8	15.7.2008	23	Yeşil 18	7,4
9	15.7.2008	28	Yeşil 22	7,8
10	15.7.2008	29	Yeşil 21	7,3
11	11.7.2008	31	Yeşil 22	6,3
15	8.7.2008	38	Yeşil 56	5,6
16	16.7.2008	30	Yeşil 88	7,1
17	14.7.2008	34	Yeşil 21	7,2

Çizelge 4. 2. 2. 8: 2008 – 21 günlük çalışma süresinde, farklı saatlere ve farklı sıcaklığa göre saptanan arının çiçekte en yüksek kalma ortalaması

Sekizinci parametre olarak, *Lycopersicon esculentum* Miller bitkisinin SELİN hibritinde saat ve sıcaklığa göre en düşük ortalama süre saptanmış ve şekil ve çizelge halinde verilmiştir.



Şekil 4. 2. 2. 8: 2008 – 21 günlük çalışma süresinde, farklı saatlere ve farklı sıcaklığa göre saptanan arının çiçekte en düşük kalma ortalaması

Saat	Tarih	Sıcaklık	Arı	En Düşük Ortalama Süresi (sn.)
7	21.7.2008	18	Yeşil 72	6
8	9.7.2008	25	Yeşil 87	6,3
9	7.7.2008	24	Yeşil 13	5,3
10	7.7.2008	27	Yeşil 18	5,8
11	10.7.2008	34	Yeşil 13	5,9
15	8.7.2008	38	Yeşil 56	5,6
16	21.7.2008	39	Kırmızı 89	5,2
17	22.7.2008	40	Kırmızı 89	5,7

Çizelge 4. 2. 2. 9: 2008 – 21 günlük çalışma süresinde, farklı saatlere ve farklı sıcaklığa göre saptanan arının çiçekte en düşük kalma ortalaması

Çizelge 4. 2. 2. 10: 2008 – Çalışma süresince en çok veri toplanan arılar

Arı	Tarih (Arının Çalıştığı Günler)	Saat (Arının Çalıştığı Saatler)	Sıcaklık (Arının Çalıştığı Sıcaklıklar)	Ortalama (sn)	Ziyaret Ortalama (1 Saatlik Çiçek Ziyareti)	Saatlik Çiçekte Kalma Süresi (%)
Yeşil 18	8.7.2008	16	36	6,4	105	18,67
	9.7.2007	9	29	6,9	120	23
	9.7.2007	10	31	6,4	109	19
	10.7.2008	10	32	6,7	107	20
	12.7.2008	9	23	6,6	115	21,08
	13.7.2008	17	33	6,8	102	19,27
	15.7.2008	8	23	7,4	114	23,43
Yeşil 88	11.7.2008	17	34	6,3	104	18,20
	14.7.2008	9	27	6,8	110	20,78
	16.7.2008	16	30	7,1	108	21,30
	17.7.2008	8	20	7,3	78	15,82
	18.7.2008	8	20	6,5	87	15,71
	21.7.2008	8	23	6,4	100	17,78
Yeşil 72	16.7.2008	17	28	7	108	21
	17.7.2008	9	22	7,8	98	21,23
	17.7.2008	10	26	6,5	104	19
	18.7.2008	8	20	6,5	139	25,09
	18.7.2008	10	26	6,6	120	22
	19.7.2008	9	27	5,8	116	18,69
	20.7.2008	16	39	5,8	106	17,08
	20.7.2008	17	37	6,1	106	17,96
	21.7.2008	7	18	6	111	18,50
	21.7.2008	10	28	6,5	111	20
Yeşil 36	19.7.2008	16	40	6	102	17
	20.7.2008	8	24	6,3	109	19,08
	21.7.2008	9	26	6,5	114	20,58
	23.7.2008	8	27	6,4	109	19,38
	24.7.2008	7	22	6,3	108	18,90
	24.7.2008	10	35	6,4	112	20
	25.7.2008	16	41	5,7	102	16,15
	26.7.2008	7	20	6,3	113	19,78

	26.7.2008	10	30	6,3	117	20
	27.7.2008	9	28	6,4	121	21,51
Kırmızı 89	18.7.2008	9	22	6,4	114	20,27
	20.7.2008	7	20	6,2	104	17,91
	21.7.2008	16	39	5,2	110	15,89
	22.7.2008	17	40	5,7	112	17,73
	23.7.2008	9	32	6,5	107	19,32
	24.7.2008	8	27	6,4	112	19,91
	26.7.2008	9	28	6,4	107	19,02
	26.7.2008	16	38	6	113	18,83
	27.7.2008	8	22	6,4	118	20,98
Yeşil 95	20.7.2008	10	31	6,9	110	21
	22.7.2008	17	40	5,8	107	17,24
	23.7.2008	7	22	6,4	118	20,98
	24.7.2008	9	32	6,4	120	21,33
	25.7.2008	17	37	6,1	103	17,45
	26.7.2008	8	23	6,4	113	20,09
	27.7.2008	10	30	6,4	113	20

5. TARTIŞMA VE SONUÇ

Bombus arılarında renk desenlerinin türler arasında neredeyse özdeş olması ayrıca tür içerisinde yüksek derecede değişkenlik göstermesi nedeniyle bazı türlerin teşhisinde ve taksonomisinde büyük sorunlar yaşanmaktadır [120]. Bu türlerin birbirinden klasik yöntemler ile ayrılması zaman zaman mümkün olmamaktadır. Bu durum başka yöntemlerin kullanılmasını gerekli kılmaktadır.

Bunlara ek olarak, son zamanlarda, örtü altı tarımda kullanılmak üzere Asya ve Amerika'ya götürülen *B. terrestris* türü bu alanlar dışındaki doğal alanlarda da yayıldığı tespit edilmiştir. Bu durum özellikle Asya'da bu altcins içindeki türlerin taksonomisinde problem yaratmaktadır. Dolayısıyla, biyolojik çeşitliliğin, ekosistemin ve küresel tozlaşma endüstrisinin sürdürülebilir bir şekilde korunması için *Bombus s.str.* türlerinin doğru bir şekilde tanımlanmasını gerektirmektedir [61].

Türler içerisinde görülen coğrafik farklılaşma yıllar boyunca çoğunlukla genetik açıdan ele alınmakta, türler içerisindeki morfolojik farklılaşma üzerine odaklanan çalışmalar daha az yapılmaktaydı. Özellikle geleneksel morfometrik metodlar tür içi seviyede kesin bilgi vermemesi nedeniyle morfolojik yaklaşımlara ilgi duyulmamaktaydı [102]. Bir organizmanın kompleks şekli geleneksel morfometride uygulanan doğrusal ölçümler ile kolay açıklanamamaktadır. Geleneksel morfometrinin yol açtığı olumsuzluklar nedeniyle araştırmacılar landmark tabanlı geometrik morfometri gibi alternatif yöntemler ileri sürmüşlerdir [8, 96]. Geometrik morfometri sayesinde şekiller arasındaki varyasyonun miktarı hesaplanabilmektedir [99]. Yalnızca büyüklüğün değil, şeklin de çalışılması sağlanırken, kuvvetli analitik ve grafik araçları sayesinde bireyler içerisinde ve arasında görülen morfolojik varyasyonun matematiksel olarak hesaplanması ve görselleştirilmesi mümkün olmaktadır [102, 121].

Geometrik morfometri bombus arıları üzerinde ortaya konulacak taksonomik çalışmalarda ucuz, hızlı sonuç veren ve müze materyali gibi eski örnekler üzerinde uygulanabilirliği açısından oldukça avantajlı bir araç niteliğindedir [8]. Geometrik morfometri teknikleri Klingenberg et al. [9] tarafından *Bombus impatiens* Cresson, 1863 üzerinde, Aytekin et al. [8] tarafından *Sibiricobombus* Vogt, 1911 altcinsi üzerinde, De Meulemeester et al. [10] *Bombus* (s.str.)'ta uygulanmıştır.

Bu çalışmada, Türkiye’de *Bombus* cinsi içerisindeki *Bombus* altcinsinde yer alan iki türde geometrik morfometri yöntemi uygulanmıştır. Sağ ön kanatlarda belirlenen noktalara 20 adet landmark yerleştirilerek kanat şekilleri ortaya konmuş ve türlerin birbirleri arasındaki yakınlıklar, benzerlikler ve farklılıklar incelenerek *Bombus* altcinsi içerisindeki sistematik ilişkilerin belirlenmesi amaçlanmıştır.

Tür teşhisinde Özbek [6] ve Williams et al. [5] tarafından hazırlanmış tür teşhis anahtarları kullanılmıştır. Türler için yapılan sistematik bulgular Aytekin [80]’dekilerle örtüşmüştür. Mevcut çalışmada işçilerde ve erkeklerde iki tür (*B. terrestris*, *B. lucorum*) incelenmiştir. Teşhislerde *B. cryptarum*’a rastlanmamıştır.

Geometrik morfometrik çalışmalarda iki türe ait işçilerde 179 birey, erkeklerde ise 172 birey analiz edilmiştir. İlk aşama olarak, TPS util ile erkek ve işçilerin dosyalarını bir TPS dosyası içinde birleştirilen erkek ve işçilere ait verinin normalite ölçümü TPS Small ve MorphoJ’de yapılmıştır. TPS small sonuçlarını göre, verinin normal sınırlar arasında kaldığı görülmüştür (Şekil 4. 1. 1. 1; Şekil 4. 1. 2. 1). MorphoJ programında da, landmarkların procrustes analizi sonucu verinin normal olduğu görülmüştür. Ayrıca yine bu programda outliers test sonucunda Mahalanobis mesafesine göre grafik dökümünde verinin normal olduğu anlaşılmıştır. (Şekil 4. 1. 1. 2, Şekil 4. 1. 1. 3; Şekil 4. 1. 2. 2, Şekil 4. 1. 2. 3).

Daha sonra türler arasındaki ayrımı yapmak için IMP ve PAST programları kullanılmıştır. IMP içinde CVAGen6 programı ile grupların ayrışmalarını analiz edilmiştir. CVA yapmadan önce PCAGen6 programı ile PCA analizleri yapıldı. Jackknife yöntemi uygulanarak erkeklerde grupların istatistiksel olarak %97.04 oranında ayrıştığı gözlenmiştir. (Şekil 4. 1. 1. 4, Şekil 4. 1. 1. 5). Jackknife yöntemi uygulanarak işçilerde grupların istatistiksel olarak %82.76 oranında ayrıştığı gözlenmiştir. (Şekil 4. 1. 2. 4, Şekil 4. 1. 2. 5).

PAST analizinin sonucuna göre, erkeklerde ayrışmanın istatistiksel olarak anlamlı olduğu ve ayrıca analize göre veri içindeki önceden belirlenmiş grupların yaklaşık %98’i doğru gruplara yerleştiği görülmüştür. (Şekil 4. 1. 1. 6). Yine analiz sonuçlarına göre, işçilerdeki ayrışmanın da istatistiksel olarak anlamlı olduğu ve analize göre veri içindeki önceden belirlenmiş grupların yaklaşık %92’si doğru gruplara yerleştiği gözlenmiştir. (Şekil 4. 1. 2. 6).

Bu çalışmada sonuç olarak Türkiye’de bulunan *Bombus* (s.str.) türlerinin bir tür eksik taksonomisi derlenerek sorunlar ortaya konulmaya çalışılmıştır. Gözlenen bulgular geometrik morfometrinin yöntemsel olarak sorunları gidermede umut verici olduğunu gösterse de ileride yapılacak özellikle moleküler yöntemler ile birleştirilmiş yeni analizlerin konunun aydınlatılmasına yardımcı olacağı düşünülmektedir.

Bombus arılarının tozlaştırıcı etkilerinin incelendiği çalışmanın ikinci kısmında ise 2007 ve 2008 yıllarında Hacettepe Üniversitesi Beytepe Kampüsü’nde bulunan HARÜM Organik Tarım Eğitim Serası’nda yapılmıştır. *Bombus* arılarının aktiviteleri 18.6.2007-8.7.2007 arasında 21 gün ve 7.7.2008-27.7.2008 tarihleri arasında da 21 gün süreyle gözlenmiştir. Gözlemlerde arılar sabah saat 6:00’da itibaren aktif bir şekilde dolaşmasına rağmen domates çiçekleri saat 7:00’den sonra açıldığı için ancak bu saatten sonra polen toplayabilmişlerdir. Sera içi sıcaklığın yüksek olduğu saat 12:00-15:00 saatleri arasında arıların polen toplamadıkları gözlenmiştir. Sıcaklığın düşük olduğu sabah ve öğleden sonraki saatlerde aktivitenin arttığı, sıcaklığın yüksek olduğu öğlen saatlerinde aktivitenin durduğu gözlenmiştir. Aktivite, saat 16:00’dan itibaren tekrar artmıştır. Arıların en yoğun olarak çalıştığı saatlerin sera içi sıcaklığın diğer saatlere göre daha düşük olduğu sabah 8:00-11:00 ve öğleden sonra 16:00-18:00 arası olduğu saptanmıştır.

Ravestijn ve Sande [122], *bombus* arılarının çiçekte kalma süresinin 7,6 sn., çiçeği sarsma süresinin 3,7 sn. olduğunu bildirmişlerdir [24]. Özdoğan [123]’ın yaptığı çalışmada arıların çiçekte kalma süresini 7,74 sn. olarak tespit etmiştir. Daha önce yapılan çalışmalar [24, 97, 98] genellikle ısıtılmalı seralarda veya bahar aylarında gerçekleştirilmiştir. Ancak kış dönemi içerisinde çiçekte polen sayısı daha az olduğu için *bombus* arısının her çiçekten polen toplamak için harcadığı süre biraz daha uzun olmaktadır. Sıcak hava koşullarında her çiçekte daha kısa süre kalarak polen toplayabilmektedir [124]. Bu çalışmada, 2007 yılında arıların çiçekte kalma süresinin 6,2 sn. ve 2008 yılında çiçekte kalma süresinin 6,3 sn. olduğu saptanmıştır.

2007 yılındaki çalışmada, ilk parametre olarak saatlik sıcaklık ortalaması ve çiçekte kalma süresi değerlendirilmiş ve sıcaklığın yükselmesiyle birlikte ortalamanın da arttığı gözlenmiştir. Ancak saat 11:00'den sonra sıcaklığın çok yükselmesiyle birlikte çiçekte kalma süresinin düştüğü ve saat 17:00'den itibaren tekrar yükseldiği gözlenmiştir. (Grafik 4. 2. 1. 1, Tablo 4. 2. 1. 2)

İkinci parametre olarak, saatlik sıcaklık ortalaması ve arıların ziyaret ettiği bitki sayısı bir saatlik dilime uyarlanmış ve bunun sonucunda bitki ziyaret sayısında saatlere göre bir miktar artış gözlenmiştir. (Grafik 4. 2. 1. 2, Tablo 4. 2. 1. 3)

Üçüncü parametre olarak, saatlik sıcaklık ortalaması ve bir arının toplamda çiçekte geçirdiği süre saatlik dilime uyarlanmış, daha sonra yüzdeliğe (%) çevrilmiş ve değerlendirmesi yapılmıştır. Buna göre, saatlik sıcaklık ortalamasına göre arının çiçekte kalma süresi yüzde olarak artmıştır. Ancak saat 11:00'den sonra sıcaklığın çok yükselmesiyle birlikte saatlik sıcaklık ortalamasına göre arının çiçekte kalma süresinin yüzdesinin düştüğü ve saat 16:00'den itibaren tekrar yükseldiği gözlenmiştir. En yüksek noktaya 9:00-10:00 ve 17:00-18:00 saatleri aralığında ulaşmıştır. (Grafik 4. 2. 1. 3, Tablo 4. 2. 1. 4)

Dördüncü parametre olarak, saatlik çiçekte kalma süresi ve arının bir saatte ziyaret ettiği bitki sayısının ortalaması değerlendirilmiş ve arıların ziyaret ettiği bitki sayısının artmasına rağmen çiçekte kalma süresinin önce yükselip sonra düştüğü ve saat 17:00'de itibaren tekrar yükseldiği gözlenmiştir. Burada çiçekte kalma süresinin sıcaklık değişiminden etkilendiği ancak arının ziyaret ettiği bitki sayısının çok fazla etkilenmediği tespit edilmiştir. (Grafik 4. 2. 1. 4, Tablo 4. 2. 1. 5)

Beşinci parametre olarak, saatlik çiçekte kalma süresi ve bir arının toplamda çiçekte geçirdiği süre saatlik dilime uyarlanmış, daha sonra yüzdeliğe (%) çevrilmiş ve değerlendirilmiştir. Bunun sonucunda, saatlik çiçekte kalma süresi ve arının çiçekte kalma süresinin yüzdesi sabah saatlerinde artmış, sıcaklığın çok yüksek ölçüldüğü saatlerde düşmüş ve sıcaklığın tekrar düştüğü akşam saatlerinde tekrar yükseldiği tespit edilmiştir. (Grafik 4. 2. 1. 5, Tablo 4. 2. 1. 6)

Altıncı parametre olarak, bir arının toplamda çiçekte geçirdiği süre saatlik dilime uyarlanmış, daha sonra yüzdeliğe (%) çevrilmiş ve arıların ziyaret ettiği bitki sayısı karşılaştırılmıştır. Arının bir saatte ziyaret ettiği bitki sayısının ortalamasının

artmasına rağmen arının çiçekte kalma süresinin yüzdesi önce yükselip sonra düştüğü ve saat 17:00'de itibaren tekrar yükseldiği gözlenmiştir. Burada arının çiçekte kalma süresinin yüzdesi sıcaklık değişiminden etkilendiği ancak arının bir saatte ziyaret ettiği bitki sayısının ortalamasının çok fazla etkilenmediği tespit edilmiştir. (Grafik 4. 2. 1. 6, Tablo 4. 2. 1. 7)

Yedinci parametre olarak, 2007 yılında arıların saatlik sıcaklığa göre en yüksek çiçekte kalma süreleri tespit edilmiştir. Buna göre, arıların ortalama 28,5°C'de ortalama 7,3 sn. çiçekte kaldıkları tespit edilmiştir. (Grafik 4. 2. 1. 7, Tablo 4. 2. 1. 8)

Sekizinci parametre olarak, 2007 yılında arıların saatlik sıcaklığa göre en düşük çiçekte kalma süreleri tespit edilmiştir. Buna göre, arıların ortalama 33°C'de ortalama 5,3 sn. çiçekte kaldıkları tespit edilmiştir. (Grafik 4. 2. 1. 8, Tablo 4. 2. 1. 9)

Dokuzuncu parametre olarak, en çok verinin toplandığı arılar tespit edilmiş ve kaç gün çalıştığı belirlenmiştir. Sarı 88 numaralı arının 10 kez verisinin toplandığı ve 11 gün (28.6.2007-8.7.2007) çalıştığı gözlenmiştir. (Tablo 4. 2. 1. 10)

2008 yılındaki çalışmada, ilk parametre olarak saatlik sıcaklık ortalaması ve çiçekte kalma süresi değerlendirilmiş ve sıcaklığın yükselmesiyle birlikte ortalamanın da arttığı gözlenmiştir. Ancak saat 11:00'den sonra sıcaklığın çok yükselmesiyle birlikte çiçekte kalma süresinin düştüğü ve saat 17:00'den itibaren tekrar yükseldiği gözlenmiştir. (Grafik 4. 2. 2. 1, Tablo 4. 2. 2. 2)

İkinci parametre olarak, saatlik sıcaklık ortalaması ve arıların ziyaret ettiği bitki sayısı bir saatlik dilime uyarlanmış ve bunun sonucunda bitki ziyaret sayısında saatlere göre bir miktar azalma gözlenmiştir. (Grafik 4. 2. 2. 2, Tablo 4. 2. 2. 3)

Üçüncü parametre olarak, saatlik sıcaklık ortalaması ve bir arının toplamda çiçekte geçirdiği süre saatlik dilime uyarlanmış, daha sonra yüzdeliğe (%) çevrilmiş ve değerlendirmesi yapılmıştır. Buna göre, saatlik sıcaklık ortalamasına göre arının çiçekte kalma süresi yüzde olarak azalmıştır. Saat 11:00'den sonra sıcaklığın çok yükselmesiyle birlikte saatlik sıcaklık ortalamasına göre arının çiçekte kalma süresinin yüzdesinin belirgin bir şekilde düştüğü ve saat 16:00'den itibaren tekrar

yükseldiği gözlenmiştir. En yüksek noktaya saat 7:00-8:00 ve 9:00-10:00 saatleri aralığında ulaşmıştır. (Grafik 4. 2. 2. 3, Tablo 4. 2. 2. 4)

Dördüncü parametre olarak, saatlik çiçekte kalma süresi ve arının bir saatte ziyaret ettiği bitki sayısının ortalaması değerlendirilmiş ve arıların ziyaret ettiği bitki sayısının çiçekte kalma süresiyle uyumluluk gösterdiği, ancak saat 15:00'de çiçekte kalma süresinin belirgin bir şekilde düşmesine rağmen arının ziyaret ettiği bitkisi sayısı artmış itibaren tekrar yükseldiği gözlenmiştir. Saat 16:00'dan itibaren çiçekte kalma süresinin ve arının ziyaret ettiği bitki sayısının çok arttığı tespit edilmiştir. (Grafik 4. 2. 2. 4, Tablo 4. 2. 2. 5)

Beşinci parametre olarak, saatlik çiçekte kalma süresi ve bir arının toplamda çiçekte geçirdiği süre saatlik dilime uyarlanmış, daha sonra yüzdeliğe (%) çevrilmiş ve değerlendirilmiştir. Bunun sonucunda, saatlik çiçekte kalma süresi ve arının çiçekte kalma süresinin yüzdesinin uyumlu olduğu tespit edilmiştir. (Grafik 4. 2. 2. 5, Tablo 4. 2. 2. 6)

Altıncı parametre olarak, bir arının toplamda çiçekte geçirdiği süre saatlik dilime uyarlanmış, daha sonra yüzdeliğe (%) çevrilmiş ve arıların ziyaret ettiği bitki sayısı karşılaştırılmıştır. Arının bir saatte ziyaret ettiği bitki sayısının ortalamasının ve arının çiçekte kalma süresinin yüzdesinin uyumlu olduğu gözlenmiştir. Sadece saat 15:00'de birbirlerine göre zıt ilerledikleri tespit edilmiştir. (Grafik 4. 2. 2. 6, Tablo 4. 2. 2. 7)

Yedinci parametre olarak, 2008 yılında arıların saatlik sıcaklığa göre en yüksek çiçekte kalma süreleri tespit edilmiştir. Buna göre, arıların ortalama 29°C'de ortalama 7 sn. çiçekte kaldıkları tespit edilmiştir. (Grafik 4. 2. 2. 7, Tablo 4. 2. 2. 8)

Sekizinci parametre olarak, 2008 yılında arıların saatlik sıcaklığa göre en düşük çiçekte kalma süreleri tespit edilmiştir. Buna göre, arıların ortalama 31°C'de ortalama 5,8 sn. çiçekte kaldıkları tespit edilmiştir. (Grafik 4. 2. 2. 8, Tablo 4. 2. 2. 9)

Dokuzuncu parametre olarak, en çok verinin toplandığı arılar tespit edilmiş ve kaç gün çalıştığı belirlenmiştir. Yeşil 72 numaralı arının 10 kez verisinin toplandığı ve

Yeşil 88 numaralı arının 11 gün (11.7.2008-21.7.2008) çalıştığı gözlenmiştir. (Tablo 4. 2. 2. 10)

Sonuç olarak, verim yönünden uygulamaların ortalamaları incelendiğinde bombus arısı uygulamasından elde edilen verim ve meyve sayısı ve kalitesi değerlerinin hormon, vibrasyon gibi diğer uygulamalardan daha yüksek olduğu daha önce yapılan çalışmalarda ortaya konmuştur [24, 122]. Bu çalışmada ise arıların etkinliğine bakılmıştır. Bir arının en çok 11 gün çalıştığı tespit edilmiş, marka yapıştırılmış arıların belirli periyotlarla serada çalıştığı gözlenmiştir. Bundan sonraki çalışmalarda arılara markalar yapıştırılırken aynı zamanda vücut ağırlığı, vücut büyüklüğü gibi parametrelere de bakılarak koloni etkinliği ve devamlılığının sağlanması açısından önemli olduğu düşünülmektedir.

KAYNAKLAR

- [1] Cameron, S.A. and Williams, P.H., 2003, Phylogeny of bumble bees in the New World subgenus *Fervidobombus* (Hymenoptera: Apidae): congruence of molecular and morphological data. *Molecular Phylogenetics and Evolution*, 28, pp. 552-563, **2003**.
- [2] Heinrich, B., *Bumblebee economics*, Cambridge, MA: Harvard University Press, **1979**.
- [3] Williams, P.H., Tang, Y., Yao, J., Cameron, S., The bumblebees of Sichuan (Hymenoptera: Apidae, Bombini). *Systematics and Biodiversity*, 7(2), pp. 101-190, **2009**.
- [4] Richards, O. W., The subgeneric divisions of the genus *Bombus* Latreille (Hymenoptera: Apidae). *Bull. Br. Mus. (Nat. Hist.) Entomol.* 22, pp. 209-276, **1968**.
- [5] Williams, P.H., Cameron, S.A., Hines, H.M., Cederberg, B., Rasmont, P, A simplified subgeneric classification of the bumblebees (Genus *Bombus*). *Apidologie*, 39, pp. 46-74, **2008**.
- [6] Özbek, H., *Doğu Anadolu'nun bazı yörelerindeki Bombinae (Hymenoptera: Apoidea, Bombidae) türleri üzerinde taksonomik ve bazı biyolojik çalışmalar*, Atatürk Üniversitesi Yayınları No: 621, Atatürk Üniversitesi Basımevi, Erzurum, 70s, **1983**.
- [7] Rasmont, P. *Catalogue Commenté des Bourdons de la Région Ouest-Paléarctique*. Notes Fauniques de Gembloux. No. 7. Belgique. 71p, **1983**.
- [8] Aytekin, A.M., Terzo, M., Rasmont, P., Çağatay, N., Landmark based geometric morphometric analysis of wing shape in *Sibiricobombus* Vogt (Hymenoptera: Apidae). *Annales de la Societe Entomologique de France*. 43 (1), pp.95-102, **2007**.

- [9] Klingenberg, C.P., *Developmental instability as a research tool: Using patterns of fluctuating asymmetry to infer the developmental origins of morphological integration*. In *Developmental instability, causes, and consequences* ed. M. Polak, Oxford University Press, 427-442p, **2003**.
- [10] De Meulemeester T., AYTEKIN A.M., VALTEROVA I., RASMONT P. , Landmark based geometric morphometrics analysis of wing shape as a tool for *Bombus s.str.* taxonomy (Hymenoptera:Apidae). *6th. Symposium National de Morphometrie et Evolution des Formes*. Montpellier. May. 27-28. France. 49 (Poster), **2009**.
- [11] Goodwin, S. and Steiner, M., *Introduction of Bombus terrestris for biological pollination of horticultural crops in Australia*. Gosford IPM Services, **1997**.
- [12] Williams, P.H., An annotated checklist of bumble bees with an analysis of patterns of description (Hymenoptera: Apidae, Bombini), *Bulletin of The Natural History Museum (Entomology)*, 67, pp. 79-152, **1998**.
- [13] Gürel, F., Efendi, Y. , Mutaf, S., Colony initiation of bumble bee queens (*B. terrestris*) and colony development in captivity. *Turkish Journal of Veterinary and Animal Science* 23, pp. 379-384, **1999**.
- [14] Gürel, F., & Gösterit T, A., *Bombus (Bombus terrestris) arısında koloni gelişimi ve ana arı erkek arı üretim süreci*. *Teknik Arıcılık*, 73, 22-29, **2001**.
- [15] Benton, T., *The Bumblebees of Essex*, The Nature of Essex Series, No: 4, Loginga Books, Essex, p.9, **2000**.
- [16] Velthuis, Hayo HW, and Adriaan van Doorn. "A century of advances in bumblebee domestication and the economic and environmental aspects of its commercialization for pollination." *Apidologie* 37.4: 421-451, **2006**.
- [17] Velthuis, H.H.W., The historical background of the domestication of the bumble-bee, *Bombus terrestris* and its introduction in agriculture. In: *pollinating bees-the conversation link between agriculture and nature*,

- Kevan, P. and V.L.I. Fonseca (Eds.), *Ministry of Environment*, Brazil, pp: 177-184, **2002**.
- [18] Gösterit, A., Gürel, F., *Bombus terrestris* (Hymenoptera:Apidae) Arılarının yayılmasının ekosistem üzerine etkileri, *Uludağ Bee Journal August* 2005 – 5: 115 – 121 s, **2005**.
- [19] Fisher, R. M., Pomeroy, N., "Pollination of greenhouse muskmelons by bumble bees (Hymenoptera: Apidae)." *Journal of economic entomology* 82.4, pp. 1061-1066, **1989**.
- [20] Gürel, F., Gencer, H. V., Efendi, Y. and Talay, R., Antalya ve Çevresindeki Seralarda Kullanılan *Bombus* (*Bombus terrestris*) Kolonilerinin Performanslarının Değerlendirilmesi, *Derim*. 15 (4), 150-161, **1998**.
- [21] T.C. Gıda, Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı, <http://www.tarim.gov.tr/> (Ocak, **2014**)
- [22] Vergara, Carlos H., and Paula Fonseca-Buendía. "Pollination of greenhouse tomatoes by the Mexican bumblebee *Bombus ephippiatus* (Hymenoptera: Apidae)." *Journal of Pollination Ecology* 7, **2012**.
- [23] Banda, H. J., and R. J. Paxton., Pollination of Greenhouse Tomatoes by Bees. In: *VI International Symposium on Pollination* 288. p. 194-198, **1990**.
- [24] Altın, Ö., *Sera Domates Yetiştiriciliğinde Bombus terrestris'in Verim ve Kaliteye Etkileri Üzerinde Araştırmalar*, Yüksek Lisans Tezi, Ege Üniversitesi, Bahçe Bitkileri Anabilim Dalı, İzmir, 71s, **1997**
- [25] Rylski, I., Aloni, B., Karni, L., Zaidman, Z., Flowering, Fruit Set, Fruit Development and Fruit Quality Under Different Enviromental Conditions in Tomato and Pepper Crops. *Acta Horticulturae*, 366, pp. 45-56, **1993**.
- [26] Splittstoesser, W.E., Temperature Influences Parthenocarpic Fruit Production in Tomato, *Plant Growth Regulator Society of America*, pp. 206-211, **1988**.

- [27] Buchmann, S. L. "Buzzing is necessary for tomato flower pollination." *Bumble-Bee Quest* 2: 1-3, **1992**.
- [28] Ravestijn, W. Van, Insect Pollination, Bumble Bees Are Good Alternative to Truss Vibration In Round Tomatoes, *Groenten en Fruit*. 45(20): 42-43, 3 plot. (CAB Abst. 4399), **1989**.
- [29] Grimaldi, D. and Engel, M.S., *Evolution of the insects*, Cambridge University Press, 755 p, **2005**.
- [30] Borror, D.J., Triplehorn, C.A., Johnson, N.F., An Introduction to the Study of Insects, Saunders College Publications, Philadelphia, 875p, **1989**.
- [31] Michener, C.D., *The social behaviour of the bees*, The Belknap Press of Harvard University Press, Cambridge, Massachusetts, 404p, **1974**.
- [32] Engel, M.S., A monograph of the baltic amber bees and evolution of the Apoidea (Hymenoptera), *Bulletin of the American Museum of Natural History*, Number 259, New York, 192p, **2001**.
- [33] Sharkey, Michael J. "Phylogeny and classification of Hymenoptera." *Zootaxa* 1668: 521-548: **2007**.
- [34] Hines, H.M., Historical biogeography, divergence times, and diversification patterns of bumble bees (Hymenoptera: Apidae: *Bombus*), *Systematic Biology*, 57, pp. 58-75, **2008**.
- [35] Cameron, S.A., Hines, H.M., Williams, P.H., A comprehensive phylogeny of the bumble bees (*Bombus*). *Biological Journal of the Linnean Society* 91: 161-188, **2007**.
- [36] Williams, P.H., A preliminary cladistic investigation of relationships among the bumblebees (Hymenoptera: Apidae), *Systematic Entomology*, 10, pp. 239-255, **1985**.
- [37] Williams, P.H., The bumble bees of the Kashmir Himalaya (Hymenoptera: Apidae, Bombini), *Bulletin of the British Museum (Natural History) (Entomology)*, 60, pp. 1-204, **1991**.

- [38] Alford, D. V., *Bumblebees*, Davis-Poynter, London, 352p, **1975**
- [39] Özbek,H., Bees of the genera Anthidium, Anthocopa, Hoplitis and Megachile in some parts of eastern Anatolia, *Türk. Bit. Kor. Derg.*, 3(2): 95-107. **1979**.
- [40] Stephen, W.P., Bohart, G.E., Torchio P.F., The biology and external morphology of bees, Agricultural Exp. Sta., Oregon State University, Corvallis, 140pp, **1969**.
- [41] Michener, C.D., Classification of the Apidae. *University of Kansas Science Bulletin*, 54, pp. 75-153, **1990**.
- [42] Aytekin, A.M., *İç Anadolu Bölgesi Apidae (Hymenoptera) Familyası Üzerinde Sistemik Araştırmalar ile Sorunlu Gruplarda Morfometrik ve Biyokimyasal Yöntemlerin Uygulanması*, Doktora Tezi, Hacettepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, 152s, **2002**.
- [43] Pawlikowski, T., 1999, *A field guide to identification of bumblebees* (Hymenoptera: Apidae: Bombini) in Poland, Wydawnictwo Uniwersytetu Mikolaja Kopernika, 30p, **1999**.
- [44] Prys-Jones, O.E. and Corbet, S.A., *Bumblebees*, Cambridge University Press, Cambridge, 86p, **1987**.
- [45] Shapiro, A.M. and Porter, A.H., The lock - and - key hypothesis: evolutionary and biosystematic interpretation of insect genitalia, *Annual Review of Entomology*, 34, pp. 231-245, **1989**.
- [46] Williams P. H. 1985. *On the distribution of bumble bees (Hymenoptera, Apidae) with particular regard to patterns within the British Isles. PhD thesis, Department of Applied Biology. Cambridge: University of Cambridge. 180 pp, 1985*.
- [47] Natural History Museum, Bumble Bees, http://www.nhm.ac.uk/research-curation/research/projects/bombus/Bo/mg_bo.html#list (Ocak, **2014**)

- [48] Williams, P.H., Phylogenetic relationships among bumble bees (*Bombus* Latr.): a reappraisal of morphological evidence. *Systematic Entomology* 19(1994): 327-344, **1994**.
- [49] Hines, H.M., Cameron, S.A., Williams, P.H., Molecular phylogeny of the bumble bee subgenus *Pyrobombus* (Hymenoptera: Apidae: *Bombus*) with insights into gene utility for lower-level analysis, *Invertebrate Systematics*, 20, 289-303, **2006**.
- [50] Chen, X. and Wang, S., A study on phylogenetic relationships among the subgenera of bumble bees (Hymenoptera: Apidae), *Entomologia Sinica*, 4 (4), pp. 324-336, **1997**.
- [51] Ito, M., *Supraspecific classification of bumblebees based on characters of male genitalia*, Zoological Section, The Institute of Low Temperature Science Publication, Hokkaido University, Japan, 143p, **1985**.
- [52] Mayr, E., *Animal species and evolution*, Harvard University Press Cambridge, MA, **1963**.
- [53] Goulson, D., *Bumblebees; their behaviour, ecology and conservation*, Oxford University Press, Oxford, 317p, **2010**.
- [54] Plowright, R.C. and Stephen W.P., A numerical taxonomic analysis of the evolutionary relationships of *Bombus* and *Psithyrus* (Apidae: Hymenoptera), *Canadian Entomologist*, 105, pp. 733-743, **1973**.
- [55] Bumble Bees, Natural History Museum, <http://www.nhm.ac.uk/research-curation/research/projects/bombus/bo.html>
- [56] Rasmont, P., Coppée, A., Michez, D., & De Meulemeester, T., An overview of the *Bombus terrestris* (L. 1758) subspecies (Hymenoptera: Apidae). In *Annales de la Société entomologique de France* (Vol. 44, No. 2, pp. 243-250). Taylor & Francis Group, **2008**.
- [57] Aytekin, A. M., Rasmont P. & Çagatay, N., Molecular and Morphometric Variation in *Bombus terrestris* lucoformis Krüger and *Bombus terrestris*

dalmatinus Dalla Torre (Hymenoptera: Apidae) . *Mellifera*. Vol. 3 No: 6. 34-40, **2003**.

- [58] Gürel, F., Gösterit A., Eren O., Life cycle and foraging patterns of native *Bombus terrestris* (L.). (Hymenoptera: Apidae) in the Mediterranean region. . *Insectes Sociaux*, **2008**.
- [59] Rasmont, P. & Flagothier D., *Biogéographie et choix floraux des bourdons (Hymenoptera, Apidae) de la Turquie*. . N.A.T.O.-O.T.A.N. TU-Pollination project, rapport préliminaire, Université de Mons-Hainaut, Adana Çukurova Universitesi, 69 + 3 pp. (aussi comme mémoire de fin d'étude avec comme auteur Flagothier D.), **1996**.
- [60] Kaftanoglu, O., *The diversity and faunistics of bumblebees for pollination in greenhouses*. . pp. 73-81 in Sommeijer M.J. & De Ruijter A. (ed.) Insect pollination in Greenhouses: proceedings of the specialists' Meeting held in Soesterberg, The Netherlands, 30 September to 2 October 1999. Universiteit Utrecht, Utrecht, 220 pp, **2000**.
- [61] Williams P.H., Brown M.J.F., Carolan J.C, An J-D., Goulson D., Aytekin A.M., Best L.R., Byvaltsev A.M., Cederberg B., Dawson R., Huang J-X., Ito M., Monfared A., Raina R.H., Schmid-Hempel P., Sheffield C.S., Sima P., and Xie Z-H., Unveiling cryptic species of the bumblebee subgenus *Bombus s. str.* world-wide with COI barcodes (Hymenoptera: Apidae). *Systematics and Biodiversity* 10: 21-56, **2012**.
- [62] Reinig, W. F., Faunistische und Zoogeographische Studien in Kleinasien 4. Beitrag zur Kenntnis der Anatolischen Hummeln (*Bombus* Latr., 1802) und Schmarotzerhummeln (*Psithyrus* Lepeletier., 1832; Hymenoptera, Apidae), Sonderabdruck aus den Mitteilungen der Müncher Entomologischen Gesellschaft (e. V.). 63. Jahrgang, 111-133, **1973**.
- [63] Rasmont, P., *Monographie écologique et zoogéographique des Bourdons de France et de Belgique* (Hymenoptera, Apidae. Bombinae). Faculté des Sciences agronomiques de l'Etat Gembloux. 309+ lxi pp. Diss. Ph. D. thesis, **1988**.

- [64] Rasmont, Pierre, et al. "Identité et variabilité des mâles de bourdons du genre *Bombus* Latreille sensu stricto en Europe occidentale et centrale (Hymenoptera, Apidae, Bombinae)." *Revue Suisse de Zoologie: Annales de la Société Zoologique Suisse et du Muséum d'Histoire Naturelle de Genève*. Vol. 93. No. 3. **1986**.
- [65] Anasiewicz, A. and Warakomska, Z., Pollen Food of the Bumble-Bees (*Bombus* Latr., Hymenoptera) and Their Association with the Plant Species in the Lublin Region, *Ekologia Polska*. 25, 2, 309-322, **1977**.
- [66] Atanassov, N., 1975, Artenzusammenetzung und Verbreitung der *Bombus* Latr. und *Psithyrus* Lep. (Hymenoptera) in den Rhodopen, Academia Bulgare des Sciences, La Faune des Rhodopes, Materiaux, Sofia, 145-160, **1975**.
- [67] Pekkarinen, A., 1979, Morphometric, Colour and Enzyme Variation in Bumblebees (Hymenoptera, Apidae, *Bombus*) in Fennoscandia and Denmark, *Acta Zoologica Fennica*. No: 158. Helsinki, 1-60, **1979**.
- [68] Blom, Van Der J., De Hommels van Nederland, *Cip-Gegevens Koninklijke Bibliotheek*, Den Haa. Holland, 45p., **1989**.
- [69] Scholl, A., Thorp, R. W. and Obrecht, E., The Genetic Relationship Between *Bombus Franklini* (Frison) and Other Taxa of the Subgenus *Bombus* S. Str. (Hymenoptera: Apidae), *Pan-Pacific Entomologist*, 68 (1), 46-51., **1992**.
- [70] Semmens, T. D., Turner, E. and Buttermore, R., *Bombus terrestris* (L.) (Hymenoptera: Apidae) Now Established in Tasmania, *Journal of Australian Entomological Society*. 32. 346-346., **1993**.
- [71] Rasmont, P. and Adamski, A., Les Bourdons de la Corse (Hymenoptera, Apoidea, Bombinae), *Notes Fauniques de Gembloux*. No: 31, 3-87., **1995**.

- [72] Cölln, K. and Schlüter, R., Zur Kenntnis der Hummeln und Schmarotzerhummeln von Köln (Hymenoptera, Aculeata: *Bombus* et *Psithyrus*), *Decheniana-Beihefte* (Bonn). 35, 305-312., **1996**.
- [73] Pawlikowski, T., *A field guide to identification of bumblebees* (Hymenoptera: Apidae: Bombini) in Poland, Wydawnictwo Uniwersytetu Mikolaja Kopernika, 30p., **1999**.
- [74] Rasmont, P. and Quaranta, M., I Bombi dell'Arcipelago Toscano, *Boll. Soc. Entom. Ital.* 129 (1), 31-38., **1997**.
- [75] Torretta, Juan P., Diego Medan, and Alberto H. Abrahamovich. "First Record of the Invasive Bumblebee *Bombus terrestris* (L.) (Hymenoptera, Apidae) in Argentina." *Transactions of the American Entomological Society*: 285-289., **2006**.
- [76] Reinig, W. F., Zur Kenntnis der Hummelfaunen einiger Gebirge West-Kleinasiens (Hymenoptera, Apidae), *Sonderabdruck aus dem Nachrichtenblatt der Bayerischen Entomologen*. 16. Jahrgang, Nr. 9/10, 81-91., **1967**.
- [77] Reinig, W. F., 1968, Über die Hummeln und Schmarotzerhummeln Nordwest-Anatoliens (Hymenoptera, Apidae), *Nachrichtenblatt der Bayerischen Entomologen*. 17. Jahrgang, Nr. 6, 101-112., **1968**.
- [78] Reinig, W. F., Zur Faunistik und Zoogeographie des Vorderen Orients 3. Beitrag zur Kenntnis der Hummeln und Schmarotzerhummeln Anatoliens (Hymenoptera, Apidae), *Veröffentlichungen der Zoologischen Staatssammlung München*. Band 15, 139-165., **1971**.
- [79] Reinig, W. F., Faunistische und Zoogeographische Studien in Kleinasien 5. Auf Hummelfang im Taurus (*Bombus* Latr., 1802 et *Psithyrus* Lep., 1832; Hymenoptera, Apidae), *Sonderabdruck aus dem Nachrichtenblatt der Bayerischen Entomologen*. 23. Jahrgang. Nr. 4, 67-80., **1974**.
- [80] Özbek, H., Bumblebee Fauna of Turkey with Distribution Maps (Hymenoptera: Apidae: Bombinae) Part 1: *Alpigenobombus* Skorikov,

Bombias Robertson and *Bombus* Latreille, *Türkiye Entomoloji Dergisi*. 21 (1), 37-56., **1997**.

- [81] Aytekin, A.M., *Ankara İli ve İlçeleri Apidae (Hymenoptera) Familyası Üzerinde Sistematik Araştırmalar ve Bunların Ayçiçeği (Helianthus annuus L.) Bitkisindeki Polinatör Etkileri Üzerine Ön-Çalışmalar*, Yüksek Lisans Tezi, Hacettepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, 83s., **1996**.
- [82] Godeau, J. F., *Choix floraux des bourdons (Hymenoptera: Apidae) de l'Aveyron et de la Lozère (France, Massif Central)*, Université de Mons-Hainaut Faculté des Sciences Laboratoire de Zoologie, Mons, 53 pp. **1995**.
- [83] Skorikov, A.S., *Bumblebees of the petrograd provience, faunae Petrograd Provience, Faunae Petropolitanae catalogus, Petrogradskii: Petrogradskii Agronomicheskii Institut, 51p., 1922*.
- [84] Hänninen, P., *Bumblebee Species on Red Clover in Central Finland, Publications of the Finnish State Agricultural Research Board. No: 197, 19p., 1962*.
- [85] Tkalčů, B., *Beiträge zur Kenntnis der Fauna Afghanistans, Casopis Moravskeho Musea, Acta Musei Moraviae, Supplementum, 189-210., 1968_b*.
- [86] Pekkarinen, A. and Teräs, I., *Suomen Kimalaisista Ja Loiskimalaisista, Luonnon Tutkija. 81, 1-24., 1977*.
- [87] Pekkarinen, A., *Morphometric, Colour and Enzyme Variation in Bumblebees (Hymenoptera, Apidae, Bombus) in Fennoscandia and Denmark, Acta Zoologica Fennica. No: 158. Helsinki, 1-60., 1979*.
- [88] Stevanovic, A. M. and Demajo, M. A., *Grada Zu Faunu Bumbara (Bombinae, Apoidea, Hym.) Jugoslavije, Glasnik Prirodnjackog Muzeja U Beogradu. B. 40, 183-190., 1985*.

- [89] Mänd, M., Maavara, V., Martin, A. J., Mänd, R., The Density of *Bombus lucorum* (L.) Required to Effect Maximum Pollination of Alfaalfa in Estonia, *Journal of Apicultural Research*. 35(2), 79-81., **1996**.
- [90] Pamilo, P., Tengö, J., Rasmont, P., Pirhonen, K., Pekkarinen, A. and Kaarnama, E., Pheromonal and Enzyme Genetic Characteristics of the *Bombus lucorum* Species Complex in Northern Europe, *Entomologica Fennica*. Vol. 7, 187-194., **1997**.
- [91] Ping, L., JiaXing, H., JianDong, A., ShaoYu, H., & Jie, W., Molecular identification and distribution characteristics of the bumblebee *Bombus lucorum* complex in China. *Acta Entomologica Sinica*, 57(2), 235-243., **2014**.
- [92] Robertson, A. W., Mountjoy, C., Faulkner, B. E., Roberts, M. V., & Macnair, M. R., Bumble bee selection of *Mimulus guttatus* flowers: the effects of pollen quality and reward depletion. *Ecology*, 80(8), 2594-2606., **1999**.
- [93] Pittioni, B., Die Hummelfauna des Kalsbachtals in Ost-Tirol. *Festschrift für Prof. Embrik Strand*, 3, 64-122., **1937**.
- [94] Sokal R.R., Rohlf, F.J., *Introduction to biostatistics*. Freeman: San Fransisco, 368 p, **1973**.
- [95] Zelditch M.L., Swiderski, H.D., Sheets, H.D., Fink, W.L., *Geometric morphometrics for biologists*. Elsevier / Academic Press, London, 443p, **2004**.
- [96] Pavlinov, I.Y., *Geometric morphometrics, a new analytical approach to comparison of digitized images*. Information Tecnology in Biodiversity Research. Abstracts of the 2nd. International Symposium, St. Petersburg, pp. 41-90, **2001**.
- [97] Adams, D.C., Rohlf, F.J., Slice, D.E., Geometric morphometrics: Ten years of progress following the "Revolution", *Italian Journal of Zoology*, 71, pp. 5-16, **2004**.

- [98] Lynch J.M., D'Arcy: An online bibliography of landmark-based morphometrics: <http://www.public.asu.edu/~jmlynch/geomorph/index.htm>. **(2004)**.
- [99] Rohlf, F. J., Morphometrics, *Annual Review of Ecology and Systematics*, 21, pp. 299-316, **1990**.
- [100] Er, S., *Farklı Sabit Sıcaklıkların Anopheles superpictus (Diptera: Culicidae)'nin Biyolojisi ve Morfolojisi Üzerinde Etkileri*, Yüksek Lisans Tezi, Hacettepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 107s, **2007**.
- [101] Bookstein, F.L., *Morphometric tools for landmark data*, Cambridge University Press, 435pp, **1991**.
- [102] Alibert, P., Moureau, B., Dommergues. J.L, David, B., Differentiation at a microgeographical scale within two species of ground beetle, *Carabusauronitens* and *C. nemoralis* (Coleoptera, Carabidae): A geometrical morphometric approach, *Zoologica Scripta* 30, 4, pp. 299-316, **2001**.
- [103] Dryden I.L. and Mardia K.V., *Statistical shape analysis*. John Wiley & Sons, London, 425 p, **1998**.
- [104] Lockwood C.A., Lynch, J.M., Kimbel, W.H., Quantifying temporal bone morphology of great apes and humans: an approach using geometric morphometrics. *Journal of Anatomy* 201, pp. 447-464, **2002**.
- [105] Gumiel M., Catala S., Noireau F., Rojas de Arias A., Garcia, A., Dujardin J.P. Wing geometry in *Triatoma infestans* (Klug) and *T. Melanosoma*, **2003**.
- [106] Kunkel J.G., Wing discrimination projects. Web-page. http://marlin.bio.umass.edu/biology/kunkel/wing_discrim.html. **(2004)**
- [107] Aytekin, A. M., Alten, B., Caglar, S. S., Ozbel, Y., Kaynas, S., Simsek, F. M. Erisoz Kasap, O., Belen, A., Rastgeldi S., Phenotypic Variation Among Local Populations of Phlebotomine Sandflies (Diptera:

- Psychodidae) in Southern Turkey. *Journal of Vector Ecology*, 32(2),pp.226-234, **2007**.
- [108] Aytekin, S., Aytekin A., M., Alten, B., Effect of Different Larval Rearing Temperatures on the Productivity (R_0) and Morphology of the Malaria Vector *Anopheles superpictus* Grassi (Diptera: Culicidae), Using Geometric Morphometrics. *Journal of Vector Ecology*, 32(1), pp. 32-42, **2009**.
- [109] Belen, A., Alten, B., Aytekin A., M., Altitudinal Variation in Morphometric and Molecular Characteristics of *Phlebotomus papatasi* Populations. *Medical and Veterinary Entomology*, 18, pp. 343-350, **2004**.
- [110] Dvorak, V., Aytekin A., M., Alten, B., Skarupova, S., Votypka, J., Volf, P., A Comparison of the Intraspecific Variability of *Phlebotomus sergenti* Parrot, 1917 (Diptera: Psychodidae), *Journal of Vector Ecology*, 31(2),pp. 229-238, **2006**.
- [111] Barkan, N.P., *Türkiye Thorocobombus Altcinsi (Hymenoptera: Apidae, Bombus Latrille) Türleri Üzerinde Sistemik Araştırmalar*, Yüksek Lisans Tezi, 123s, **2010**
- [112] Rohlf, F. J., TpsUTIL 1.44. Department of Ecology and Evolution, State University of New York at Stony Brook, **2009**.
- [113] Rohlf, F. J., TpsDIG 2.12. Department of Ecology and Evolution, State University of New York at Stony Brook, **2008**.
- [114] Rohlf, F. J., TpsSMALL 1.20. Department of Ecology and Evolution, State University of New York at Stony Brook, **2003**.
- [115] Klingenberg, C. P., MorphoJ, http://www.flywings.org.uk/MorphoJ_guide/frameset.htm?index.htm (Ocak, **2014**)
- [116] Rohlf, F. J., TpsSUPER 1.14. Department of Ecology and Evolution, State University of New York at Stony Brook, **2009**.

- [117] Rohlf, F. J., TpsRELW 1.45. Department of Ecology and Evolution, State University of New York at Stony Brook, **2009**.
- [118] Hammer, Ø., Natural History Museum, University of Oslo, PAST Software, <http://folk.uio.no/ohammer/past/> (Ocak, **2014**)
- [119] Tarım Ziraat Bilgi Bankası
http://www.tarimziraat.com/cesit_katalogu/sebze_cesitleri/domates_cesitleri/ (Ocak, **2014**)
- [120] Williams, P.H., The distribution of bumblebee colour patterns world-wide: possible significance for thermoregulation, crypsis, and warning mimicry. *Biological Journal of the Linnean Society* 92: 97-118, **2007**.
- [121] O'Higgins, P., The study of morphological variation in the hominid fossil record: biology, landmarks and geometry, *J. Anat.* (2000) 197, 103-120, **2000**.
- [122] Ravestijn, W. van, and J. Sande, van der, Use of Bumblebees for The Pollination of Glasshouse Tomatoes, *Acta Horticulturae*, 288: 204-212, **1991**.
- [123] Özdoğan, A. O., Bombus Arılarının Sera Patlıcan Yetiştiriciliğinde Tozlayıcı Olarak Etkinlikleri ve Geleneksel Yöntemlerle Karşılaştırılması, Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana, 71s, **1997**.
- [124] Şekeroğlu, E., *Bombus Arılarının Kitle Üretiminde Karşılaşılan Sorunlar, Çözümleri ve Arıların Sera Yetiştiriciliğinde Kullanımlarının Yaygınlaştırılması*, TÜBİTAK Tarım Orman ve Gıda Teknolojileri Araştırma Grubu, Adana, 29s. (Proje No:TARP-2575-1), **2004**.

ÖZGEÇMİŞ

Kimlik Bilgileri

Adı Soyadı: Kürşat Koyuncu

Doğum Yeri: Yozgat

Doğum Tarihi: 14.06.1977

Medeni Hali: Bekâr

E-posta: biokursat@gmail.com

Adresi: Lalahan Mah. Turgutreis Cad. Tuna Sk. NO:3/2 Mamak / ANKARA

Eğitim

Lise: 1991-1994 Hasanoğlan Fatih Lisesi

Lisans: 2002-2006 Hacettepe Üniversitesi Fen Fakültesi Biyoloji Bölümü

Yabancı Dil

İngilizce

İş Deneyimi

Temmuz 2012 – Ocak 2014 Agem Bilişim Yazılım Dan. Eğt. Hiz. Ltd.Şti.

Deneyim Alanları

-

Tezden Üretilmiş Projeler ve Bütçesi

-

Tezden Üretilmiş Yayınlar

-

Tezden Üretilmiş Tebliğ ve/veya Poster Sunumu ile Katıldığı Toplantılar

-