



T. C.

ORDU ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

ALLOPATRİK POPÜLASYONLARDA MORFOLOJİ, ERKEK ÇAĞRI SESİ
ve KUTİKULAR HİDROKARBON VARYASYONU: *Isophya autumnalis*
KARABAĞ, 1962 (ORTHOPTERA: PHANEROPTERINAE)


EBRU KIRAN ÖZDEMİR

YÜKSEK LİSANS TEZİ
MOLEKÜLER BİYOLOJİ VE GENETİK ANABİLİM DALI

ORDU 2020

TEZ BİLDİRİMİ

Tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu tezin yazılmasında bilimsel ahlak kurallarına uyulduğunu, başkalarının eserlerinden yararlanılması durumunda bilimsel normlara uygun olarak atıfta bulunulduğunu, tezin içerdiği yenilik ve sonuçların başka bir yerden alınmadığını, kullanılan verilerde herhangi bir tahrifat yapılmadığını, tezin herhangi bir kısmının bu üniversite veya başka bir üniversitedeki başka bir tez çalışması olarak sunulmadığını beyan ederim.

YÜKSEK LİSANS TEZİ
(TEZ DANIŞMANI: Prof. Dr. 
Ebru KIRAN ÖZDEMİR

Bu çalışma Ordu Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinatörlüğünün B-1807 numaralı projesi ile desteklenmiştir.

Not: Bu tezde kullanılan özgün ve başka kaynaktan yapılan bildirişlerin, çizelge, şekil ve fotoğrafların kaynak gösterilmeden kullanımı, 5846 sayılı Fikir ve Sanat Eserleri Kanunundaki hükümlere tabidir.

ÖZET

ALLOPATRİK POPÜLASYONLARDA MORFOLOJİ, ERKEK ÇAĞRI SESİ VE KUTİKULAR HİDROKARBON VARYASYONU: *Isophya autumnalis* Karabağ, 1962 (ORTHOPTERA: PHANEROPTERINAE)

EBRU KIRAN ÖZDEMİR
ORDU ÜNİVERSİTESİ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
MOLEKÜLER BİYOLOJİ VE GENETİK ANABİLİM DALI

YÜKSEK LİSANS TEZİ, 68 SAYFA
(TEZ DANIŞMANI: Prof. Dr. HASAN SEVGİLİ)

Türleşme sürecinin anlaşılması evrimsel biyolojinin en önemli ve ilgi gören konularının başında gelmektedir. Bu sürecin anlaşılması evrimsel biyolojinin en önemli iki konusu olan; organizmaların çevrelerine adaptasyonlarının nasıl olduğunun ve biyolojik çeşitliliğin nedenlerinin araştırılmasından geçer. Adaptasyon ve genetik sürüklenme türleşme sürecini motive eden anahtar biyolojik olgulardır. Bu süreci anlamak üzere bu çalışmada kısa kanatlı çekirge türlerinden *Isophya autumnalis* Karabağ, 1962 popülasyonlarında morfolojik, biyoakustik ve kutikular hidrokarbon profillerindeki olası varyasyonlar araştırılmıştır. *Isophya autumnalis*'in literatürde bilinen iki popülasyonu (tip lokalitesi, Zigana Dağı, Trabzon-Gümüşhane ve Pöske Dağı popülasyonu, Erzincan (*I. poskedaghensis*), Sevgili, 2004 yayınlanmamış veri) dışında türün dört ayrı allopatrik popülasyonu daha tespit edilmiş ve bu popülasyonlarda morfoloji, biyoakustik özellikler ve kutikular hidrokarbon profilleri karşılaştırılmıştır. Yapılan analizler sonucunda beş allopatrik popülasyondan toplanan bireylerde morfoloji ve biyoakustik karakterlerdeki farklılaşmanın, KHK profillerine göre daha güçlü olduğu saptanmıştır. *I. autumnalis*'in allopatrik formlarında doğal seçilimin hem morfoloji (örneğin ses organı) hem de davranışsal özellikler (erkek çağrı sesleri) üzerinde güçlü etkisi olurken biyokimyasal özellikler (KHK profilleri) üzerindeki etkisi zayıftır. Bunun nedeninin KHK'lar çekirgelerde eşeyssel seçimden daha ziyade vücuttaki sıvının korunması ve diğer fizyolojik (örneğin immün koruma) süreçlerdeki rolünün daha fazla olduğu düşünülmektedir. Elde edilen sonuçlara göre aynı türe ait izole allopatrik popülasyonlardaki anlamlı farklılaşmaların lokal popülasyonların türleşme veya alt türleşme sürecini açıklamada önemli olduğu yapılan bu tez çalışması ile ortaya konulmaya çalışılmıştır.

Anahtar kelimeler: Biyoakustik, Kutikular hidrokarbon, Morfoloji, *Isophya autumnalis*

ABSTRACT

THE EXTENT OF VARIATION IN MORPHOLOGY, MALE CALLING SONG AND CUTICULAR HYDROCARBONS: A CASE STUDY ON THE BUSCHRICKET *Isophya autumnalis* KARABAĞ, 1962 (ORTHOPTERA: PHANEROPTERINAE)

EBRU KIRAN ÖZDEMİR

ORDU UNIVERSITY INSTITUTE OF NATURAL AND APPLIED
SCIENCES

MOLECULAR BIOLOGY AND GENETICS

MASTER THESIS, 68 PAGES

(SUPERVISOR: Prof. Dr. HASAN SEVGİLİ)

Understanding the speciation process is one of the most leading and interesting topics of evolutionary biology. Discovering this process is through the investigation of how organisms adapt to their environment and the causes of biodiversity which are the two most important aspects of evolutionary biology. Adaptation and genetic drift are key biological phenomena that motivate the process of speciation. In this research to understand this process, in *Isophya autumnalis* Karabağ, 1962 populations, which are short-winged grasshopper species, possible variations in morphological, bioacoustic and cuticular hydrocarbon profiles were investigated. Apart from the two known populations of *Isophya autumnalis* (typelocality, Zigana Mountain, Trabzon-Gümüşhane and Pöske Mountain population, Erzincan (*I. poskedaghensis*), Sevgili, 2004 unpublished data), four other allopatric populations were identified and morphology, bioacoustic traits and cuticular hydrocarbon profiles were compared in these populations. As a result of the analysis, it has been determined that the differences in morphology and bioacoustic characters in individuals collected from five allopatric populations was stronger than the CHC profiles. In the allopatric forms of *I. autumnalis*, natural selection has a strong effect on both morphology (eg sound organ) and behavioral characteristics (male call sounds), while its effect on biochemical properties (CHC profiles) is weak. It is thought that there as on for this is CHC's role of preservation of body fluid and other physiological (eg immune protection) processes rather than sexual selection in the grasshoppers. According to the obtained results, it has been tried to be revealed with this study that significant differences in isolated allopatric populations belonging to the same species are important in explaining the process of speciation or sub specification of local populations.

Key words: Bioacoustic, Cuticular Hydrocarbon, Morphological, *Isophya autumnalis*

TEŐEKKÖR

Tez konumun belirlenmesi, alıőmanın yűrűtűlmesi ve yazımı esnasında baőta danıőman hocam Sayın Prof. Dr.Hasan SEVGİLİ 'ye ve tez çalıőmam boyunca desteęini esirgemeyen eőim Ahmet ŐZDEMİR'e, her zaman beni destekleyen anneme, babama, yazım aőamasında, teknik konularda bilgi ve desteklerini esirgemeyen arkadaőlarım Dilek ARSLAN ve Gűlőah YILMAZ'a, kutikular hidrokarbon analizlerinin çalıőılması ve yorumlanmasında yardımlarını esirgemeyen Sayın Doç. Dr. Emine BAĐDATLI hocama ve merkezi araőtırma laboratuvarında GC-MS ve SEM çalıőmalarında yardımcı olan Hűseyin UZUNÖMEROĐLU ve İlhan İRENDE'ye, bu tezin bazı verilerinin elde edilmesinde 117Z068 nolu TŪBİTAK projesinin (yűnetici Prof.Dr. Hasan SEVGİLİ) katkılarından dolayı teőekkűrlerimi bir borç bilirim.

İÇİNDEKİLER

Sayfa

TEZ BİLDİRİMİ	I
ÖZET	II
ABSTRACT	III
TEŞEKKÜR	IV
İÇİNDEKİLER	V
ŞEKİLLER LİSTESİ	VII
ÇİZELGELER LİSTESİ	IX
SİMGELER ve KISALTMALAR	X
1. GİRİŞ	1
1.1. Erkek ve Dişi Bireylerde Morfolojik Karakterler	4
1.2. Sesle İletişim: Erkek Çağrı Sesi	5
1.2.2. Üreme Davranışında Erkek Çağrı Sesinin Rolü	7
1.3. Böceklerde Kutikular Hidrokarbonların Rolü	8
1.3.1. Böceklerde Hidrokarbon Gruplarının Fizyolojik Rolü	9
1.3.1.1. Alkan Grupları	9
1.3.1.2. Alken Grupları	9
1.3.1.3. Metil Dallı Alkan Grupları	9
1.3.1.4. Metil Dallı Alken Grupları	10
1.3.1.5. Kutikular Hidrokarbonların Biyosentezi	10
1.3.1.6. Kutikular Hidrokarbonların Taksonomideki Rolü	10
2. ANA BÖLÜM BAŞLIĞI	12
2.1. Araştırmanın Hedefleri	12
3. MATERYAL VE YÖNTEM	14
3.1. Saha Çalışmaları	14
3.2. Morfolojik Çalışmalar	17
3.3. Taramalı Elektron Mikroskobu (SEM) Çekimleri	19
3.4. Ses Kayıtları ve Öçümleri	20
3.4.1. Bioakustik Terminoloji	21
3.5. Kutikular Hidrokarbon Çalışmaları	22
4. ARAŞTIRMA BULGULARI	24
4.1. Morfolojik Karakterlerin Analizi	24
4.1.1. Allopatrik Popülasyonlarda Erkek ve Dişi Bireylerde Morfolojik Karakterlerin Karşılaştırılması	27
4.1.2. Eşeye Bağlı Morfolojik Karakterlerin Karşılaştırılması	29
4.1.3. Allopatrik Popülasyonlarda Erkek Bireylerde Morfolojik Karakterlerin Karşılaştırılması	30
4.1.4. Allopatrik Popülasyonlarda Dişi Bireylerde Morfolojik Karakterlerin Karşılaştırılması	35
4.2. Erkek Çağrı Sesi Karakterlerinin Analizi	38
4.2.1. Allopatrik Popülasyonlarda Erkek Çağrı Seslerine Ait Temporal (zamansal) Özelliklerin Ölçümlerinin Karşılaştırılması	40
4.2.2. Allopatrik Popülasyonlarda Erkek Çağrı seslerine Ait Temporal (Zamansal) ve Hece İmpuls Sayılarının Karşılaştırılması	41
4.3. Kutikular Hidrokarbon Analizi	43
4.3.1. Allopatrik Popülasyonlarda Erkek ve Dişi Bireylerde KHK Analizlerinin Karşılaştırılması	43

4.3.2. Allopatrik Popülasyonlarda Eşeyler Arasında KHK Analizi Karşılaştırılması	46
4.3.3. Allopatrik Popülasyonlarda Dişi Bireylere Ait KHK Analizleri Karşılaştırılması	47
4.3.4. Allopatrik Popülasyonlarda Erkek Bireylere Ait KHK Analizleri Karşılaştırılması	49
5. TARTIŞMA VE SONUÇ	51
5.1. Allopatrik Popülasyonlarda Morfolojik ve Erkek Çağrı Sesi Karakterleri	51
5.2. Allopatrik Popülasyonlarda KHK Analizi	54
6. ÖNERİLER	59
7. KAYNAKLAR	60
ÖZGEÇMİŞ	68

ŞEKİLLER LİSTESİ

Sayfa

- Şekil 3.1** Arazi bölgelerini kapsayan Türkiye haritası..... 14
- Şekil 3.2** Krom vadisi 15
- Şekil 3.3** Pöske Dağı..... 15
- Şekil 3.4** Pekün Dağı 16
- Şekil 3.5** Vauk Dağı..... 16
- Şekil 3.6** Zigana Dağı 16
- Şekil 3.7** (A) Dorsalden pronotum, (B) Dorsalden fastigium, (C) Pronotum yandan görünüm, (D) Dorsalden erkek birey kanat, (E) Ventralden SEM erkek birey kanat, (F) Dorsalde sol femur, (G) Ventralden erkek birey subgenital plaka, (H) Ventralden dişi birey subgenita plaka, (K) Dorsalden erkek birey serkus, (L) Sol yandan dişi birey ovipositor 19
- Şekil 3.8** (A) Allopatrik popülasyonlarda kanat ventral dışık görüntüleri(SEM), (B) Sol distal uç, (C) Sağ distal uç, (D) Dışıkların yakın profilden yapıları 20
- Şekil 3.9** Erkek çağrı sesi ostilogram görüntüsü..... 21
- Şekil 3.10** *Isophya autumnalis* erkeğinin çağrı sesini oluşturan ölçüm karakterleri (A),sesin süresi (B),ilk yarın hece'nin süresi (C),sesin periyodu (D), ikinci yarım hece'nin süresi (E), iki hece arasındaki süre (F),ses ile izole umplus arasındaki süre 22
- Şekil 3.11** Erkek birey pikleri 23
- Şekil 3.12** Dişi birey pikleri 23
- Şekil 4.1** (A,C) Zigana popülasyonu erkek birey subgenital plaka ve serkus, (B,D) Zigana popülasyonu dişi birey subgenital plaka ve ovipositor, (E,G) Krom popülasyonu erkek birey subgenital plaka ve serkus, (F,H) Krom popülasyonu dişi birey subgenital plaka ve ovipositor,(I,K)Pöske popülasyonu erkek birey subgenital plaka ve serkus, (İ,L) Pöske popülasyonu dişi birey subgenital plaka ve ovipositor, (M,O) Pekün popülasyonu erkek birey subgenital plaka ve serkus, (N,Ö) Pekün popülasyonu dişi birey subgenital plaka ve ovipositor, (P,S) Vauk popülasyonu erkek birey sungenital plaka ve serkus, (R,T) Vauk popülasyonu dişi birey subgenital plaka ve ovipositor 27
- Şekil 4.2** Temel Bileşenler Analizinden elde edilen PC1 (Eigen değeri: 3.174) ve PC2 (Eigen değeri: 1.276) değeri..... 28
- Şekil 4.3** Temel Bileşenler Analizinden elde edilen PC1 (Eigen değeri: 3.174) ve PC2 (Eigen değeri: 1.276) değeri üç boyutlu gösterimi 29
- Şekil 4.4** Temel Bileşenler Analizinden elde edilen PC1 (Eigen değeri: 3.174) ve PC2 (Eigen değeri: 1.276) değeri..... 30
- Şekil 4.5** Temel Bileşenler Analizinden elde edilen PC1 (Eigen değeri: 3.174) ve PC2 (Eigen değeri: 1.276) değeri üç boyutlu gösterimi 30
- Şekil 4.6** *I autumnalis*'in beş farklı popülasyonunda sadece erkeklere ait morfolojik veriler Temel Bileşenler Analizine dahil edildiğinde elde edilen PC1 (Eigen değeri: 4.157) ve PC2 (Eigen değeri: 1.515) değeri göre dağılım durumu.. 31
- Şekil 4.7** *I autumnalis*'in beş farklı popülasyonunda sadece erkeklere ait morfolojik veriler Temel Bileşenler Analizine dahil edildiğinde elde edilen PC1 (Eigen değeri: 4.157) ve PC2 (Eigen değeri: 1.515) değerine göre üç boyutlu görünüm 32
- Şekil 4.8** Erkek ses organı uzunluğuna göre beş farklı lokasyondaki popülasyonlara

ait boxplot grafiği.....	33
Şekil 4.9 Erkeklerde ses organı uzunluğu ile organdaki dişçık sayısı pozitif ilişkili olarak bulunmuştur (F= 28.68, p<0.001).....	34
Şekil 4.10 Erkek ses organı dişçık sayılarına göre beş farklı lokasyondaki popülasyonlara ait boxplot grafiği.	35
Şekil 4.11 I autumnalis'in beş farklı popülasyonunda sadece dişi bireylere ait morfolojik veriler Temel Bileşenler Analizine dahil edildiğinde elde edilen değerine göre dağılım durumu	36
Şekil 4.12 I autumnalis'in beş farklı popülasyonunda sadece dişi bireylere ait morfolojik veriler Temel Bileşenler Analizine dahil edildiğinde elde edilen değerine göre dağılımını gösteren üç boyutlu grafik	37
Şekil 4.13 Dişi bireylerde sol arka femur ve ovipositor uzunluğunun paralel olduğunu gösteren grafik(F= 36.75, p<0.001, N=66).....	38
Şekil 4.14 Allopatrik popülasyonlara ait erkek bireylerin örnek ses kayıtları. (A), Zigana Dağı,(B), Krom Vadisi, (C), Pske Dağı, (D), Pekün Dağı, (E), Vauk Dağı.....	39
Şekil 4.15 Erkek çağrı seslerine ait temporal özelliklerine ilişkin verilere ait Temel Bileşenler Analizi yöntemiyle elde edilmiş Temel Komponentlerin (PC1- Eigen değer: 2.134, PC2- Eigen değer: 1.432) alanlara göre dağılımı.	41
Şekil 4.16 Erkek çağrı seslerine ait temporal özelliklerine ilişkin verilere ait Temel Bileşenler Analizi yöntemiyle elde edilmiş Temel Komponentlerin (PC1- Eigen değer: 2.134, PC2- Eigen değer: 1.432) alanlara göre dağılımını gösteren üç boyutlu dağılım.....	41
Şekil 4.17 Erkek çağrı seslerine ait temporal özelliklerine ve hece impuls sayılarına ilişkin verilere ait Temel Bileşenler Analizi yöntemiyle elde edilmiş Temel Komponentlerin (PC1-Eigen değer: 2.99, PC2- Eigen değer: 1.99) alanlara göre dağılımı	42
Şekil 4.18 Erkek çağrı seslerine ait temporal özelliklerine ve hece impuls sayılarına ilişkin datalara ait Temel Bileşenler Analizi yöntemiyle elde edilmiş Temel Komponentlerin (PC1-Eigen değer: 2.99, PC2- Eigen değer: 1.99) alanlara göre dağılımı gösteren üç boyutlu grafik	42
Şekil 4.19 Allopatrik popülasyonlara ait dişi ve erkek bireylere ait anlamlı KHK pikleri	44
Şekil 4.20 Temel bileşenler analizi sonucu elde edilen komponentlerin (PC1 ve PC2) lokal popülasyonlar(erkek ve dişi bireyler dahil bazında karşılaştırılması) 46	
Şekil 4.21 Temel bileşenler analizi sonucu elde edilen komponentlerin (PC1 ve PC2) lokal popülasyonlar(erkek ve dişi bireyler dahil) bazında üç boyutlu grafik gösterimi	46
Şekil 4.22 Eşeyler arasında kutikular hidrokarbon karşılaştırılması	47
Şekil 4.23 I. autumnalis'in lokal popülasyonlarından sadece dişi bireyler analizinin karşılaştırılması	48
Şekil 4.24 I. autumnalis'in lokal popülasyonlarından sadece dişi bireyler analizinin üç boyutlu grafik gösterimi.....	48
Şekil 4.25 I. autumnalis'in lokal popülasyonlarından sadece erkek bireyler analizinin karşılaştırılması	49
Şekil 4.26 I. autumnalis'in lokal popülasyonlarından sadece erkek bireyler analizinin üç boyutlu grafik gösterimi	50

ÇİZELGELER LİSTESİ

Sayfa

- Çizelge 4.1** *I. autumnalis*'in beş farklı popülasyonun'dan alınan morfolojik verilerin Temel Bileşenler Analizinden elde edilen PC1 değeri üzerinde lokalite ve eşey farklılığının istatistiksel analizi..... 28
- Çizelge 4.2** *I. autumnalis*'in beş farklı popülasyonun'dan alınan morfolojik verilerin Temel Bileşenler Analizinden elde edilen istatistiksel analizi..... 31
- Çizelge 4.3** *I. autumnalis*'in beş farklı popülasyonun'dan alınan morfolojik verilerin Temel Bileşenler Analizinden elde edilen istatistiksel analizi..... 36
- Çizelge 4.4** Beş farklı lokasyondan kaydedilen erkek çağrı seslerinin sadece zamansal karakterlerin karşılaştırması 40
- Çizelge 4.5** *I. autumnalis*'e ait beş farklı popülasyonda Temel Bileşenler Analizinden elde edilen erkek çağrı seslerine ait(sesin zamansal ve hecelerdeki impuls sayılarına ait özellikler) komponentlerin MANOVA ile karşılaştırılması (Alanlardan ölçülen erkek çağrı ses sayıları: Pöske (N)= 298; Vauk (N)= 314; Pekun (N)= 350; Krom (N)= 126; Zigana (N) = 219).Farklılık göstern popülasyonlar bold ile gösterilmiştir..... 43
- Çizelge 4.6** *I. autumnalis* erkek bir bireyde alıkonma zamanlarına göre tespiti yapılan piklere denk gelen KHK çeşitleri 44
- Çizelge 4.7** Temel bileşenler analizi ile 123 bireye ait 20 KHK değişkeni (pikler) üzerinde KHK fenotiplerinin karşılaştırılması. Farklılık gösteren lokaliteler bold ile gösterilmiştir 45
- Çizelge 4.8** Temel bileşenler analizinden elde edilen PC değerlerinin eşeyler arasında karşılaştırılması 47
- Çizelge 4.9** Beş farklı lokasyona ait sadece dişi bireylere ait PC değerlerinin karşılaştırılması 49
- Çizelge 4.10** Allopatrik popülasyonlarda sadece erkek bireylere ait PC değerlerinin karşılaştırılması 50

SİMGELER ve KISALTMALAR

ANOVA	:	Tek Yönlü Varyans Analizi
ELONGAZ	:	Yağ Asidi Uzatma Enzimi
FAS	:	Yağ Asidi Sentetaz
GC-MS	:	Gaz Kromatografisi-Kütle Spektrometr
GLMM	:	Genelleştirilmiş Linear Mixed Model
KHK	:	Kutikular Hidrokarbon
MANOVA	:	Multivariate Varyans Analizi
PC	:	Temel Bileşenler Analizi

1. GİRİŞ

Böcekler tüm hayvan türleriyle birlikte ele alındığında, toplam tür sayısının neredeyse $\frac{3}{4}$ ' lük kısmını oluşturmaktadır. Yapılan çalışmalara göre hala keşfedilmeyi bekleyen çok sayıda böcek türü yaşamaktadır (Mora ve ark., 2011). Böcekler yaşamlarının herhangi bir evresinde veya tamamında suda, karada veya toprak içerisinde yaşayabilirler. *Isophya* Brunner von Wattenwyl, 1878 Palearktik zoocoğrafik bölgede *Poecilimon* cinsinden sonra en fazla türe sahip bir cinstir (Sevgili, 2006; Cigliano ve ark., 2017). Türlerin önemli bir kısmı Anadolu ve Balkanlarda yayılış göstermektedir (Heller ve ark., 2004; Sevgili, 2003, 2004; Sevgili ve Heller, 2003; Sevgili ve ark., 2006; Sevgili ve ark., 2012; Ünal, 2003, 2004, 2010). Tüm Palearktik bölgede yaklaşık 100 civarında tür tespit edilmiştir. Türkiye'de yayılış gösteren 42 tür / alttürden 33'ü endemiktir (yaklaşık %79'u endemiktir). *I. rectipennis* Brunner von Wattenwyl, 1878 gibi birkaç türün yayılışı oldukça geniş iken türlerin önemli bir kısmı lokal endemik olup ya bir dağ silsilesi veya step gibi özgün habitatlarda sıkışıp kalmışlardır. *I. mavromoustakisi* Uvarov, 1936 gibi sadece bir adada (Kıbrıs) yayılış gösteren ilginç türler vardır (Sevgili ve ark., 2006). Cinsin yayılışının en güney ucunda (İsrail, Ürdün) *I. savignyi* Brunner von Wattenwyl, 1878 bulunur (Sevgili, 2004).

Isophya türlerinin tamamı herbivordur. Genel olarak bahar mevsiminin erken dönemlerinde yumurtadan çıkan nimfler (yükseklığe bağlı olarak çıkışlar gecikir) 1. 5 ay kadar sonra erginleşirler (sıcaklığa bağlı olarak bu süre değişebilir). Genel olarak nimfler daha çok yeşil taze otsu ısırgan gibi bitkiler üzerinde, yüksek dağ steplerinde ise gevenler ve uygun bitkiler üzerinde bulunur. Ergin dönemlerde ise daha çok otsu bitkilerle birlikte Böğürtlen, Maki, Geven, Ladin (*Cistus* sp.), Sarı Ormangülü, Ardiç'in (*Juniperus* sp.) çalı formları gibi bitkiler üzerinde bulunurlar. Güneydoğu Anadolu'da yayılış gösteren *I. sikorai* Ramme, 1951 Mayıs ayının sonlarından itibaren tamamen ortadan kalkarken (Sevgili ve Çıplak, 2000; Uma ve Sevgili, 2015) Karadeniz bölgesinde (Trabzon, Gümüşhane, kısmen Bayburt ve Erzincan) *I. autumnalis* Karabağ, 1962 türünde Eylül ayında dahi erginlere rastlanmaktadır (Karabağ, 1962). Erkekler diğer birçok böcek grubunda olduğu gibi dişilere göre daha erken erginleşip daha önce ortadan kalkarlar.

Türleşme; var olan bir türe ait bir popülasyonun(ata popülasyon), çeşitli nedenlerle birden fazla alt gruba ayrılması ve bu grupların zaman içerisinde, farklı koşullara göre, farklı özellikler evrimleştirmeleri sebebiyle birbirlerinden farklılaşmalarına denir (Hurd ve ark., 1975).

Allopatrik türleşme; coğrafik olarak birbirinden ayrılmış popülasyonlarda meydana gelen türleşme şeklidir. Allopatrik popülasyonların oluşmasında organizmaların hareket yeteneği ön plandadır. Birbirinden ayrılan bu popülasyonlar, farklı seçim baskıları etkisinde, nesiller boyu kendi içlerinde ama birbirleriyle çiftleşemeyecek şekilde ürerler ve yaşamlarını sürdürürler (Campbell ve Reece, 2010).

Farklı çevre şartlarına uyumsal fizyolojik adaptasyonlarla birlikte, özellikle allopatrik popülasyonların ekolojik olarak farklı nişlerde genetik açıdan farklılaşma süreçlerini hızlandırdığı büyük ölçüde kabul edilir (Arnegard ve ark., 2014). Bu süreç biyolojik çeşitliliğin en önemli üreticisidir. Popülasyonların farklılaşma sürecinde etkili üreme izolasyonunun ortaya çıkmasına neden olan hangi karakterlerin ayrıştığını veya ne şekilde farklılaştığını ve lokal popülasyonların hangi karakterlerinin değişimi sonucu ortaya çıktığını sorgulamak, türleşme sürecinin anlaşılmasındaki en önemli problemidir.

Özellikle popülasyonları birbirinden ayıran coğrafi izolasyonlar türleşme sürecini hızlandıran en önemli etkidir. Atasal ana popülasyonun coğrafi olarak ayrılmış lokal popülasyonları arasında gen alışverişinin azalması / veya tamamen kesilmesi nedeniyle genetik sürüklenme ve farklı ekolojik koşullardaki seçilimin etkisiyle atasal popülasyondan genetik ve morfolojik olarak farklılaşmalar olabileceği bir çok araştırma ile kanıtlanmıştır. Üreme izolasyonunun tam olarak geliştiğinde mekanik olarak uyumsal sürecin ve türleşmenin nasıl olduğuna ilişkin sorularımızın birçok yanıtı hala cevap beklemektedir. Özellikle yakın akraba türlerle ilgili moleküler taksonomi yaparken (örneğin mtDNA) genetik yakınlık ve varyasyonların geniş ölçekte çalışılmasını gerektirmektedir. Türleri ayırt etme, sınırlarını belirleme sürecinde ilgili uzmana, popülasyonlara ait sadece geniş ölçekli DNA sekansı verilerinin yeterli olmayacağı, morfoloji, biyocoğrafya ve diğer taksonomik karakterlerden de mutlaka faydalanmak zorunda kalacağı

bildirilmektedir (Vogler ve Monaghan, 2007). Mitokondrial DNA (mtDNA) sekansları farklı seçimlerin etkisi altında olması taksonomiste türleri sınırlamada problem yaratabilirken, örneğin böceklerde eşeylerin birbirlerini tanıma sistemlerinde iş gören kimyasal bileşiklerin güçlü seçim altında türe özgü profiller gösterdiği bildirilmektedir (Hefetz, 1993; Martin ve ark., 2009). Dolayısıyla kimyasal taksonomik karakterler, taksonomik olarak problemlili grupların anlaşılmasında taksonomiste önemli ipuçları sağlayabilecek potansiyeldedir (Martin ve ark., 2009).

Diğer birçok böcekte olduğu gibi birçok çekirgede kutikularları üzerine eşeyler ve bireylere özgü uzun zincirli yağ asitlerinin ve kutikular hidrokarbonların (KHK) bir karışımını salgıladıkları bildirilmiştir (Thomas ve Simmons, 2008). Bu şekilde aynı türe ait dişilerin erkeğe özgün bu kimyasal yapılara özelleşmiş olduklarına ve bu bilgilerin genetik olarak benzerlik gösterdiğine ilişkin kanıtlar elde edilmiştir (Thomas ve Simmons, 2009). Dolayısıyla dişilerin erkek eşeyi seçiminde hem ses sinyallerini hem de bu kimyasal sinyalleri birlikte değerlendirdikleri düşünülmektedir. KHK profillerinin eşeysel seçim bağlamında önemli derecede iş gören vücut ölçüleri ve erkeğin bazı ses parametreleri ile olan ilişkisi bazı araştırmacılar da konu edilmiştir (Thomas ve Simmons, 2009; Steiger ve ark., 2013).

Drosophila'da gösterildiği gibi, KHK'ların çiftleşme sırasında temas feromonları olarak da hareket edebileceğini bildirilmiştir (Ferveur, 1997; Cobb ve Jallon, 1990; Kim ve ark., 2004; Ferveur, 2005; Mas ve Jallon, 2005). Tıbbi açıdan önemli olan Diptera takımı üyelerinden, özellikle sivrisinekler üzerine yapılan çalışmalar, coğrafi ve fizyolojik parametrelerle ilişkili KHK'ların nispi bolluğunda çeşitli farklılıklar gözlemlenmiştir.

Anopheles gambiae ve *Anopheles arabiensis*'in simpatrik ve allopatrik popülasyon alanlarında yapılan çalışmada; bireysel alan örneklerinin KHK bileşimlerini karşılaştırmak ve aralarındaki olası farklılıkları vurgulamak amacıyla Gaz Kromatografisi-Kütle Spektrometresi (GC-MS) analizinden çıkan sonuçlarda iki farklı türün %80 aynı bileşikler bulunduğuna rağmen farklı coğrafi bölgelerin bu bileşiklerin nispi bolluğu üzerinde etkili olduğu çalışma ile ortaya konulmuştur (Caputo ve ark., 2007). Kur davranışında coğrafi değişiklikler, omurgalılar da dahil

olmak üzere birçok taksonda gözlenmiştir (Ryan ve ark., 1990; Ishikawa ve ark., 2006; Prohl ve ark., 2006; Kuppernagel ve Baur, 2011). Coğrafik varyasyonun davranışlar üzerine olan etkisine kanıt olarak Güney ahşap cırcır böceği (*Gryllus fultoni*) ve Kuzey ahşap cırcır böceği'nin (*Gryllus vernalis*) simpatrik ve allopatrik popülasyonlarında çağrı seslerinin arasındaki farkı ortaya konulmak istenmiştir. Bu farklılıkların iki tür arasında üreme yalıtımına sebep olup olmadığı karşılaştırılmıştır (Gerhard ve Jang, 2006).

Alexander (1957), ilk kez *G. fultoni*'nin allopatik ve simpatrik popülasyonları arasında erkek çağrı sesinde nitel farklılıklar olduğunu belirtmiştir. Allopatik ve simpatrik bölgeleri kapsayan 13 bölgede erkek çağrı sesleri kaydedilmiştir. Alanda kaydedilmiş şarkıları çağırmak, gelişim veya yetişkin dönemindeki allopatik ve simpatrik popülasyonlar arasındaki bilinmeyen çevresel farklılıklardan etkilenebileceği ileri sürülmüştür. Böylece standart laboratuvar koşullarında yumurtalardan erişkinlere allopatrik ve simpatrik *G. fultoni* cırcır böcekleri yetiştirildi ve bu laboratuvar ortamında yetiştirilen cırcır böceklerinden erkek çağrı sesleri kaydedildi. Bu çalışmalar sonucunda allopatrik ve simpatrik popülasyonlar arasında belirgin farklılıklar olduğu ortaya konulmuştur. Farklılığa sebep olan tahmini değişkenler sıcaklık, enlem, boylam ve yükseklik olarak ortaya konuşmuştur.

1.1. Erkek ve Dişi Bireylerde Morfolojik Karakterler

Isophya türlerinin tamamı herbivordur. Genel olarak bahar mervisiminin erken dönemlerinde yumurtadan çıkan nimfler (yüksekliğe bağlı olarak çıkışlar gecikir) 1.5 ay kadar sonra erginleşirler (sıcaklığa bağlı olarak bu süre değişebilir). Genel olarak nimfler daha çok yeşil taze otsu ısırğan gibi bitkiler üzerinde, yüksek dağ steplerinde ise gevenler ve uygun bitkiler üzerinde bulunur. Ergin dönemlerde ise daha çok otsu bitkilerle birlikte Böğürtlen, Maki, Geven, Laden (*Cistus* sp.), Sarı Ormangülü, *Juniperus*'un (Ardıç) çalı formları gibi bitkiler üzerinde bulunurlar. Erkekler diğer birçok böcek grubunda olduğu gibi dişilere göre daha erken erginleşip daha önce ortadan kalkarlar. Erkeklerde daha uzun olmak üzere her iki eşeyde de kısalmış pronotumdan hafifçe daha uzun veya daha kısadır. Dişilerde kanatlar üstte birbirine kavuşur. Genel olarak yeşilin tonlarında kitin örtüye sahip olsalar da bir kısım türlerde vücut koyu kutikulaya sahiptir. Erkek ve dişiler arasında kutikula renklenmesi açısından bazı türlerde belirgin bir dimorfizm olabilmektedir (örn. *I.*

rodsjankoi Bolivar, 1899; *I. rizeensis* Sevgili, 2003; *I. zernovi* Miram, 1938). *Isophya* türleri *Poecilimon* ve *Phonochorion* türlerinden erkeklerde daha uzun ve serbest yapılı kanatlara sahip olmaları, dişilerde daha uzun, üstte birbiri üzerine gelmiş ve belirgin kanat yapısı ile ovipositorun altta düz olmaması ile belirgin bir biçimde farklılık göstermektedir (Bei-Bienko, 1954). Evrimsel biyolojinin temel amacı, farklı organizmaların morfolojisi ve davranışının farklı ortamlara nasıl ve neden uyum sağladığını ele almaktır. Morfoloji tek başına yeterli bir ölçü değildir. Bu nedenle *Isophya*'nın türleriyle ilgili yapılan son çalışmalarda, erkek çağrı sesi ile birlikte dişinin verdiği yanıt ve morfolojik karakterlerin sunduğu bilgiler birlikte daha aydınlatıcı olmuştur (Sevgili ve ark., 2006). Hayvanlar arasındaki en temel farklılıklardan biri, türlerin yanı sıra türler içindeki eşeylerin karşılaştırılmasında sıkça görülen boyut farklılıklarıdır. *Isophya* cinsindeki yüksek endemizm seviyesi büyük olasılıkla uçma yeteneğinin kaybindan kaynaklanan sınırlı dağılma kabiliyetinden kaynaklanmaktadır. Şimdiye kadar 35 *Isophya* formunun Türkiye'de yaşadığı bilinmektedir ve bunların çoğu Anadolu için endemiktir (Çıplak ve ark., 2002). Bu nedenle, kimliklerini daha kolay ve kesin hale getirmek için sınıflandırmalarını açıklığa kavuşturmak önemlidir. Morfolojik karakterler açısından bakıldığında erkek bireylerde genellikle kanat ve serkus, genital organ en yararlı morfolojik karakterleri taşır, dişi bireylerde ovipositor(yumurtlama borusu)'un şekli ve boyutu, genital organ tür tanımlamasında en yaygın olarak kullanılan karakterlerdir (Heller, 1988; Orci ve ark., 2010).

1.2. Sesle İletişim: Erkek Çağrı Sesi

Anadolu'da Orthoptera taksonlarının biyoakustik araştırmaları Klaus-Gerhard Heller ile 1988'de başlamıştır (Sevgili, 2004; Şirin ve ark., 2014). Çeşitli davranışsal araştırmalar, dişilerin pek çok orthoptera türünde erkek çağrı sesini yapan en önemli öncül yalıtım mekanizması olduğunu söyleyen dişilerin, belirli erkeklerin çağrı seslerini tanıdığını göstermektedir (Perdeck 1958; Walker, 1964; Bailey ve Robinson, 1971; Helversen, 1975). Erkekler çağrı sesi üretirler ve dişiler, çağrı seslerine göre fonotaktik olarak yaklaşarak veya dişi seçiminde özel akustik tepki sinyalleri üreterek cevap verir. Tipik olarak, orthoptera türlerinin çoğu türe özgü çağrı sesleri modellerine sahiptir ve erkeklerin ve dişilerin biyoakustik davranışları, hem morfolojik olarak benzer hem de kriptik türlerin taksonomik ayrımı için

kullanışlı ve gerekli bir araç haline gelmiştir (Walker, 1964; Ingrisch, 1991; Stumpner ve Helversen, 1992; Ragge ve Reynolds, 1998; Heller ve ark., 2004; Heller, 2006; Kolics ve ark., 2012). Çalı çekirgeleri, akustik olarak aktif böceklerin en belirgin gruplarından birini temsil eder (Heller, 1988; Heller, 2006). Birçok çalışma ile *Isophya*'ya ait Türkiye (Heller, 1988; Sevgili, 2004; Sevgili ve ark., 2006; Sevgili, 2018), Balkan ve Kafkas türlerinin (Heller ve ark., 2004; Zhantiev ve ark., 2017; Iorgu, 2012) çağrı sesleri tanımlanmıştır.

Isophya erkeklerinde kanatlar dişilere göre daha uzun (pronotumun uzunluğunda veya çok az daha uzun) olup sol kanadın alt kısmında bulunan ses dişçikleri sağ kanadın kitinize ön kenarına sürülerek ses oluşturulur. Dişiler erkeklerin seslerine çoğu zaman cevap verirler ancak oluşturdukları sinyaller erkeğinkine göre oldukça basit yapılıdır (Sevgili ve ark., 2012). Türler arasında erkeklerin çağrı sesleri (diğer erkeklerden izole edilmiş bir erkeğin oluşturduğu ses) genel olarak türe özgü bir yapıya ve süreye sahiptir (Heller, 1990; Sevgili, 2004; Sevgili ve ark., 2006; Sevgili ve ark., 2012; Zhantiev ve ark., 2017). Erkeklerin oluşturduğu seslere göre dişilerin erkek tercihi değişir. Dolayısıyla ses sinyallerinin kalitesi dişi seçiminde önemli ipuçları verir. Çünkü erkek sesi vücut büyüklüğü ve yaş ile ilişkili olup dişinin üreme başarısını etkileyen faktörlerle seçimi arasındaki bir uyuma yardımcı olur (Brown ve ark., 1996; Wagner ve Reiser, 2000). Erkek sol kanadının altında Cu2 (Cubitus 2) kanat damarının altına denk gelen kısımda özgün ses dişçikleri yer almaktadır. Ses organları türler arasında taşıdıkları dişçik sayısı, dişçik yapısı, genel uzunluğu, dişçiklerin dizilimi gibi özellikleriyle morfolojik olarak farklılıklar gösterir. Ancak, aynı türe ait popülasyonlar arasında ses organındaki dişçik sayıları varyasyon göstermektedir (Sevgili, 2004). Bu bağlamda tür içi varyasyonun derecesi türler arasındaki farklılıkla karşılaştırılmalı ve az çok sınırlar belirlenmelidir. Erkek çağrı sesleri arasındaki tür içi varyasyon (çevresel veya genetik faktörler nedeniyle) dişi tercihinde önemli bir unsur olduğunu biliyoruz (Ritchie ve ark., 1995). Bu araştırmada *I.autumnalis* popülasyonlarında erkek çağrı sesi ve çağrı sesinin oluşumda önemli olan ses organının morfolojik yapısı karşılaştırılacaktır. Bu tür ünlü Türk Orthopterist Tevfik Karabağ tarafından 1962 yılında Trabzon, Zigana Dağı'ndan Sonbahar popülasyonu üzerinden tanımlanmıştır (Karabağ, 1962). Bu tür bugüne kadar literatürde sadece tip lokalitesinden bildirilmiş

ve farklı popülasyonları bilinememektedir. Yapılan ön arazi çalışmalarında türün yayılışının güneye doğru genişlediği ve lokal alt popülasyonlarının varlığı tespit edilmiştir. Zigana ve Gümüşhane bölgelerindeki farklı habitat ve iklimsel koşullara adapte olmuş lokal popülasyonları arasındaki morfolojik, biyoakustik ve KHK varyasyonlarının araştırılması ve türün yayılış alanının tespit edilmesi tezin öncelikli amaçlarındandır. Çünkü eşeysel olarak seçilen özellikler (erkek çağrı sesi gibi) izole olmuş allopatrik popülasyonlarda farklılaşmaya yol açan en önemli faktörler olarak ifade edilir (West-Eberhard, 1983; Andersson, 1994; Henry, 1994; Mandelson ve Shaw, 2005; Bailey ve ark., 2007). Türleşme sürecinde eşeysel olarak seçilen erkek çağrı seslerindeki belirgin farklılaşmalar aynı türe ait allopatrik popülasyonları alttürleşmeye veya türleşme sürecine sokabilir (Butlin ve Ritchie, 1994; Ritchie ve ark., 1997; Roff ve ark., 1999; Tregenza ve ark., 2000). Eşeysel ses sinyalleri üreme öncesi önemli izolasyon mekanizmalarından birisi olan “davranışsal izolasyon” bağlamında türleşme sürecinde daha hızlı farklılaşma gösteren özelliklerden birisidir. *I. autumnalis*’e ait bilinen birkaç popülasyonun yayılış alanlarına bakıldığında birbirinden keskin sınırlarla ayrılmış iklimsel özelliklerin hakim olduğu farklı yerlere ait olduğu görülmektedir. Örneğin, Zigana Dağı (Trabzon) popülasyonu yüksek dağ Karadeniz ikliminin etkisi altında iken, Gümüşhane Kelkit vadisi Karadeniz ardı ve Doğu Anadolu’nun karışımı özgün iklim özellikleri göstermektedir (Kendirli ve ark., 2007). Dolayısıyla farklı iklimsel ve habitat şartlarına adapte olmuş popülasyonlarda erkek çağrı seslerinin farklılaşmış olabileceği öngörülmektedir.

1.2.2. Üreme Davranışında Erkek Çağrı Sesinin Rolü

Morfolojik tek biçimliliğin aksine, erkek çağrı sesleri çok çeşitlidir ve türe özgüdür (Heller, 1988; Heller ve ark., 2004). Erkekler bu ses sinyallerini üreme davranışı için kullanırlar ve dişilerin bu sinyallere verdiği tepkiler üreme davranışının tercihleri gösterir (Zhantiev ve Dubrovin, 1977; Zhantiev ve Korsunovskaya, 1986, 1990). Bu nedenle, bu çağrılar bu böceklerin eş tanıma sisteminde önemli bir rol oynamaktadır ve osilografik analizleri taksonomik sorunların çözümü ve örneklerin belirlenmesi için önemli ve etkili bir araçtır (Orci ve ark., 2005). Yapılan bir çalışmada Macaristan’da nesli tükenmekte olan *Isophya stysi* (Cejchan, 1958) ve *Isophya modestior* (Brunner von Wattenwyl, 1882) iki çekirge türü çağrı sesleri çalışılmıştır. Ortaya konulan sonuçlarda *Isophya stysi* ‘nin hecelerinin her zaman

yavaş tekrarlanan olduğunu, *Isophya modestior* hece tekrarlama sürelerin eşit derecede yükselerek devam ettiği ortaya konulmuştur. Bu iki türün çağrı seslerindeki farklılıkların aralarında üreme yalıtımı sağlayabileceğini doğrulamaktadır (Orci ve ark., 2005). Biyoakustik özelliklerin türler arasındaki farklılığı ülkemizde yayılış gösteren birçok *Isophya* türü (Sevgili, 2004), *Isophya major* tür grubu (Sevgili ve ark., 2006); *I. rizeensis* (Sevgili, 2003), *I. bumerangoides* (Sevgili ve ark., 2012, *I. horon* Sevgili, 2018) türlerinde de detaylı olarak gösterilmiştir.

Akustik iletişim Orthoptera takıma ait böcekler arasında yaygındır ve eş bulma davranışlarında önemli bir rol oynar (Alexander,1960; Kalmring ve ark., 1997; Robinson ve Hall, 2002). Türe özgü olan bu erkek çağrı sesi üreme davranışında sergilendiğinde, dişi tercihinine göre çiftleşme davranışı gerçekleşir. Dahası, dişi tercihlerinin hakkındaki bilgi, eşeysel seçilimin bu sinyalleri nasıl şekillendirdiğini ve erkek şarkı karakterlerinin işlevi ve evrimi hakkında bilim insanlarının hipotezler oluşturabilmesi için bir temel sunar (Orci, 2007).

1.3. Böceklerde Kutikular Hidrokarbonların Rolü

Bütün böceklerin dış yüzeyi son derece kararlı, çok uzun zincirli KHK türe özgü bir kompleks karışımı ile kaplıdır. Bu kompleks karışım böcek kutikulasındaki lipid tabakasına gömülü halde bulunur (Drijfhout, 2001; Kather ve Martin, 2012). KHK'nın önemli bir rol oynadığı birçok farklı sinyalleşme alanı vardır: tür ve cinsiyet tanıma, yuva arkadaşı tanıma, eyleme özel işaretler, baskınlık ve doğurganlık sinyalleri, kimyasal taklit ve ayrıca primer feromonlar olarak da işlev görebilirler (Hölldobler ve Wilson, 2009). Kimyasal iletişim, tüm yaşam formlarına yayılan en eski iletişim şeklidir. Sosyal böceklerin kullandığı kadar karmaşık bir iletişim sisteminin evrimi için gerekli olan çeşitli KHK'ları üretme kabiliyetinin, doğal seçilimin etkisi altında olduğu ortaya konulmuştur (Kather ve Martin, 2015). KHK araştırmalarının çoğu, özellikle sosyal arılar, eşekarısı ve karıncalar dahil olmak üzere, ekonomik ve çevresel açıdan önemli birçok tür dahil olmak üzere, 130.000'den fazla türün tanımlandığı en büyük ve en çeşitli böcek takımlarından biri olan Hymenoptera'ya yoğunlaşmıştır. Başarılarının merkezinde kimyasal ekoloji vardır (Wilson, 1971). Örneğin, Hymenoptera ailesinden çalışılan; arılarda 174, *Drosophila melanogaster* de 62 ve *Anopheles gambiae* 79 koku reseptörünün kimyasal iletişimde rol oynadığı ortaya konulmuştur (Robertson ve Wanner, 2006).

Yapılan bir çalışmada, bireylerin eş seçimini, partnerlerinin KHK profillerinin kendilerine ne kadar benzediğini temel alıp almadıklarını (Trogenza ve Wedell, 1997; Mullenet ve ark., 2007; Thomas ve Simmons, 2009) ve KHK benzerliğinin altta yatan genetik benzerliği yansıtmadığını araştırılmış ve *Teleogryllus oceanicus*'da yapılan çalışmalarda hem erkek hem dişi bireylerin eş seçinde KHK'lardan yararlanarak genetik açıdan en uygun eşi seçiminde rol oynadığı ortaya konulmuştur (Thomas ve Simmons, 2011).

1.3.1. Böceklerde Hidrokarbon Gruplarının Fizyolojik Rolü

Hidrokarbonların doymuş hidrokarbonlar (alkanlar ve sikloalkanlar), doymamış hidrokarbonlar (alkenler ve aklınler), aromatik hidrokarbonlar olmak üzere üç ana sınıfı vardır (Hardt ve ark., 2011).

1.3.1.1. Alkan Grupları

Bütün alkanlar C_nH_{2n+2} formülüne sahiptirler ve karbon-karbon arasında tek bağ içerirler (Hardt ve ark., 2011). Alkanlar düz bir zincir(Lineer) oluşturan hidrokarbonlardır. Lineer alkanlar böceklerin kutikular hidrokarbon profillerine hakimdirler (Blomquist ve Dillwith, 1985). Alkanların lineer şekli moleküllerin sıkı bir şekilde paketlenmesini sağlar ve bu nedenle bunlar su yalıtım molekülleri olarak çalışmak için idealdir .Örneğin; *Pogonomyrmex barbatus* (Kırmızı ekin karıncası) yüksek sıcaklık ve bağıl neme maruz bırakıldığında lineer alkan seviyesinde artış olduğu ortaya konulmuştur (Drijfhout ve ark., 2009).

1.3.1.2. Alken Grupları

Alkenler C_nH_{2n} formülü ile adlandırılırlar ve karbon –karbon arasında çift bağ içerirler (Hardt ve ark., 2011). Alkenlerin eş seçimi sinyallerinde ve yuva arkadaşını tanımada rol oynadığı yapılan çalışmalarla ortaya konulmuştur (Howard ve Blomquist, 1982). *Formica exsecta* karıncasında her kolonideki tüm yuva arkadaşları, farklı zincir uzunluklarında alken grupları dağılımına sahiptir.Yapılan deneylerle yuvadaki birkaç karıncanın yapay olarak alken dağılımı değiştirildiğinde diğer yuva arkadaşları tarafından saldırıya uğradığı görülmüştür (Martin ve ark., 2009).

1.3.1.3. Metil Dallı Alkan Grupları

Metil dallı hidrokarbonlar birçok çalışmanın konusu olmuştur. Nelson (1993),

tarafından yapılan incelemede, bilinen biyolojik aktiviteye sahip 24 hidrokarbonun 21'i metil-dallı alkanlardı. Bu hidrokarbonlar eşey feromonları, kairomon (alıcıya yarar sağlayan, ancak vericiye dezavantajlı hale getiren bir sinyal molekülü) ve anti-afrodizyaklar olarak işlev gören birçok fizyolojik açıdan aktifti. Son 10 yılda, kimyasal iletişimde yer aldığı gösterilen metil dallı hidrokarbonların sayısı, örneğin; *Polistes wasps* eşek arısında kolonisi tanıma (Dani ve ark., 2001), karıncalardaki doğurganlık sinyali (Endler ve ark., 2004) ve karıncalardaki yuva arkadaşı sinyalleri.

1.3.1.4. Metil Dallı Alken Grupları

Doymuş metil dallı alkanların aksine doymamış metil dallı alkenlerin işlevleri daha kısıtlıdır (Drijfhout ve ark., 2009).

1.3.1.5. Kutikular Hidrokarbonların Biyosentezi

Böcek KHK sı uzun zincirli hidrokarbonlar (daha çok alkanlar, alkenler ve metil sübsitüte alkanlar) olup önosit olarak adlandırılan özelleşmiş hücreler tarafından sentezlenirler (Drijfhout ve ark., 2009). Hidrokarbonların biyosentezi üzerine kapsamlı bir araştırma *Musca domestica* (Blomquist, 2010) ve *Drosophila melanogaster* (Jallon ve Wicker-Thomas, 2003) ve hamam böcekleri *Periferik americana* ve *Blattella germanica* gibi birkaç diptera takımı üzerinde çalışılmıştır (Schalve ark., 1994; Nelson ve ark., 1995). Bu çalışmalardan, tüm kutikular hidrokarbonların temel yapı taşlarının, malonil CoA formundaki asetatlar olduğu bulunmuştur. Bu oluşum aşamalarına FAS ve ELONGAZ düz zincirli hidrokarbon omurgası, bu malonil CoA'yı omurgaya bağlayarak uygun yağlı açıl CoA'lara uzama yoluyla oluşturulur.

1.3.1.6. Kutikular Hidrokarbonların Taksonomideki Rolü

Taksonomik doğruluğu sağlamak için, türlerin sınıflandırılmasında bir dizi (morfolojik, genetik ve kimyasal) bilimsel yöntemlere başvuruluyor. KHK çalışmaları tüm bu bilimsel yöntemlerin yanında böcek taksonomistlerine ayrıca bir ışık tutmaktadır (Lockey ve Metcalfe, 1988). KHK'lar, böcekler tarafından bireye ve türe özgü üretildikleri için ve sabit karakterleri temsil ettiklerinden dolayı genomun kalıtsal uzantısıdır (Drijfhout ve ark., 2009).

Örneğin, *Teleogryllus oceanicus* çekirge türünde KHK profili, genetik varyasyonu (%11) gösterir ve bireyler arasındaki ilişki derecesini yansıtır(Thomas ve

Simmons, 2008). Dallerac ve ark., (2000) yaptıkları çalışmada *Drosophila melanogaster*'de birkaç KHK'nın üretiminden sorumlu geni ($\Delta 9$ desatüraz) tanımlamışlardır. Devam eden çalışmalarla birlikte bu desatüraz genlerindeki mutasyon, sineklerde eşeysel izolasyona (Fang ve ark., 2002) ve güvelerdeki tür izolasyonuna neden olduğu ortaya konulmuştur (Roelofs ve ark., 2002).

Kutikular hidrokarbonların taksonomik araç olarak kullanılmasının üç ana avantajı vardır (Drijfhout ve ark., 2009).

1) Doğrudan seçilim altında olduklarından yüksek bir doğal varyasyon sergileyebilirler.

2) Gizli türlerin tanınmasında büyük rolleri vardır.

3) Bu bileşikler uzun yıllar boyunca kararlılıklarını koruyabilirler.

Modern taksonomik araçlar (örneğin, mtDNA) doğrudan seçilim altında değildir, bu nedenle, bu seçilmemiş “nötr” karakterlerin üreme izolasyonunu ve son evrimsel değişiklikleri ne ölçüde yansıttığı belirsiz olmalarından dolayı KHK' lar önem kazanmaktadır (Rundel ve ark., 2005).

2. ANA BÖLÜM BAŞLIĞI

2.1. Araştırmanın Hedefleri

Türleşme sürecinin anlaşılması evrimsel biyolojinin en önemli konularının başında gelmektedir. Türleşme sürecinin anlaşılması için organizmaların çevrelerine adaptasyonun nasıl olduğunun ve biyolojik çeşitliliğin nedenlerinin araştırılması gerekmektedir. Yaptığımız bu çalışmada hem lokal popülasyonları morfolojik, biyoakustik ve kutikular hidrokarbon yapısı bakımından araştırmak hem de popülasyon içerisindeki türler arasında morfolojik, biyoakustik ve kutikular hidrokarbon yapısını inceleyerek türleşme sürecinin anlaşılmasını sağlamaya çalıştık. Çalı çekirgeleri tür içi türler arası genetik, morfolojik ve biyoakustik farklılaşmaların ekolojik ve evrimsel nedenlerinin araştırılmasında model organizmalardır. Özellikle kısa kanatlı, hareket yeteneği oldukça kısıtlı ve dar alanlarda yayılış gösteren popülasyonlar bu tür araştırmalar için oldukça yararlı bilgiler sağlar (Sevgili ve ark., 2006; Heller ve Sevgili, 2005; Eweleit ve ark., 2015). Çalı çekirgelerinden olan *I. autumnalis*'e ait bilinen birkaç popülasyonun yayılış alanlarına bakıldığında birbirinden kesin sınırlarla ayrılmış iklimsel özelliklerin hakim olduğu farklı yerlere ait olduğu görülmektedir. Örneğin, Zigana Dağı (Trabzon) popülasyonu yüksek dağ Karadeniz ikliminin etkisi altında iken, Gümüşhane Kelkit vadisi Karadeniz ardı ve Doğu Anadolu'nun karışımı özgün iklim özellikleri göstermektedir (Kendirli ve ark., 2007). Dolayısıyla farklı iklimsel ve habitat şartlarına adapte olmuş popülasyonlarda erkek çağrı seslerinin farklılaşmış olabileceği öngörülmektedir.

Özet olarak tez çalışmamız amaçları şöyle özetlenebilir:

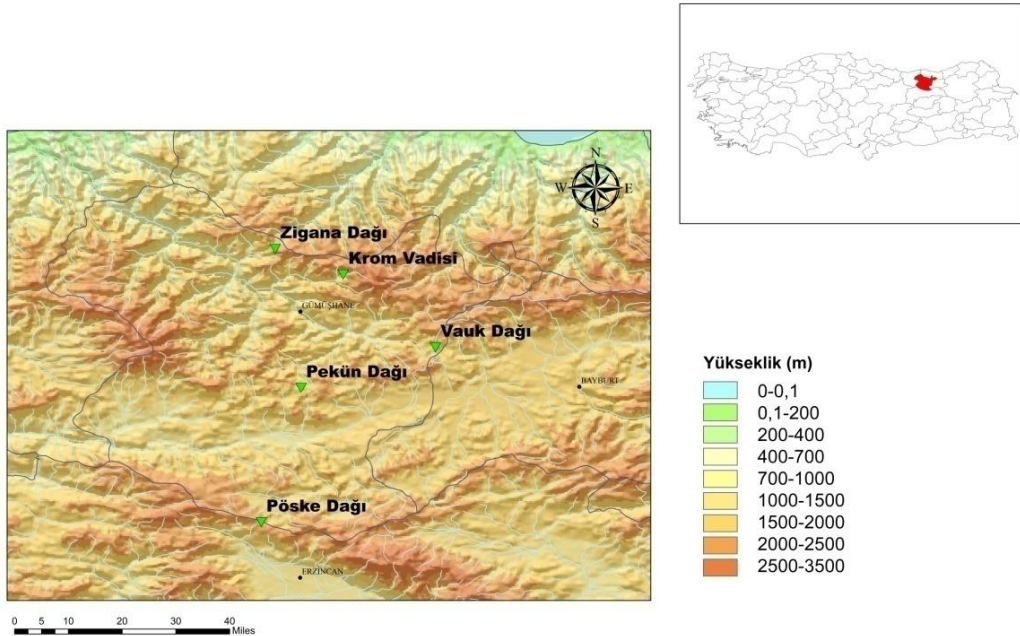
1. *I. autumnalis*'e ait lokal popülasyonlar arasında morfolojik farklılıkların ortaya konması
2. *I. autumnalis*'e ait lokal popülasyonların biyoakustik özelliklerinin ortaya çıkarılması
3. *I. autumnalis*'e ait lokal popülasyonlar arasında olası KHK profil farklılıklarının belirlenmesi
4. Lokal popülasyonlar arasındaki farklılığın derecesine göre türün taksonomik durumunun yeniden değerlendirilmesi.

Bu araştırma sonuçunda değerlendirdiğimiz 5 farklı popülasyondaki *I. autumnalis* 'e ait yapılan morfolojik, biyoakustik ve kutikular hidrokarbon çalışmaları sonucunda olası varyasyonları ortaya konulmuştur. Taksonomik açıdan yeniden gözden geçirilmesi için n bir çalışma olması hedeflenmiştir.

3. MATERYAL VE YÖNTEM

3.1. Saha Çalışmaları

Yapılan arazi çalışması Doğu Karadeniz bölümünde, Doğu Karadeniz dağları ve Otukbeli dağları arasında kalan Gümüşhane ve Bayburt il sınırları içerisinde yapılmıştır (Şekil 3.1). Ana lokasyonumuz olan Zigana Dağı, Gümüşhane ve Trabzon illerinin sınırlarının kesiştiği noktada yer almakta olup, İç Anadolu ve Kuzey-Doğu Karadeniz bölgeleri arasında bir geçiş karakteri göstermektedir (Davis, 1965). Harşit Çayı, Gümüşhane ilinin doğu sınırındaki dağlarından doğar. Gümüşhane İl Merkezi, Torul, Kürtün, ve Doğankent'i geçip Tirebolu'nun 1,5 km. doğusundan Karadeniz'e dökülmektedir. Bu çalışmada Harşit Çayı'nın coğrafik ana bariyer olduğu düşünülmektedir. Yapılan arazilerde yeteri kadar erkek ve dişi birey toplanmıştır (Çizelge 3.1). Araziden toplanan dişi ve erkek bireyler kafesler içerisinde muhafaza edilmiştir. Laboratuvar şartlarına gelenen kadar bireyleri yaşadığı vejetasyonlardan bitkiler toplanarak beslenmeleri, temizlikleri ve yeteri kadar temiz hava almaları sağlanarak laboratuvara getirilmiştir. Daha sonra sesleri kaydedilecek erkekler popülasyonlardan rastgele seçilerek alınmış ve diğerleri – 80°C'de muhafaza edilmiştir.



Şekil 3.1 Arazi bölgelerini kapsayan Türkiye haritası

Çizelge 3.1 Arazi Çizelgesi

Lokasyon	Arazi Tarihi	Erkek Birey Sayısı	Dişi Birey Sayısı
Krom Vadisi	10-Haziran-2018	15	18
Zigana Dağı	20-Haziran-2018	20	20
Pöske Dağı	6-Temmuz-2018	15	17
Pekün Dağı	6-Temmuz-2018	17	20
Vauk Dağı	7-Temmuz-2018	20	20

10 Haziran 2018 tarihinde Krom Vadisine yapılan arazide otsu vejetasyonun hakim olduğu alanlardan dişi ve erkek ergin bireyler toplanmıştır (Şekil 3.2).



Şekil 3.2 Krom vadisi

6 Temmuz 2018 tarihinde Pöske Dağına yapılan arazi çalışmasında sığirkuyruğu-verbascum, astragalus gibi otsu vejetasyonlar üzerinden dişi ve erkek ergin bireyler toplanmıştır (Şekil 3.3).



Şekil 3.3 Pöske Dağı

6 Temmuz 2018 tarihinde Pekün Dağına yapılan arazi çalışmasında geven

gibi çalı formundaki bitkiler üzerinden dişi ve erkek birey toplanmıştır (Şekil 3.4).



Şekil 3.4 Pekün Dağı

7 Temmuz 2018 tarihinde Vauk Dağına yapılan arazi çalışması ile çalı formundaki vejetasyon üzerinden dişi ve erkek birey toplanmıştır (Şekil 3.5).



Şekil 3.5 Vauk Dağı

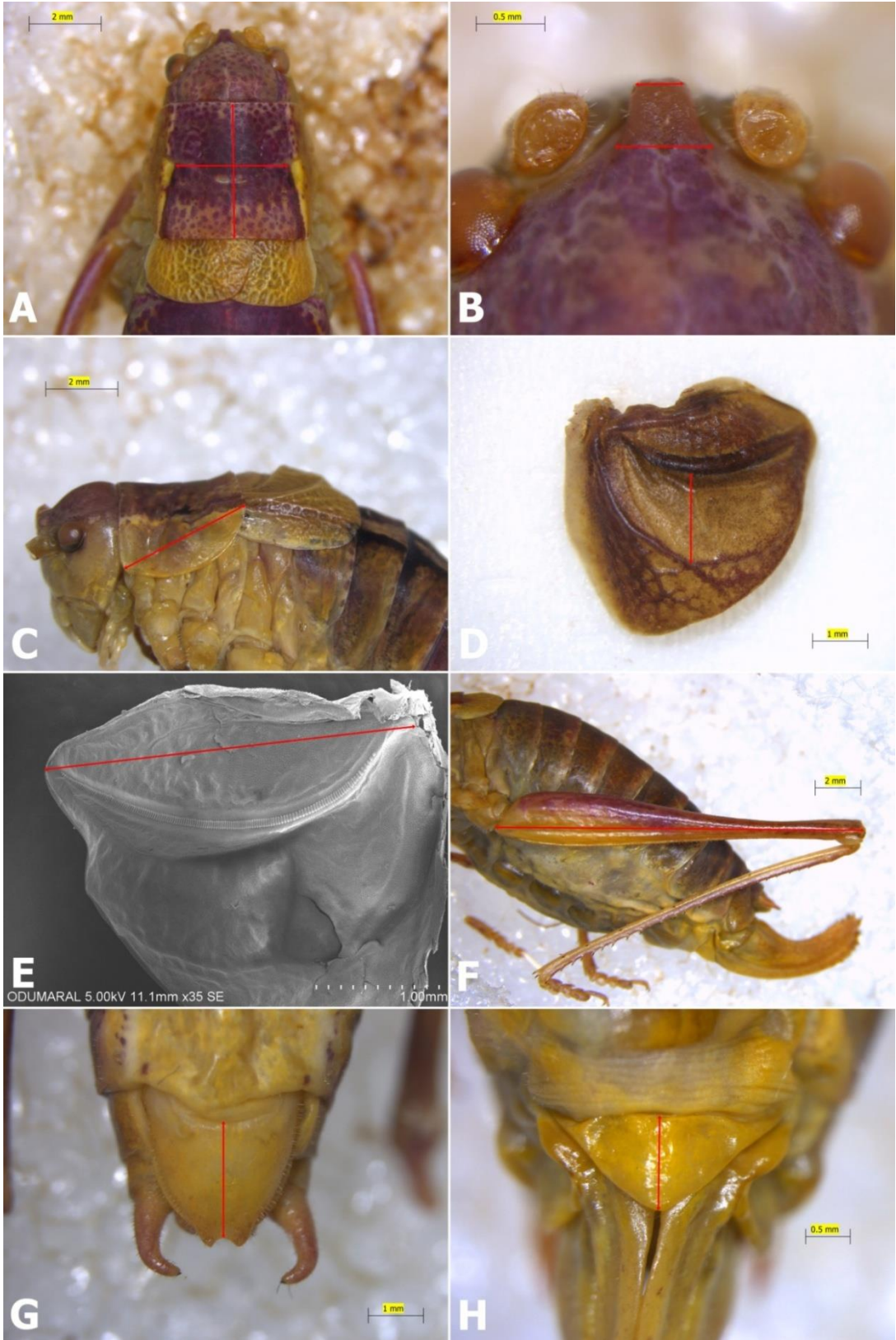
20 Haziran 2018 tarihinde Zigana Dağı'na yapılan arazi çalışmasında otsu vejetasyonun hakim olduğu alanlardan dişi ve erkek birey toplanmıştır (Şekil 3.6).

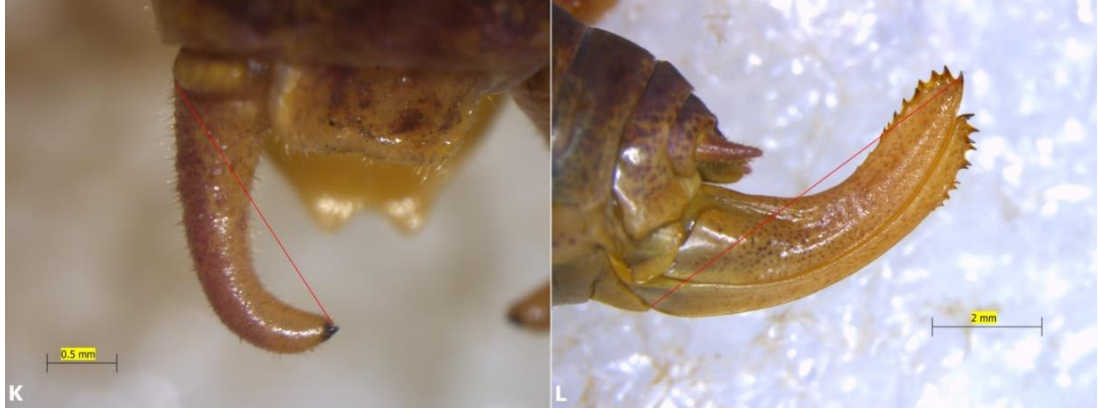


Şekil 3.6 Zigana Dağı

3.2. Morfolojik Çalışmalar

Morfolojik çalışmalar için -80 derecede muhafaza ettiğimiz dişi erkek bireyler KHK analizi yapıldıktan sonra %80'lik alkol içerisine alınmıştır. Daha sonra oküler kameralı mikroskop ile morfolojik karakterlerin çekimi yapılmıştır. Yapılan tüm görüntülemelerde aynı ölçek kullanılmıştır. Morfolojik karakterlerden; baş kısmından fastigium uç ve kadide kısmı (Şekil 3.7-B). Thorax bölgesinden pronotumun en, boy ve yandan uzunlukları (Şekil 3.7-A,C) alınmıştır. Erkek bireyde olan ses organını taşıyan kanattan mikroskop ve SEM görüntülerinden ölçümler (Şekil 3.7-D,E) alınmıştır. Sol femur uzunluğu (Şekil 3.7-F) alınmıştır. Dişi ve erkekte abdomenin ventral kısmında bulunan subgenital plakadan boyuna uzunluk (Şekil 3.7-G(erkek), H(dişi)) değerleri alınmıştır. Dişilerin yumurta bırakma borusu olan ovipositorun uzunluk (Şekil 3.7-L) alınmıştır. Erkek bireylerde çiftleşme sırasında dişiyi tutmaya yarayan serkustan uzunluk (Şekil 3.7- K) alınmıştır.

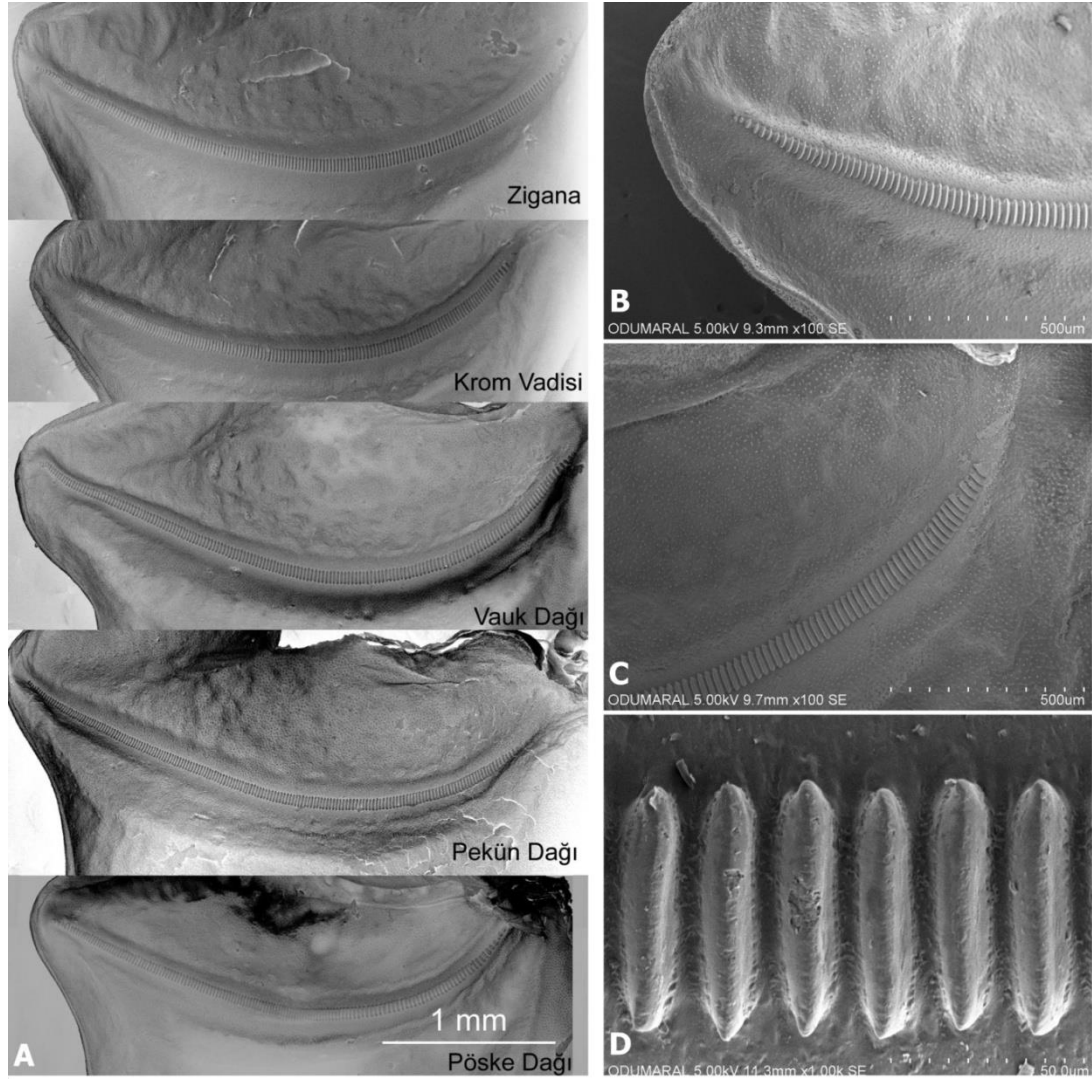




Şekil 3.7 (A) Dorsalden pronotum, (B) Dorsalden fastigium, (C) Pronotum yandan görünüm, (D) Dorsalden erkek birey kanat, (E) Ventralden SEM erkek birey kanat, (F) Dorsalde sol femur, (G) Ventralden erkek birey subgenital plaka, (H) Ventralden dişi birey subgenita plaka, (K) Dorsalden erkek birey serkus, (L) Sol yandan dişi birey ovipositor

3.3. Taramalı Elektron Mikroskobu (SEM) Çekimleri

KHK analizinin hemen sonrasında ses kaydı alınan erkek bireylerin sol kanatları uygun bir aparat yardımı ile çıkarılarak SEM çekimi için hazırlanmıştır. Toplamda 57 erkek bireyin kanadı altın kaplama yapılarak çekimleri (Şekil 3.8-A) yapılmıştır. Daha sonra Image J programında fotoğraflar açılmıştır. Her bir kanatta bulunan tüm dişçikler sayılırken 1 mm ölçeğinde sayım yapılmıştır. Sağ distal uç, sol distal uç (Şekil 3.8-B,C) ve dişçiklerin orta kısmından 0.5mm'deki dişçikler (Şekil 3.8-D) sayılmıştır. Sağ ve sol distal uçun ilk dişçiğe olan uzaklığı, sağ distal uçtan sol distal uca olan uzunluk alınmıştır. Her bir kanatta orta kısımdan 5 dişçikten en, boy ve dişçiklerin birbirine olan uzunlukları alınmıştır.

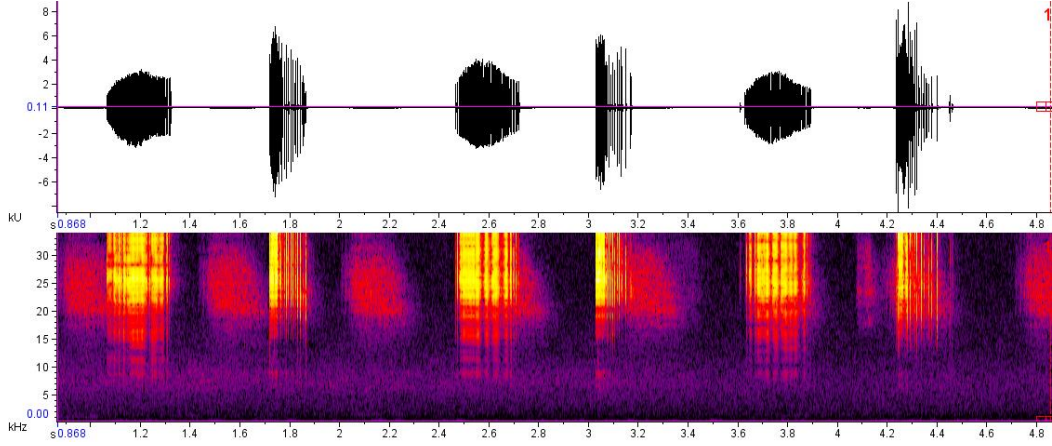


Şekil 3.8 (A) Allopatrik popülasyonlarda kanat ventral dişçik görüntüleri(SEM), (B) Sol distal uç, (C) Sağ distal uç, (D) Dişçiklerin yakın profilden yapıları

3.4. Ses Kayıtları ve Ölçümleri

Araziden ergin toplanan erkek ve dişiler ayrı kafeslerde yaşatılarak ve muhafaza edilmiştir. Ses kayıtları laboratuara getirilen canlı örnekler üzerinde yapılmıştır. Erkeklerin çağrı sesleri kayıt altına alınmıştır. Bu amaçla: her popülasyondan ulaşılan birey sayısı bazında yeterli sayıda örnekten (en az 10 adet erkek birey) izole erkek sesi en az 3 ‘er dakikalık süre için veya tekrarlı sesler olduğu için her bireyden en az 10 adet çağrı sesi kaydedilmiştir. Ses kayıtları laboratuvar şartlarında aynı sıcaklık (25-27derece) ortamında yapılmıştır. Ses kaydı için TASCAM HD-P2 ve Ultrasonik Mikrofon (Condenser ultrasonic mikrofon-Avisoft Bioacoustics CM16/CMPA, Sampling rate 96 kHz) kullanılmıştır. Kaydedilen sesler Raven Lite (Center for Conservation Bioacoustics, 2016) programları aracılığıyla analiz edilip gerekli spektral ölçümler (Şekil 3.10) alınmıştır. Örnekler KHK

profillerinin incelenmesi ve morfolojik ölçümler için -80 °C’ de muhafaza edilmiştir. Bu nedenle tür içi lokal popülasyonlar arasındaki ses organlarındaki olası varyasyonların tespiti amacıyla her bir popülayona ait ortalama 12 erkeğin ses organlarının SEM fotoğrafları alınıp gerekli ölçümler yapılmıştır.



Şekil 3.9 Erkek çağrı sesi ostilogram görüntüsü

3.4.1. Bioakustik Terminoloji

Bu çalışmanın biyoakustik terminolojisi temel olarak Ragge ve Reynolds (1998)'dan alınmıştır. Terminolojik kısımlar (Şekil 3.9) gösterilmiştir.

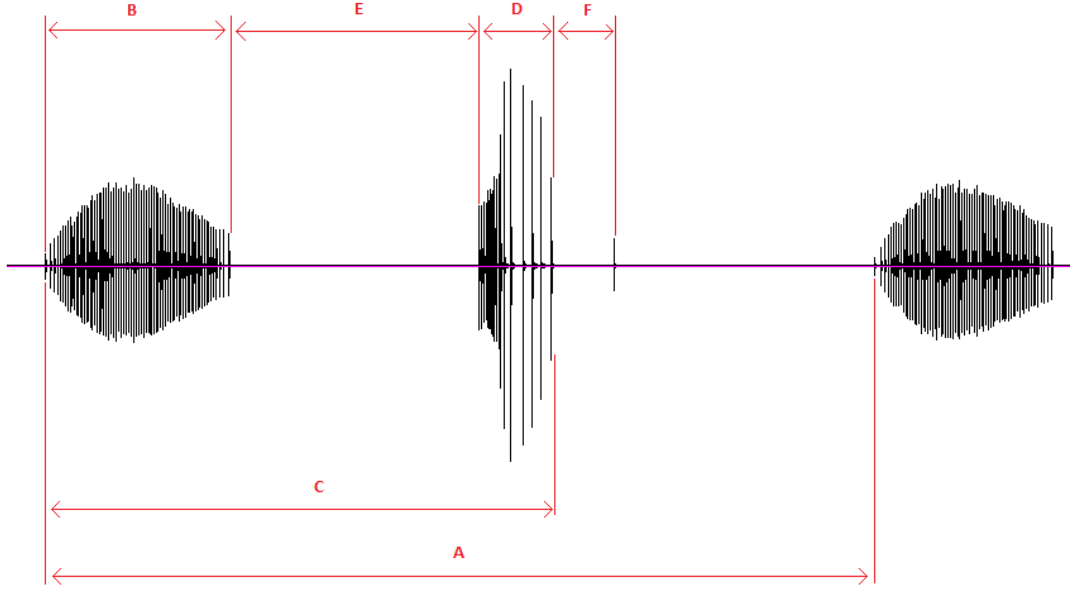
Çağrı sesi: İzole bir erkek tarafından üretilen çağrı

Hece: Tegminanın açılış-kapanış hareketi döngüsü tarafından üretilen çağrı

Dürtü(implus): basit bir bölünmemiş ses dalgaları dizisi (burada: soyulma dosyasının bir dişinin etkisi olarak ortaya çıkan çok nemli ses darbesi)

İzole implus: izole edilmiş farklı bir implus

Eşeyssel akustik / titreşimli sinyallerin incelenmesi, son birkaç on yıl boyunca taksonomide biyoakustik yöntemlerin kullanımı daha yoğun hale geldiğinden çok sayıda böcek türünün keşfedilmesine yol açmıştır.

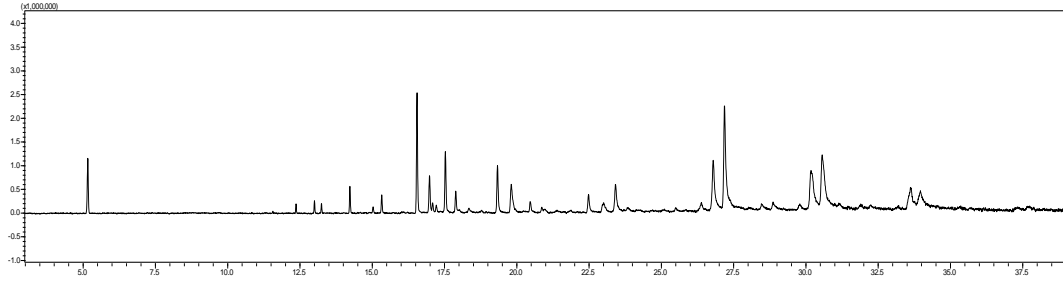


Şekil 3.10 *Isophya autumnalis* erkeğinin çağrı sesini oluşturan ölçüm karakterleri (A),sesin süresi (B),ilk yarım hece'nin süresi (C),sesin periyodu (D), ikinci yarım hece'nin süresi (E), iki hece arasındaki süre (F),ses ile izole umplus arasındaki süre

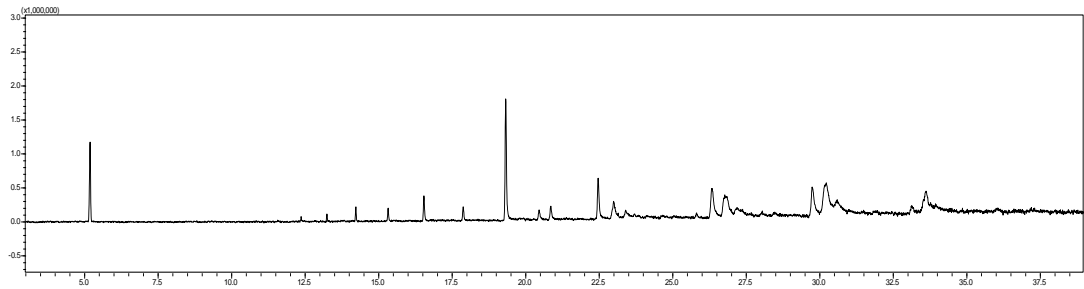
3.5. Kutikular Hidrokarbon Çalışmaları

Çekirgelerde KHK profillerinin ortaya çıkarılması için Neems ve Butlin (1994), Thomas ve Simmons (2008), Thomas ve Simmons (2011); Veltsos ve ark., (2012) ve (Steiger ve ark., 2013) tarafından uygulanan yöntemler kısmen modifiye edilerek uygulanmıştır. Genel yaklaşım olarak lokal popülasyonların KHK profillerindeki farklılıkların değerlendirilebilmesi için, taze dondurulmuş bireyler - 80°C' de tutulan bireyler desikatörde 40 dakika çözdürme yapılır. Hekzan (5 ml) içinde her birey ayrı olacak şekilde 10 dakika tutulmuştur ve bu 10 dakikanın 30 saniyesi vortekslenmiştir. Literatürdeki bu tür çalışmalar için sadece Hekzan kullanılmış olup bu çalışmayla farklı apolaritede ve kitin hidrokarbonlarını alabilecek kapasitedeki organik çözücülerin kullanılmasıyla elde edilecek KHK profilleri de incelenmiştir. Örneğin 1 mikrolitre'si Gaz kromatografisi ve Kütle spektrometresine (Shimadzu GCMS QP2010 Ultra) enjekte edilmiştir. Operasyon split moda (10:1) iç çapı 30*0.25 mm olan Stabilwax kolonda Helyum gazı altında sağlanmıştır. Analize 50°C' de 1 dakika olarak başlanıp, 250°C' ye 20 dakika da varması, ardından 320°C' ye 10 dakika da ulaşılması sağlanmıştır. Bireylerden elde edilen örnekler ve bu örneklerin potansiyel kontaminasyonunu kontrol etmek için hekzan boş deneme

olarak analiz edilecektir. Her bir lokal popülasyondan ortalama en az 12'şer bireyden KHK profilleri alınmıştır (Şekil 3.11,3.12).



Şekil 3.9 Erkek birey pikleri



Şekil 3.10 Dişi birey pikleri

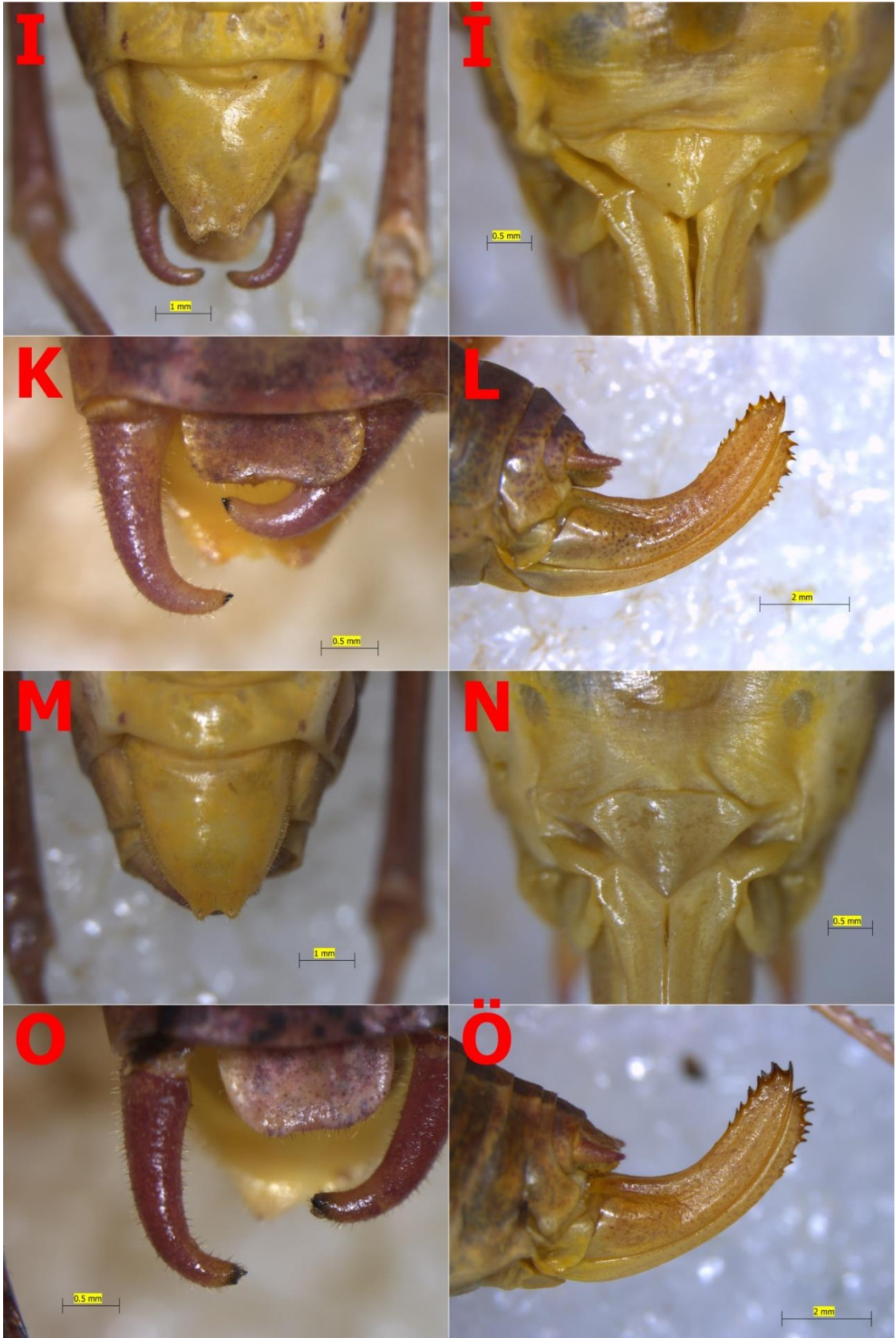
4. ARAŞTIRMA BULGULARI

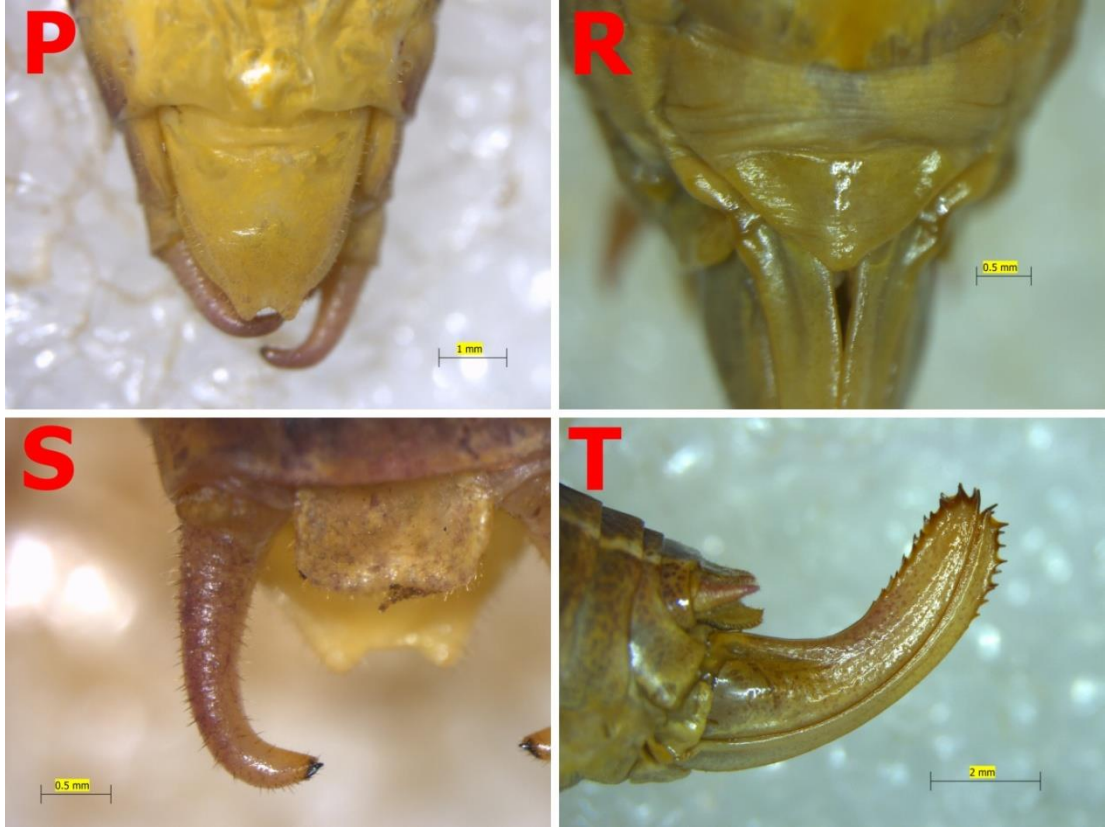
Bu araştırmada çalı çekirgelerinden olan *I. autumnalis* türünde; Zigana dağı, Vauk dağı, Pöske dağı, Pekün dağı ve Krom vadisi olmak üzere beş farklı habitattan toplanan dişi ve erkek bireylerde, lokal popülasyonlar arasında olası KHK profil farklılıklarının belirlenmesi, morfolojik farklılıkların ve erkek bireylerde biyoakustik özelliklerin ortaya çıkarılması ve tüm bu bulgular ışığı altında lokal popülasyonlar arasındaki farklılığın derecesine göre türün taksonomik durumunun yeniden değerlendirilmesi çalışmaları yapılmıştır. Tüm bu deneyler yapılırken KHK analizi ve morfolojik karakterlerin ölçümü dişi ve erkek bireyler dahil toplamda 123 bireyde yapılmıştır. Ses karakterlerinin ve SEM ölçümleri için erkek bireyler kullanmıştır.

4.1. Morfolojik Karakterlerin Analizi

Morfolojik karakterler tür teşhisinde kullanılan en eski yöntem olarak söylenebilir. Daha sonralardan diğer yöntemler katılmıştır. Bu tez çalışmasında birçok morfolojik karakter çalışılmıştır. Fakat mikroskop yardımı olmadan görebileceğimiz birkaç farklılığa örnek vermek gerekirse, dişi ve erkekte bulunan subgenital plaka, erkekte serkus dişi de ovipositor (Şekil 4.1) diyebiliriz.







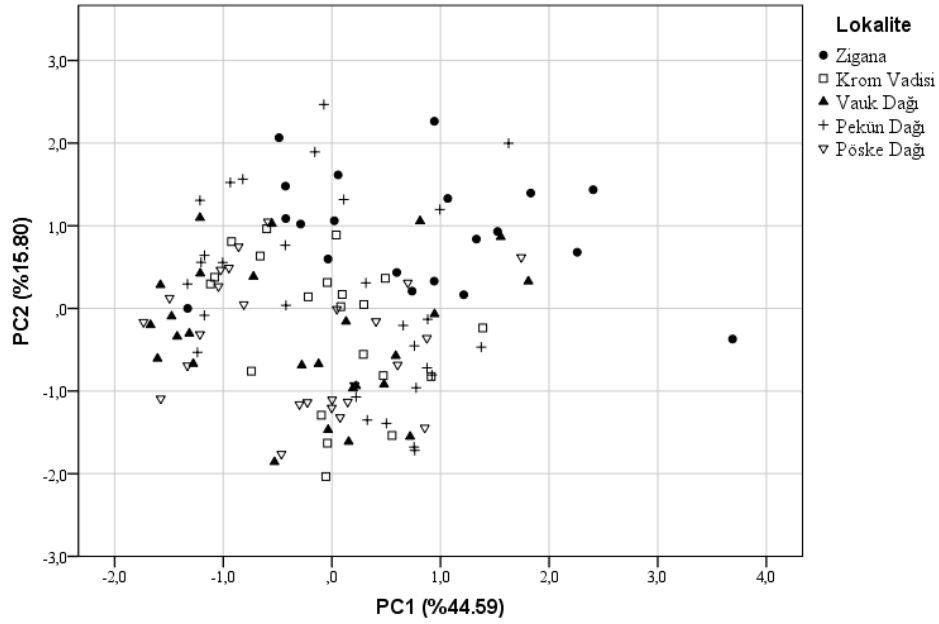
Şekil 4.1 (A,C) Zigana popülasyonu erkek birey subgenital plaka ve serkus, (B,D) Zigana popülasyonu dişi birey subgenital plaka ve ovipositor, (E,G) Krom popülasyonu erkek birey subgenital plaka ve serkus, (F,H) Krom popülasyonu dişi birey subgenital plaka ve ovipositor, (I,K) Pöske popülasyonu erkek birey subgenital plaka ve serkus, (İ,L) Pöske popülasyonu dişi birey subgenital plaka ve ovipositor, (M,O) Pekün popülasyonu erkek birey subgenital plaka ve serkus, (N,Ö) Pekün popülasyonu dişi birey subgenital plaka ve ovipositor, (P,S) Vauk popülasyonu erkek birey sungenital plaka ve serkus, (R,T) Vauk popülasyonu dişi birey subgenital plaka ve ovipositor

4.1.1. Allopatrik Popülasyonlarda Erkek ve Dişi Bireylerde Morfolojik Karakterlerin Karşılaştırılması

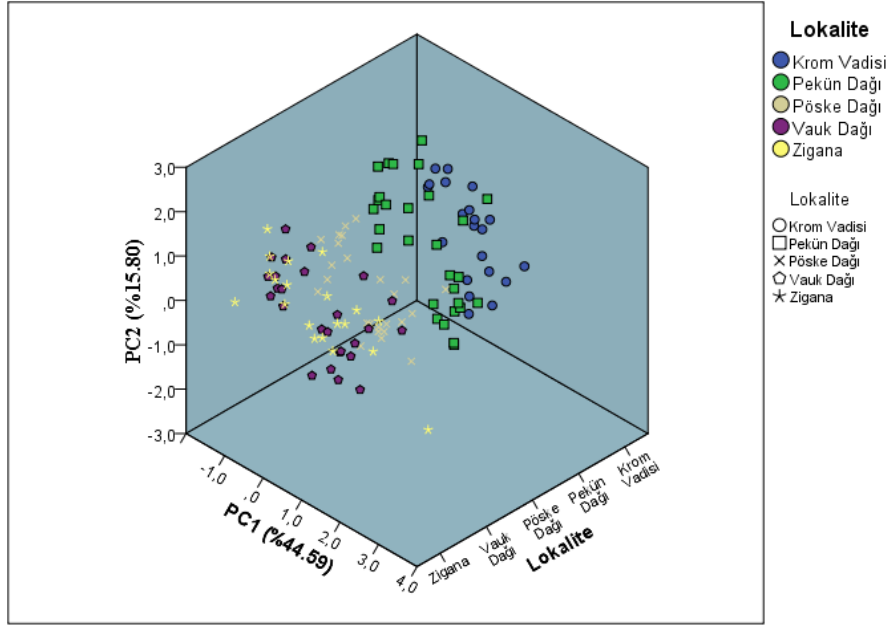
Erkek ve dişi bireylerden alınan aynı morfolojik karakterlere ait ölçümler (Fastigium, Pronotum ve Araka Femur ölçümleri) Temel Bileşenler Analizi yöntemiyle değerlendirilmiş ve sonuçta 8 adet komponent elde edilmiştir (Çizelge 4.1). Bunlardan ilk ikisi (PC1 ve PC2) toplam varyansın %60.39'unu açıklamaktadır (Şekil 4.2, 4.3). Lokalite ve eşey farklılığı bağlamında Genelleştirilmiş Linear Mixed Model analizi ile PC1 bağımlı değişken, lokalite ve eşey bağımsız etkenler ve her bireyin künyesi ise random faktör olarak analize dahil edilmiştir.

Çizelge 4.1 I. autumnalis'in beş farklı popülasyonun'dan alınan morfolojik verilerin Temel Bileşenler Analizinden elde edilen PC1 değeri üzerinde lokalite ve eşey farklılığının istatistiksel analizi.

Değişkenler	F	Df1	Df2	p
Model	56.893	5	116	<0.001
Lokalite	16.464	4	116	<0.001
Eşey	228.805	1	116	<0.001
Lokalite ve Eşey Bazında	Katsayı	SH	t	p
Krom Vadisi	-0.935	0.172	-5.4	<0.001
Pekün Dağı	-0.784	0.16	-4.91	<0.001
Pöske Dağı	-1.204	0.164	-7.36	<0.001
Vauk Dağı	-1.124	0.164	-6.88	<0.001
Eşey (Dişi)	1.513	0.1	15.13	<0.001



Şekil 4.2 Temel Bileşenler Analizinden elde edilen PC1 (Eigen değeri: 3.174) ve PC2 (Eigen değeri: 1.276) değeri

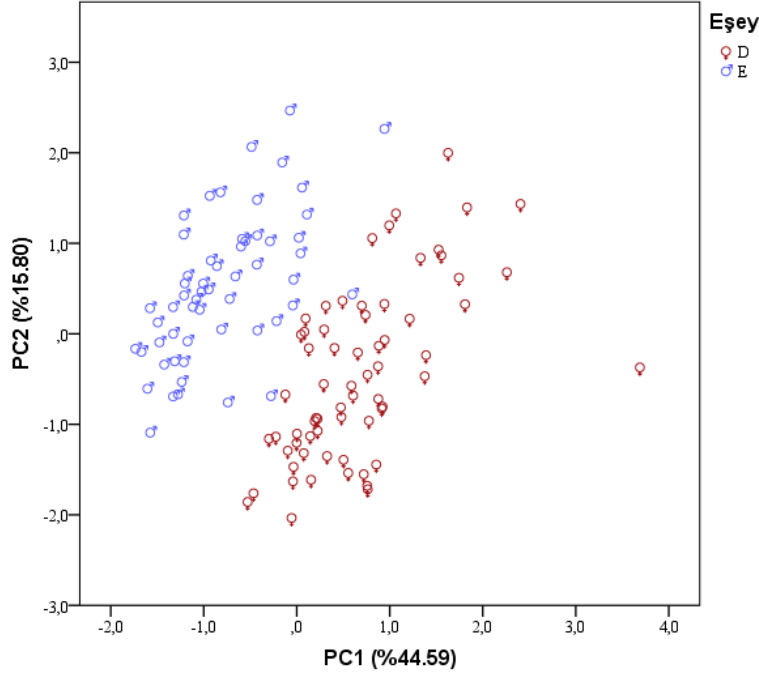


Şekil 4.3 Temel Bileşenler Analizinden elde edilen PC1 (Eigen değeri: 3.174) ve PC2 (Eigen değeri: 1.276) değeri üç boyutlu gösterimi

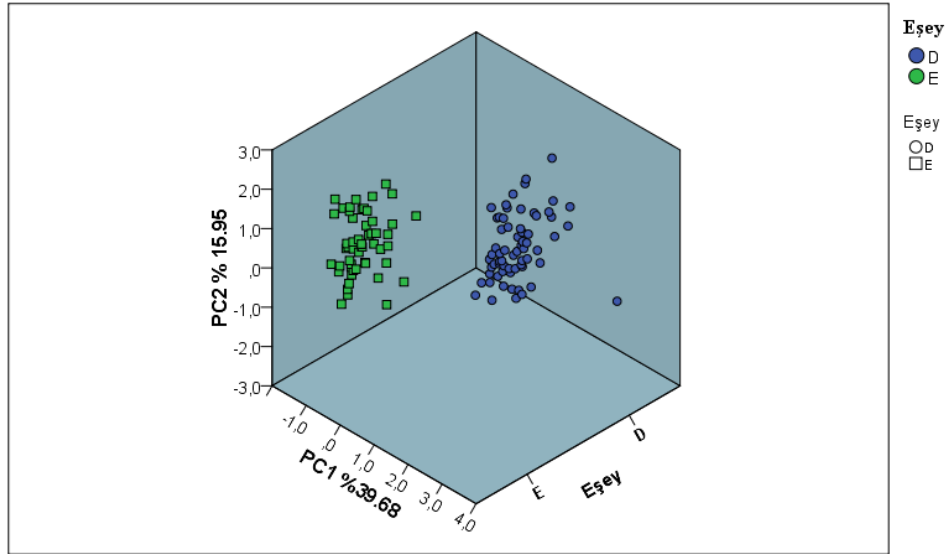
GLMM analizine göre genel olarak hem lokalite hem de eşey bazında morfolojik farklılıklar vardır. Ancak analizin detayına bakıldığında Zigana Dağı popülasyonunun diğer popülasyonlardan farklı olduğu açık bir şekilde görülmektedir. Diğer popülasyonlar arasında anlamlı bir fark bulunmamaktadır. Dişiler erkeklere göre tüm popülasyonlarda daha iri vücuda sahiptir.

4.1.2. Eşeye Bağlı Morfolojik Karakterlerin Karşılaştırılması

Temel Bileşenler Analizi yöntemi ile elde edilen eşeye bağlı sonuçlara bakıldığında diş ve erke bireyler arasında farklılığın olduğu saptanmıştır ve eşeyler arasındaki morfolojik örüntüyü yaklaşık %60 düzeyinde açıklamaktadır (Şekil 4.4, Şekil 4.5). Buda eşeyler arasında eşeysel dimorfizmin olduğunu kanıtlar.



Şekil 4.4 Temel Bileşenler Analizinden elde edilen PC1 (Eigen değeri: 3.174) ve PC2 (Eigen değeri: 1.276) değeri



Şekil 4.5 Temel Bileşenler Analizinden elde edilen PC1 (Eigen değeri: 3.174) ve PC2 (Eigen değeri: 1.276) değeri üç boyutlu gösterimi

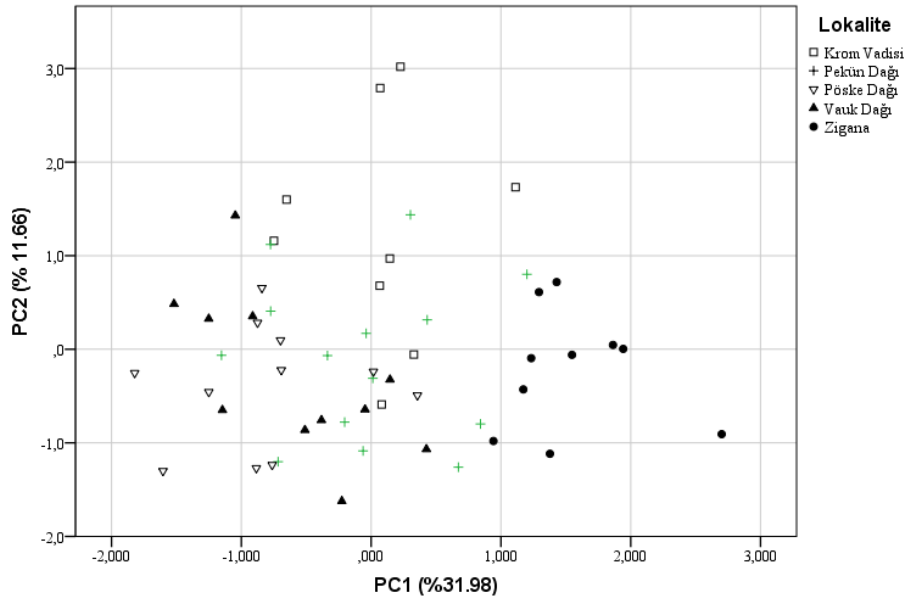
4.1.3. Allopatrik Popülasyonlarda Erkek Bireylerde Morfolojik Karakterlerin Karşılaştırılması

Erkek bireylerde temel morfolojik yapıların (fastigium uç kısmı, fastigium kaide, iki göz arasındaki mesafe, pronotum boy, en ve yan uzunlukları, sol femur uzunluğu, sol kanat ve subgenital plaka uzunlukları) yanı sıra ses organı uzunluğu, distal kenar ve proksimal kenarlarla ses organının standart uzunluğu Temel bileşenler analizinde değerlendirilmiştir. GLMM analizinde PC1 (toplam varyasyonun

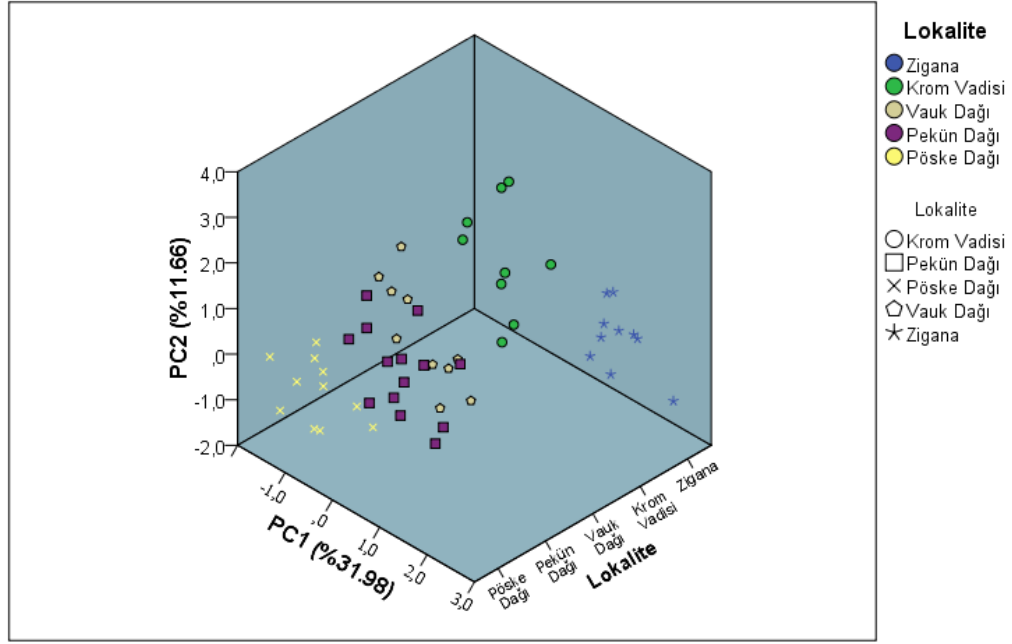
%31.98'ini açıklıyor) bağımlı değişken lokalite değişkenler ve bireylerin künyeleri de random faktör olarak analize dahil edilmiştir. Sonuçta analize sadece erkekler dahil edildiğinde de morfolojik veriler PC1 (Eigen değeri: 4.157) bazında diğer lokalitelere ait popülasyonların Zigana dağı popülasyonundan ayrıştığı görülmektedir (Şekil 4.6, Şekil 4.7, Çizelge 4.2).

Çizelge 4.2 I. autumnalis'in beş farklı popülasyonun'dan alınan morfolojik verilerin Temel Bileşenler Analizinden elde edilen istatistiksel analizi.

Değişkenler	F	Df1	Df2	p
Model	23.72	4	50	<0.001
Lokalite	23.72	4	50	<0.001
Lokalite ve Eşey Bazında	Katsayı	SH	t	p
Krom Vadisi	-1.48	0.281	-5.28	<0.001
Pekün Dağı	-1.593	0.253	-6.301	<0.001
Pöske Dağı	-2.374	0.267	-8.898	<0.001
Vauk Dağı	-2.138	0.267	-8.017	<0.001

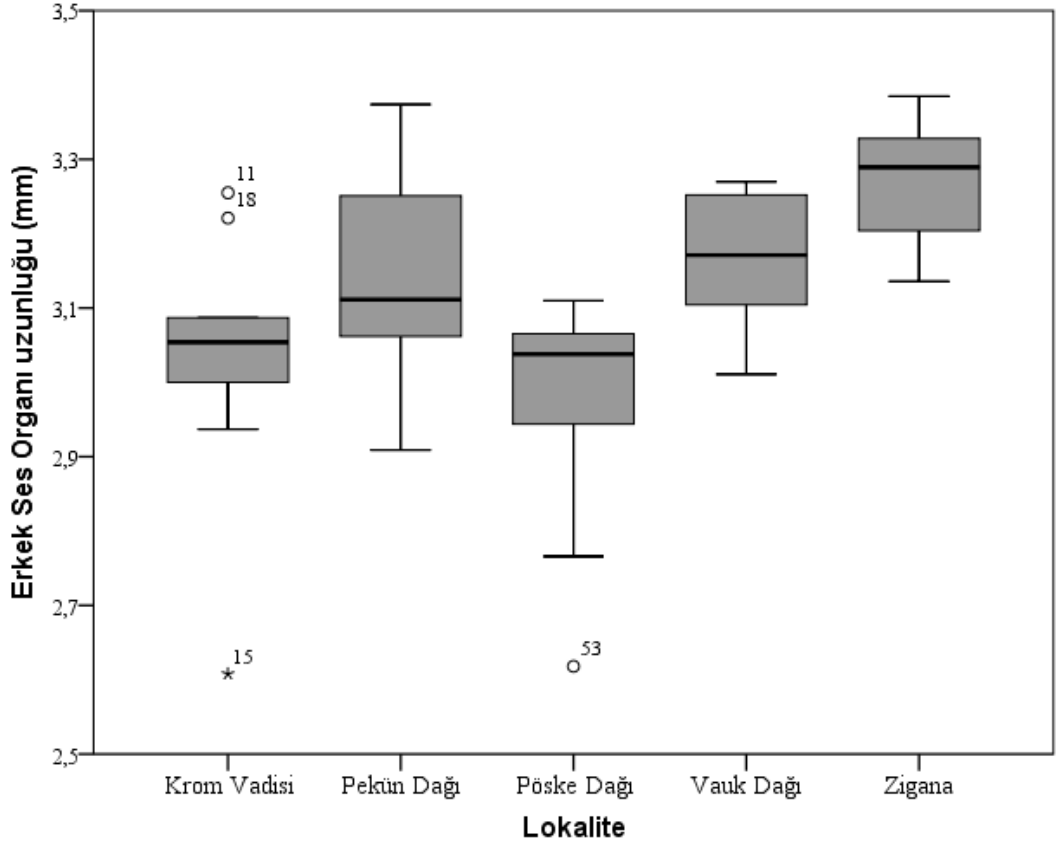


Şekil 4.6 I autumnalis'in beş farklı popülasyonunda sadece erkeklere ait morfolojik veriler Temel Bileşenler Analizine dahil edildiğinde elde edilen PC1 (Eigen değeri: 4.157) ve PC2 (Eigen değeri: 1.515) değeri göre dağılım durumu



Şekil 4.7 *I autumnalis*'in beş farklı popülasyonunda sadece erkeklere ait morfolojik veriler Temel Bileşenler Analizine dahil edildiğinde elde edilen PC1 (Eigen değeri: 4.157) ve PC2 (Eigen değeri: 1.515) değerine göre üç boyutlu görünüm

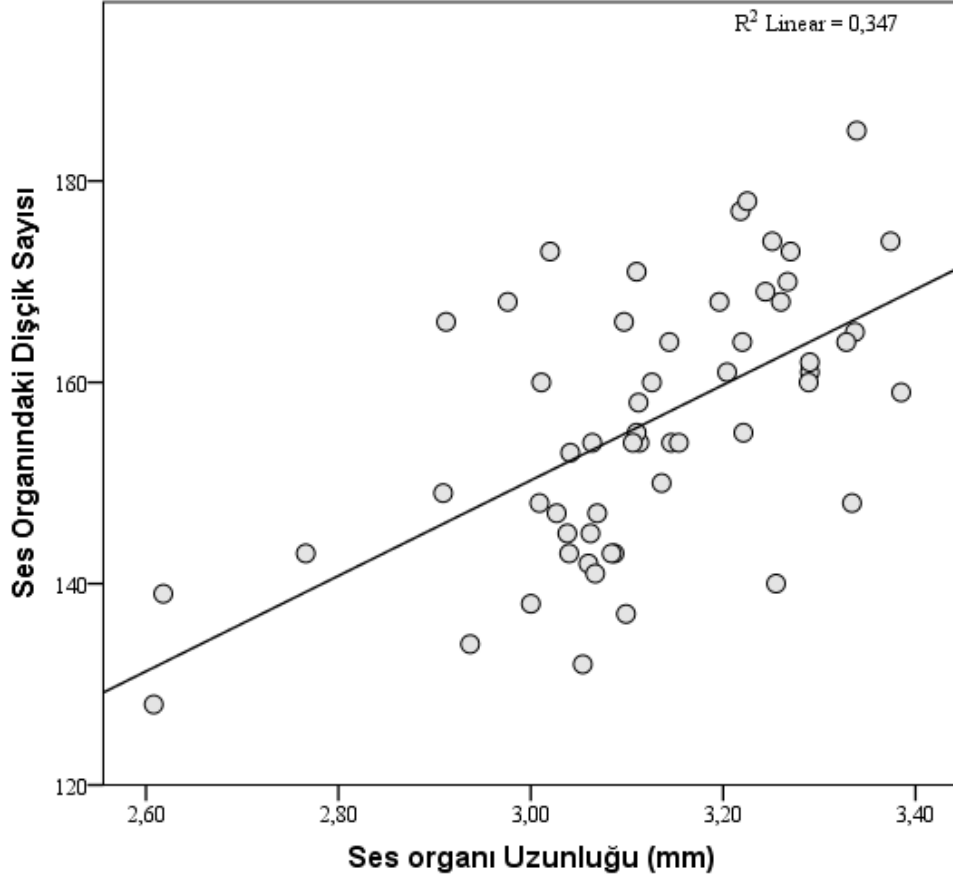
Erkek organı uzunluğu genel olarak popülasyonlar arasında farklılık gösterse de (ANOVA, $F=8.016$, $p<0.001$, $n=55$). Allopatrik popülasyonların tamamı birbirinden farklılık göstermemiştir. Zigana dağı popülasyonu sadece Pöske dağı popülasyonundan net bir şekilde ayrılırken (ANOVA, Tamhane, $p=0.001$), Krom Vadisi popülasyonundan neredeyse farklıdır (ANOVA, Tamhane, $p=0.05$). Vauk Dağı popülasyonu ile Pöske Dağı popülasyonu arasında anlamlı bir fark bulunmuştur (ANOVA, Tamhane, $p=0.019$). Pekün Dağı hiçbir popülasyondan farklılık göstermezken, Pöske Dağı, Vauk ve Zigana popülasyonlarından farklıdır (Şekil 4.8).



Şekil 4.8 Erkek ses organı uzunluğuna göre beş farklı lokasyondaki popülasyonlara ait boxplot grafiği

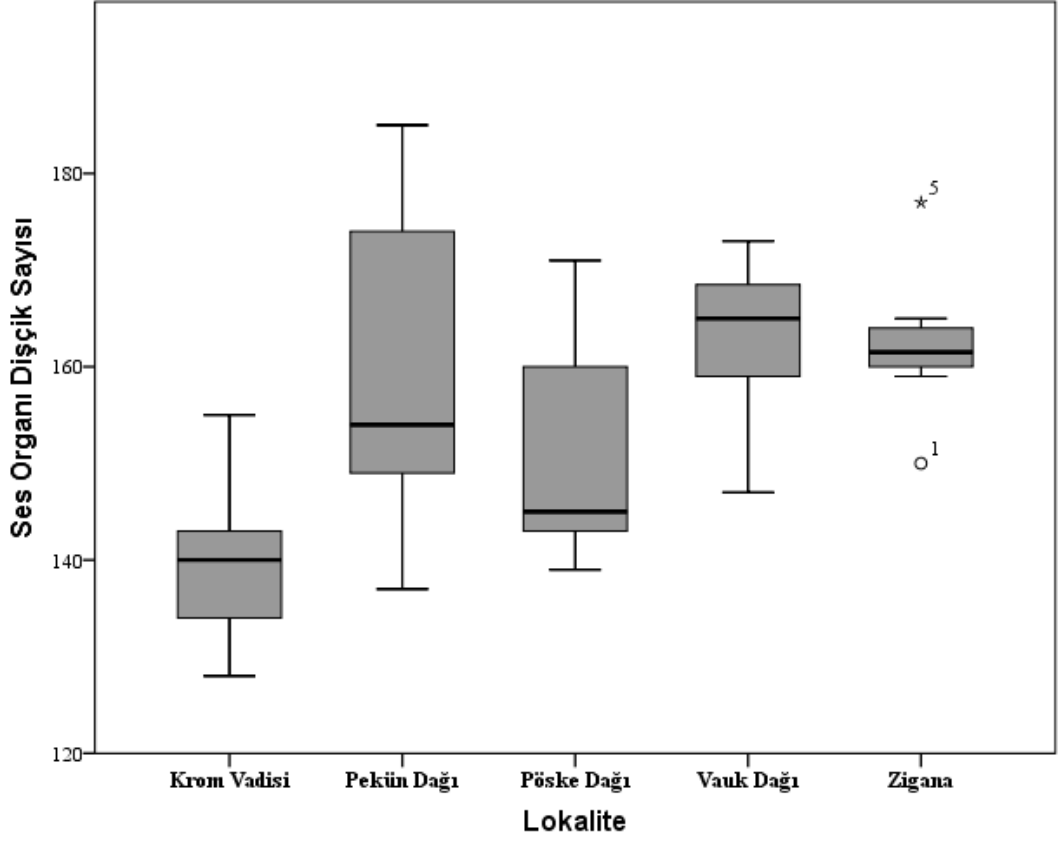
Erkek Bireylerdeki Ses Organındaki Dişçik Sayısı ve Ses Organı Uzunluğunun Karşılaştırılması

Erkek bireylerde kanatlarda bulunan ses organları kanatlar birbirine sürtündükçe erkek çağrı sesini oluşturur. Kanatta bir damar yapısı gibi gözükten ses organı ve ses organını oluşturan dişçikler erkek bireyin karakteristik çağrı sesi önemlidir ve kimliğini oluşturur (Walker, 1962).Allopatrik popülasyonlarda ses organı uzunluğu ile ses organında bulunan dişçik sayısının birbiri ile orantılı olduğu saptanmıştır (Şekil 4.9).



şekil 4.9 Erkeklerde ses organı uzunluğu ile organdaki dişçik sayısı pozitif ilişkili olarak bulunmuştur ($F= 28.68$, $p<0.001$)

Erkeklerde ses organındaki dişçik sayıları popülasyonlar arasında genel olarak farklılık göstermiştir ($F=8.419$, $p<0.001$, $n=55$). Zigana ve Krom Vadisi popülasyonları dişçik sayısı bakımından farklılık gösterdiği tespit edilmiştir ($p<0.001$). Krom Vadisi Pöske Dağı hariç diğer popülasyonlardan farklı olduğu anlaşılmıştır ($p=0.001$). Pöske Dağı popülasyonunda dişçik sayısı diğer popülasyonlardan farklılık göstermemiştir (şekil 4.10).



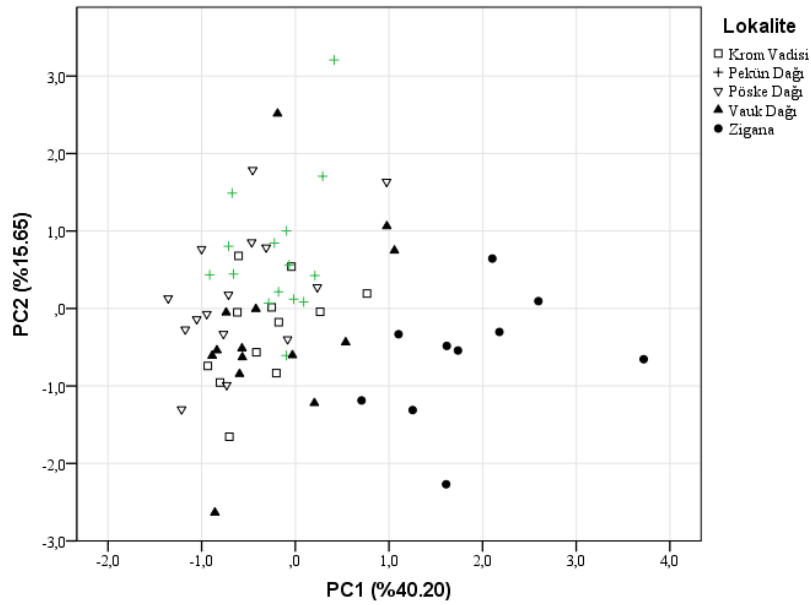
Şekil 4.10 Erkek ses organı dişçik sayılarına göre beş farklı lokasyondaki popülasyonlara ait boxplot grafiği.

4.1.4. Allopatrik Popülasyonlarda Dişi Bireylerde Morfolojik Karakterlerin Karşılaştırılması

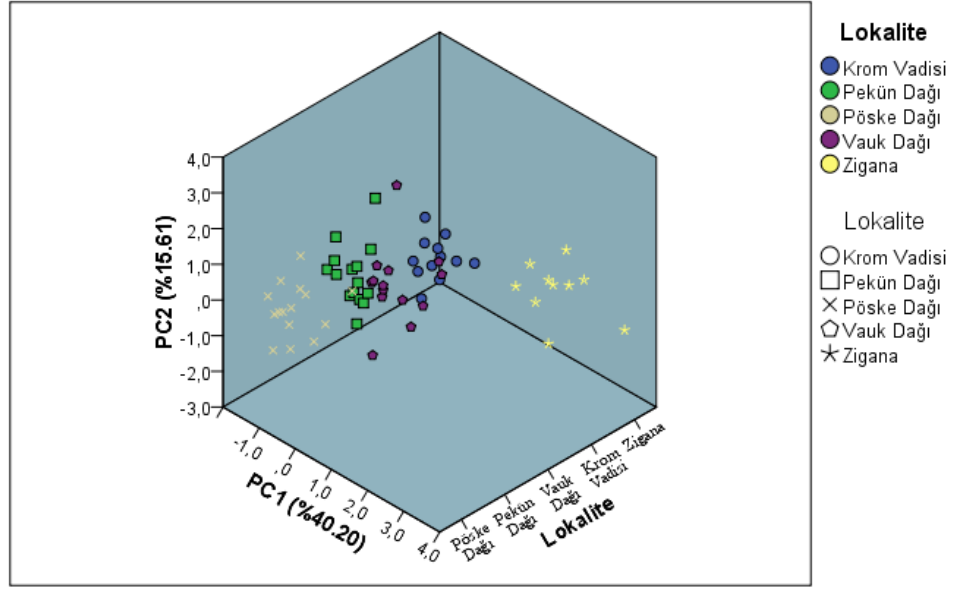
Sadece dişiler bazında lokalitelerden elde edilen morfolojik karakterlerin (Fastigium uç, fastigium kaide, iki göz arasındaki mesafe, pronotum boy, en ve yan uzunlukları, sol femur, subgenital plaka, ovipositor) uzunluk verileri Temel Bileşenler Analizi yöntemi elde edilen PC1 (toplam varyasyonun %40.05'ini açıklıyor) GLMM modelinde bağımlı değişken olarak analize dahil edilmiştir. Lokale değişken ve bireylerin künyesi random faktör olarak analize dahil edilmiştir. Sonuç hem genel (erkek ve dişi dahil) hem de sadece erkeklerin olduğu analizde benzer sonuçlar elde edilmiş, Zigana popülasyonunun ayrıştığı saptanmıştır (Şekil 4.11, Şekil 4.12, Çizelge 4.3).

Çizelge 4.3 *I. autumnalis*'in beş farklı popülasyonun'dan alınan morfolojik verilerin Temel Bileşenler Analizinden elde edilen istatistiksel analizi

Değişkenler	F	Df1	Df2	p
Model	28.819	4	61	<0.001
Lokalite	28.819	4	61	<0.001
Lokalite ve Eşey Bazında	Katsayı	SH	t	p
Krom Vadisi	-2.173	0.26	-8.36	<0.001
Pekün Dağı	-2.057	0.248	-8.297	<0.001
Pöske Dağı	-2.467	0.248	-9.952	<0.001
Vauk Dağı	-2.071	0.251	-8.238	<0.001

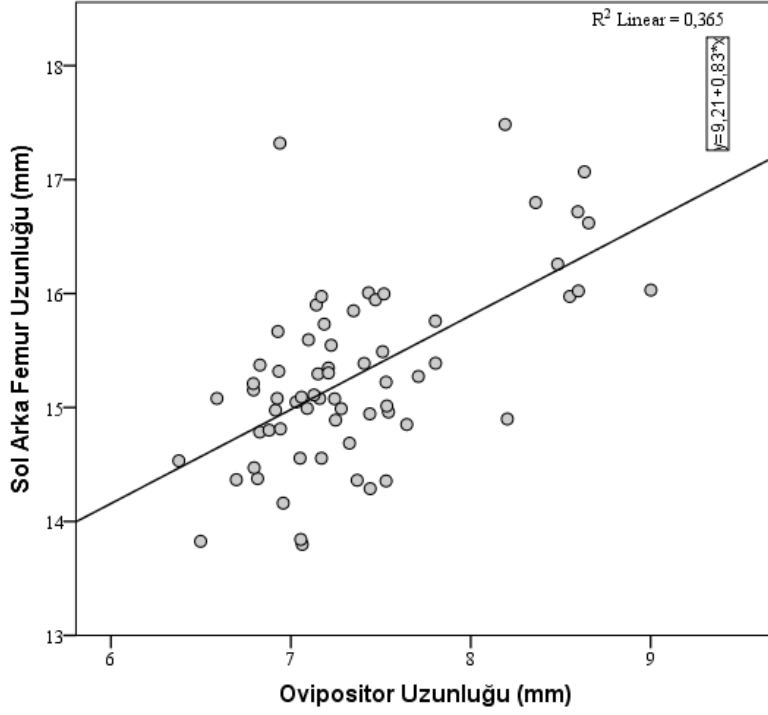


Şekil 4.11 *I. autumnalis*'in beş farklı popülasyonunda sadece dişi bireylere ait morfolojik veriler Temel Bileşenler Analizine dahil edildiğinde elde edilen değerine göre dağılım durumu



Şekil 4.12 *I autumnalis*'in beş farklı popülasyonunda sadece dişi bireylere ait morfolojik veriler Temel Bileşenler Analizine dahil edildiğinde elde edilen değerine göre dağılımını gösteren üç boyutlu grafik

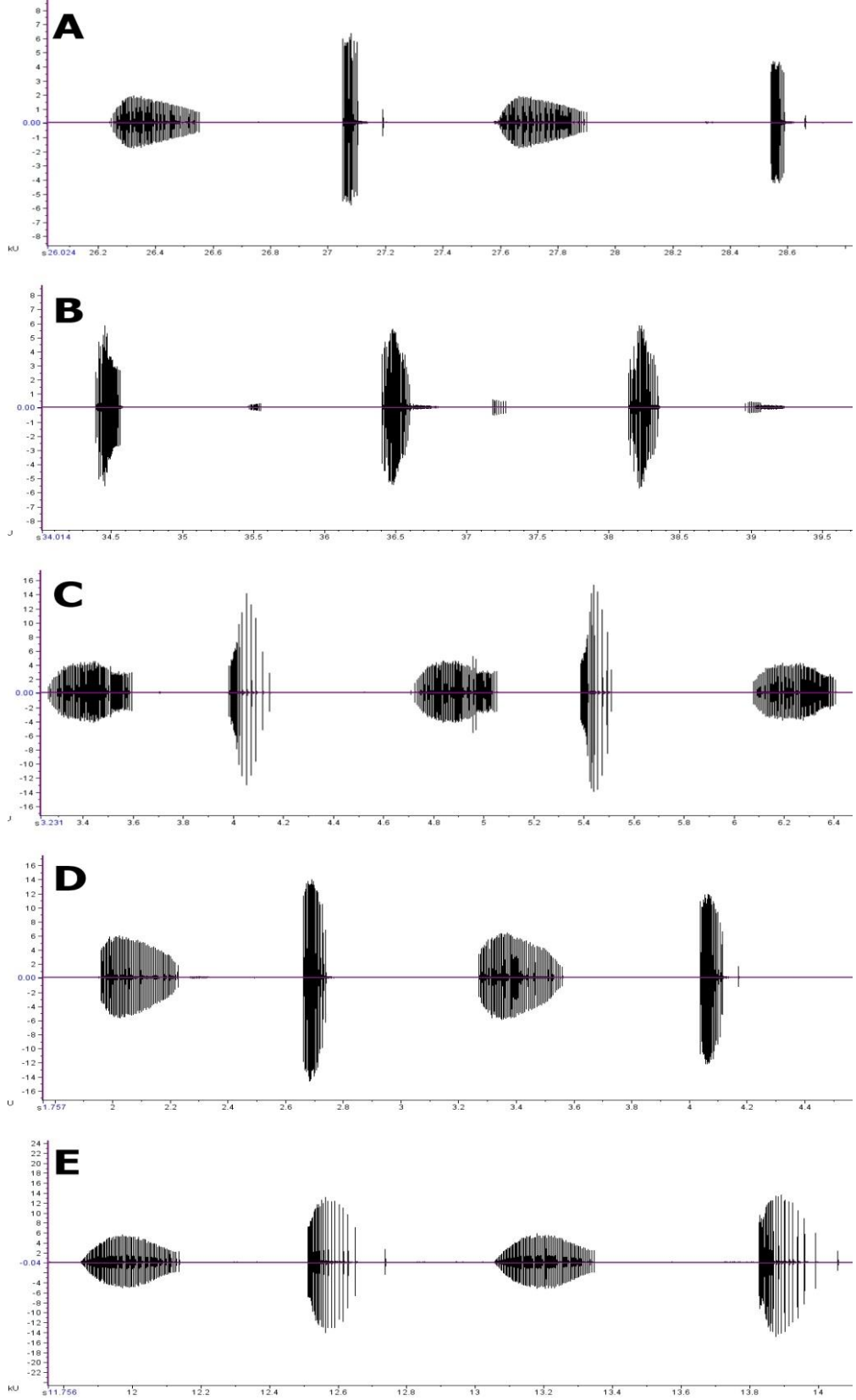
Dişi bireylerde arka femur uzunluğu ile ovipositor uzunlukları bazında popülasyonlar arasında bir farklılık görülmemiştir ($F=36.75$, $p<0.001$, $N=66$). Dişi bireyler de daha uzun arka femura sahip bireyler daha iri vücut yapısına sahip olduklarından daha uzun ovipositora sahip oldukları görülmüştür (Şekil 4.13).



Şekil 4.13 Dişi bireylerde sol arka femur ve ovipositor uzunluğunun paralel olduğunu gösteren grafik (F=36.75, p<0.001, N=66)

4.2. Erkek Çağrı Sesi Karakterlerinin Analizi

Pek çok böcek türü uzmanlaşmış ses üreten ve alan organlara sahiptir. Çalı çekirgeleri grubunda Orthoptera grubu içerisinde karakteristiktir (Thomas ve Wolker, 1957). Bu tez çalışmasındaki allopatrik türlerin örnek ses karakterleri birbirinden farklılık göstermektedir (Şekil 4.14).



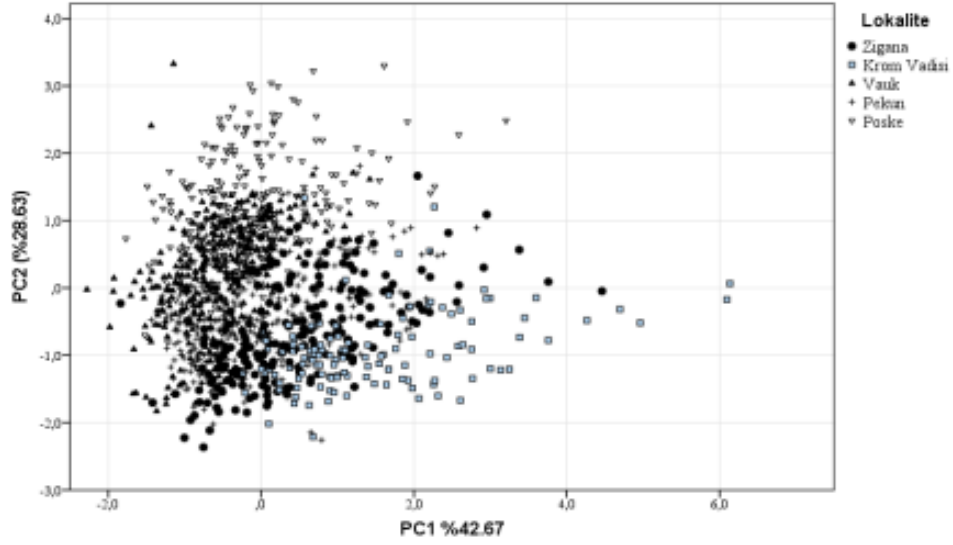
Şekil 4.14 Allopatrik popülasyonlara ait erkek bireylerin örnek ses kayıtları. (A), Zigana Dağı,(B), Krom Vadisi, (C), Pöske Dağı, (D), Pekün Dağı, (E), Vauk Dağı

4.2.1. Allopatrik Popülasyonlarda Erkek Çağrı Seslerine Ait Temporal (zamansal) Özelliklerin Ölçümlerinin Karşılaştırılması

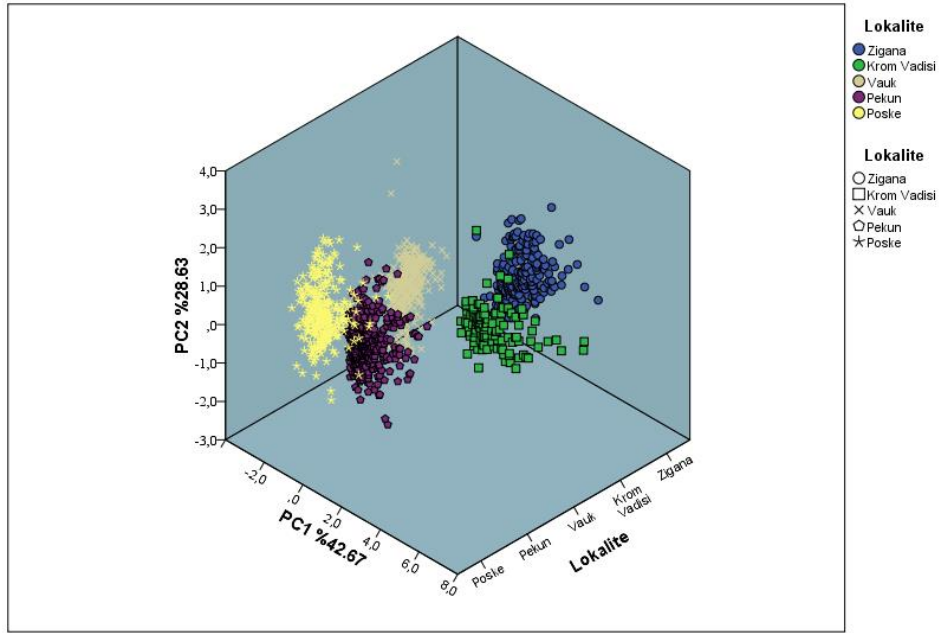
I.autumnalis'e ait beş farklı popülasyonda Temel Bileşenler Analizinden elde edilen erkek çağrı seslerine ait temporal özelliklerine ilişkin (sadece erkek çağrı seslerine ait zamansal ölçümler) komponentlerin ANOVA ile karşılaştırılması (Alanlardan ölçülen erkek çağrı ses sayıları: Pöske (N)=298; Vauk (N)=314; Pekun (N)=350; Krom (N)=126; Zigana (N)=219) şeklindedir. Pöske ve Pekun popülasyonları hariç (PöskeXPekun, $p=1.000$) diğer popülasyonların arasında önemli derecede farklılık bulunmuştur(Şekil 4.15, Şekil 4.16, Çizelge 4.4), (ANOVA, Tamhane test, PöskeXVauk, $p<0.001$, PöskeXKrom, $p<0.001$, PöskeXZigana, $p<0.001$, VaukXPekun, $p<0.001$, VaukXKrom, $p<0.001$, VaukXZigana, $p<0.001$, PekunXKrom, $p<0.001$, PekunXZigana, $p<0.001$, KromXZigana, $p<0.001$).

Çizelge 4.4 Beş farklı lokasyondan kaydedilen erkek çağrı seslerinin sadece zamansal karakterlerin karşılaştırması

Değişkenler	df	F	p
Model/Intercept (Wilks' Lambda)	2	87.723	<0.001
Lokalite (Wilks' Lambda)	8	275.95	<0.001
Post-Hoc Test (Tamhane)		Shata	p
PöskeXVauk		0.053	<0.001
PöskeXPekun		0.06	1
PöskeXKrom		0.116	<0.001
PöskeXZigana		0.076	<0.001
VaukXPekun		0.063	<0.001
VaukXKrom		0.086	<0.001
VaukXZigana		0.072	<0.001
PekunXKrom		0.086	<0.001
PekunXZigana		0.07	<0.001
KromXZigana		0.091	<0.001



Şekil 4.15 Erkek çağrı seslerine ait temporal özelliklerine ilişkin verilere ait Temel Bileşenler Analizi yöntemiyle elde edilmiş Temel Komponentlerin (PC1- Eigen değeri: 2.134, PC2- Eigen değeri: 1.432) alanlara göre dağılımı.

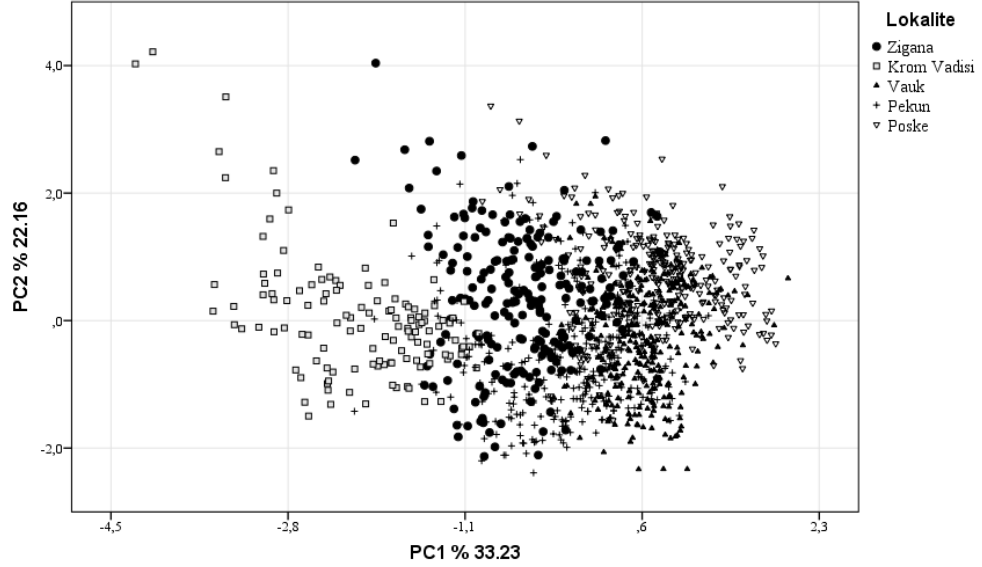


Şekil 4.16 Erkek çağrı seslerine ait temporal özelliklerine ilişkin verilere ait Temel Bileşenler Analizi yöntemiyle elde edilmiş Temel Komponentlerin (PC1- Eigen değeri: 2.134, PC2- Eigen değeri: 1.432) alanlara göre dağılımını gösteren üç boyutlu dağılım

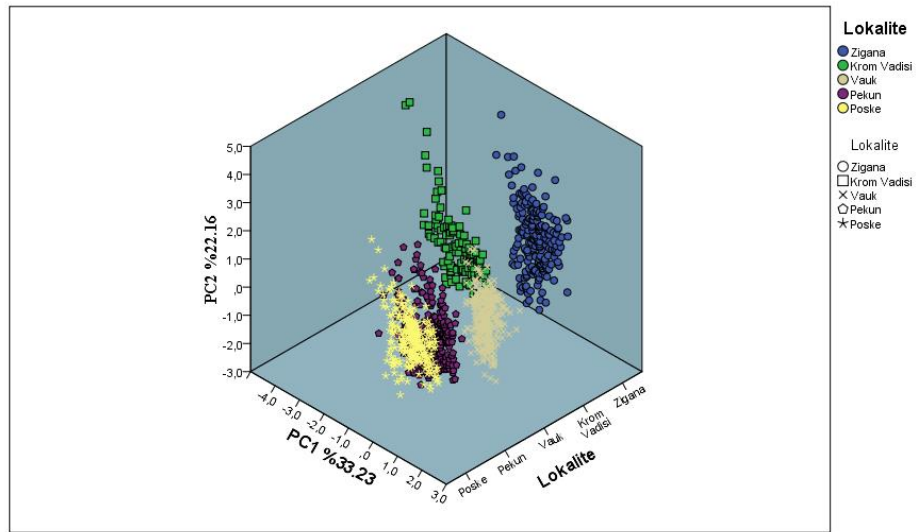
4.2.2. Allopatrik Popülasyonlarda Erkek Çağrı seslerine Ait Temporal (Zamansal) ve Hece İmpuls Sayılarının Karşılaştırılması

I. autumnalis'e ait beş farklı popülasyonda Temel Bileşenler Analizinden elde edilen erkek çağrı seslerine ait (sesin zamansal ve hecelerdeki impuls sayılarına ait özellikler) komponentlerin MANOVA ile karşılaştırılması (Alanlardan ölçülen erkek

çağrı ses sayıları: Pöske (N)=298; Vauk (N)=314; Pekun (N)=350; Krom (N)=126; Zigana (N)=219) sonucunda (PöskeXPekun=1.000) popülasyonları hariç diğer popülasyonlarda (ANOVA ,Tamhane test, PöskeXKrom $p<0.001$, PöskeXZigana $p<0.001$, VaukXPekün $p<0.001$, VaukXKrom $p<0.001$, VaukXZigana $p<0.001$, PekünX Krom $p<0.001$, PekünXZigana $p<0.001$, KromXZigana $p<0.001$) anlamlı farklılıklar görülmüştür (Şekil 4.17, Şekil 4.18, Çizelge 4.5).



Şekil 4.17 Erkek çağrı seslerine ait temporal özelliklerine ve hece impuls sayılarına ilişkin verilere ait Temel Bileşenler Analizi yöntemiyle elde edilmiş Temel Komponentlerin (PC1-Eigen değeri: 2.99, PC2- Eigen değeri: 1.99) alanlara göre dağılımı



Şekil 4.18 Erkek çağrı seslerine ait temporal özelliklerine ve hece impuls sayılarına ilişkin datalara ait Temel Bileşenler Analizi yöntemiyle elde edilmiş Temel Komponentlerin (PC1-Eigen değeri: 2.99, PC2- Eigen değeri: 1.99) alanlara göre dağılımı gösteren üç boyutlu grafik

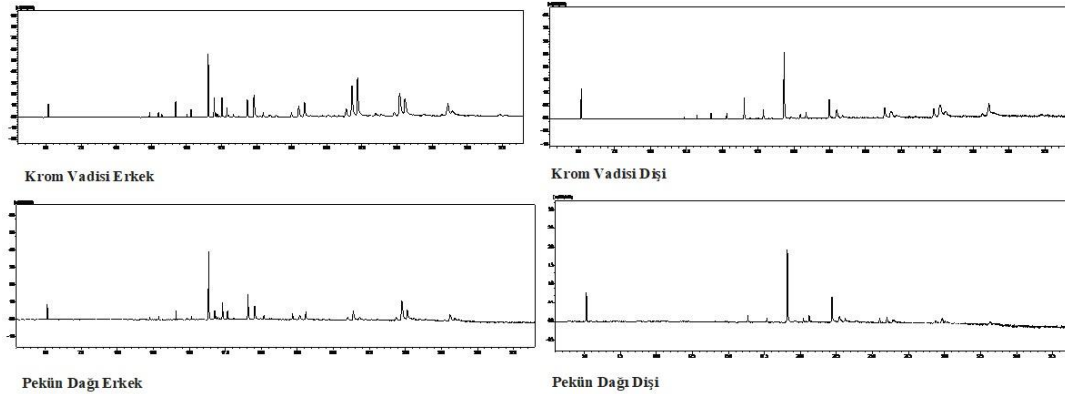
Çizelge 4.5 I.autumnalis'e ait beş farklı popülasyonda Temel Bileşenler Analizinden elde edilen erkek çağrı seslerine ait (sesin zamansal ve hecelerdeki impuls sayılarına ait özellikler) komponentlerin MANOVA ile karşılaştırılması (Alanlardan ölçülen erkek çağrı ses sayıları: Pöske (N)=298; Vauk (N)=314; Pekun (N)=350; Krom (N)=126; Zigana (N)=219). Farklılık göstern popülasyonlar bold ile gösterilmiştir.

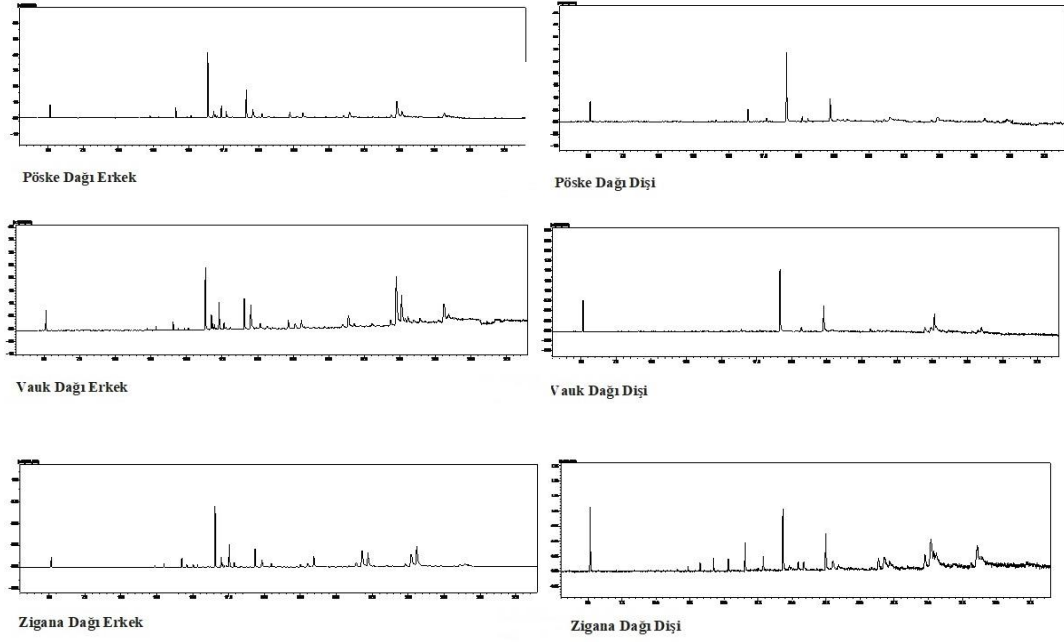
Değişkenler	df	F	p
Model/Intercept (Wilks' Lambda)	2	147.72	<0.001
Lokalite (Wilks' Lambda)	8	353.55	<0.001
Post-Hoc Test (Tamhane)		Shata	p
PöskeXVauk		0.038	0.004
PöskeXPekun		0.045	1
PöskeXKrom		0.07	<0.001
PöskeXZigana		0.048	<0.001
VaukXPekun		0.039	<0.001
VaukXKrom		0.066	<0.001
VaukXZigana		0.061	<0.001
PekunXKrom		0.071	<0.001
PekunXZigana		0.048	<0.001
KromXZigana		0.072	<0.001

4.3. Kutikular Hidrokarbon Analizi

4.3.1. Allopatrik Popülasyonlarda Erkek ve Dişi Bireylerde KHK Analizlerinin Karşılaştırılması

Çalışmamız da beş farklı lokasyondan topladığımız ve -80 derecede muhafaza ettiğimiz bireyler GC-MS cihazında toplamda 123 bireyde çalışıldı. Kutikular hidrokarbon konsatrasyonu ve var olup olamama oranı hem dişi ve erkek birey de hemde allopatrik popülasyonlar arasında farklılık göstermektedir (Şekil 4.19). KHK piklerine örnek olarak alıkanma zamanlarına göre KHK çeşitleri (Çizelge 4.6) gösterilmiştir.





Şekil 4.19 Allopatrik popülasyonlara ait dişi ve erkek bireylere ait anlamlı KHK pikleri

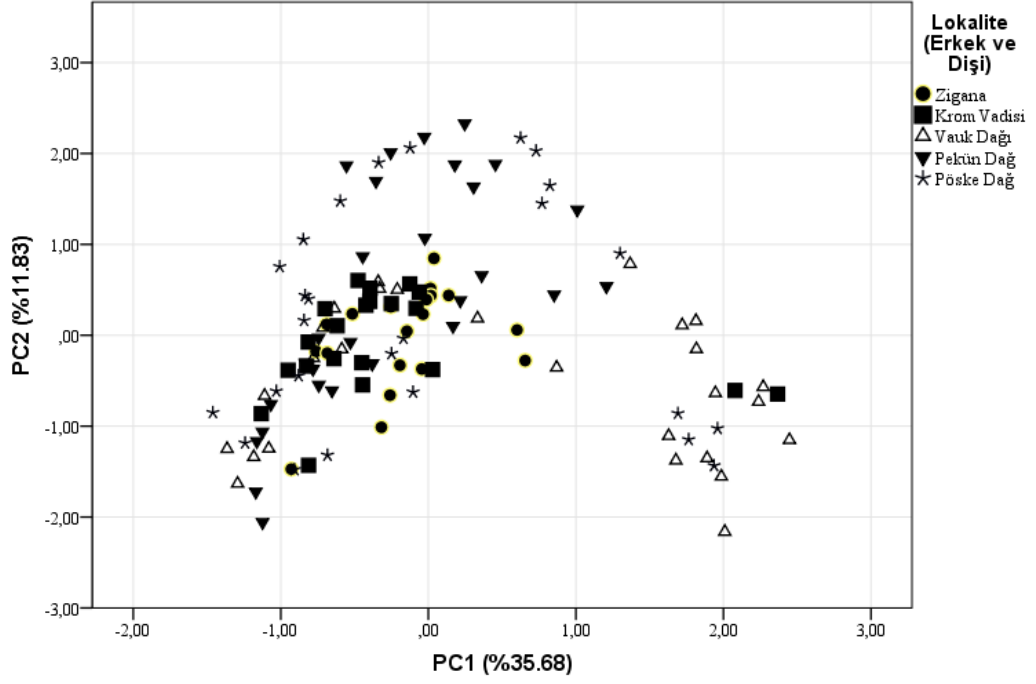
Çizelge 4.6 I. autumnalis erkek bir bireyde alıkonma zamanlarına göre tespiti yapılan piklere denk gelen KHK çeşitleri

Pik	Alıkonma Zamanı	MW	Alan	% Alan	İsim	C sayısı	Kategori
1	5.104	212	1695019	4.03	Pentadekan	15	Alkan
2	14.075	352	1288710	3.07	Pentakosan	25	Alkan
3	16.372	380	6117516	14.55	Heptakosan	27	Alkan
4	16.793	380	1156083	2.75	2-Metilheksakosan	27	Dallanmış alkan (monomethyl)
5	17.346	380	2869181	6.83	2-Metilheksakosan	27	Dallanmış alkan (monomethyl)
6	19.138	408	1544172	3.67	Nonakosan	29	Alkan
7	19.602	408	2105455	5.01	2-Metiloktakosan	29	Dallanmış alkan (monomethyl)
8	20.268		562407	1.34	C29	29	Belirsiz
9	22.275	436	1443760	3.44	3,11-Dimetilnonakosan	31	Dallanmış alkan (Dimethyl)
10	22.749	436	756989	1.8	3,11-Dimetilnonakosan	31	Dallanmış alkan (Dimethyl)
11	23.208	436	1625834	3.87	3,11-Dimetilnonakosan	31	Dallanmış alkan (Dimethyl)
12	26.13	464	1221087	2.91	Tritriakontan	33	Alkan
13	26.557	464	5721833	13.61	Tritriakontan	33	Alkan
14	26.974	464	3799491	9.04	Tritriakontan	33	Alkan
15	29.561	492	1016037	2.42	Pentatriakontan	35	Alkan
16	29.962	506	5848549	13.91	Hezatriakontan	36	Alkan
17	30.17	506	592056	1.41	Hezatriakontan	36	Alkan
18	30.362	506	2666632	6.34	Hezatriakontan	36	Alkan

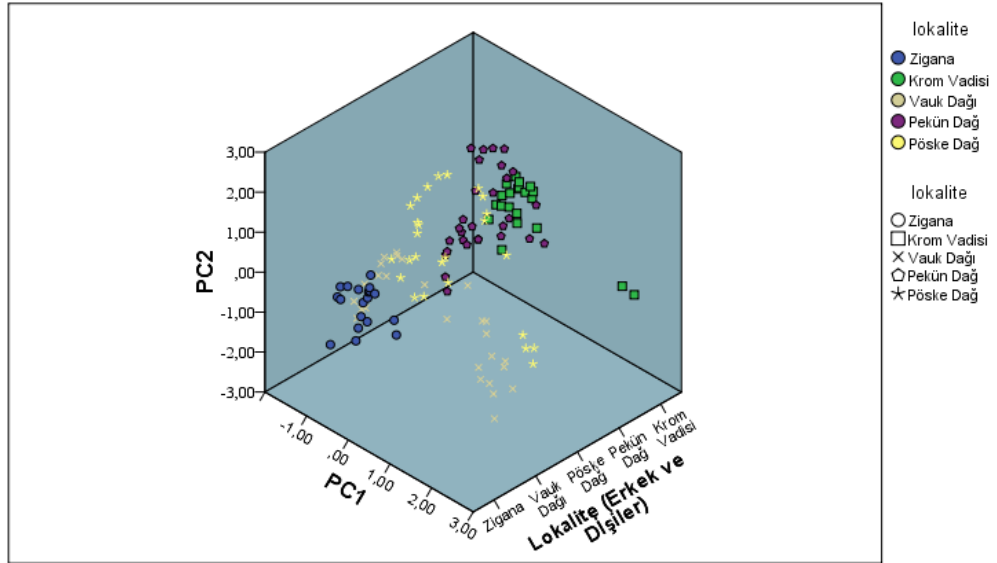
Allopatrik popülasyonların ANOVA ile karşılaştırılması sonucu (PC1, PC2, PC3, PC4) komponenti verisine dayalı olarak türün tip lokalitesi olan Zigana popülasyonunun diğer popülasyonlardan PC3 komponenti bazında farklı olduğu ortaya çıkmıştır. Genel lokaliteler anlamında PC1, PC2 ve PC3 KHK popülasyonlar arasında farklılık göstermiştir. Ancak Post-hoc testleri lokaliteler arasında önemli bir farklılığı tam olarak yansıtmamıştır (Şekil 4.20, 4.21). Beş farklı lokaliteden toplanan toplam 123 bireye ait 20 KHK değişkeni (pikler) üzerinde KHK fenotiplerinin karşılaştırılması amacıyla Temel Bileşenler Analizi (TBA) uygulandı. Elde edilen değerlerden ilk dördünün lokaliteler arasında farklılık gösterip göstermediği ANOVA analizi ile belirlendi, ZiganaXPekün ve ZiganaXPöskenin diğer lokalitelerden farklılaştığı görülmüştür (Çizelge 4.7).

Çizelge 4.7 Temel bileşenler analizi ile 123 bireye ait 20 KHK değişkeni (pikler) üzerinde KHK fenotiplerinin karşılaştırılması. Farklılık gösteren lokaliteler bold ile gösterilmiştir

Değişkenler	PC1		PC2		PC3		PC4	
	F _{4,122}	p	F _{4,122}	p	F _{4,122}	p	F _{4,122}	p
Lokalite	3.712	0.007	3.402	0.007	4.682	0.002	0.59	0.67
Tamhane post-hoc testi	p _{adj}		p _{adj}		p _{adj}		p _{adj}	
ZiganaXKromVadisi	1		1		0.007		0.998	
ZiganaXVaukDağı	0.087		0.123		0.018		1	
ZiganaXPekünDağı	1		0.696		<0.001		1	
ZiganaXPöskeDağı	0.999		0.996		<0.001		0.998	
KromVadisiXVaukDağı	0.115		0.245		1		0.949	
KromVadisiXPekünDağı	1		0.477		0.995		1	
KromVadisiXPöskeDağı	0.997		0.965		0.99		1	
VaukDağıXPekünDağı	0.053		0.013		1		1	
VaukDağıXPöskeDağı	0.509		0.129		1		1	
PekünDağıXPöskeDağı	0.985		1		1		0.993	



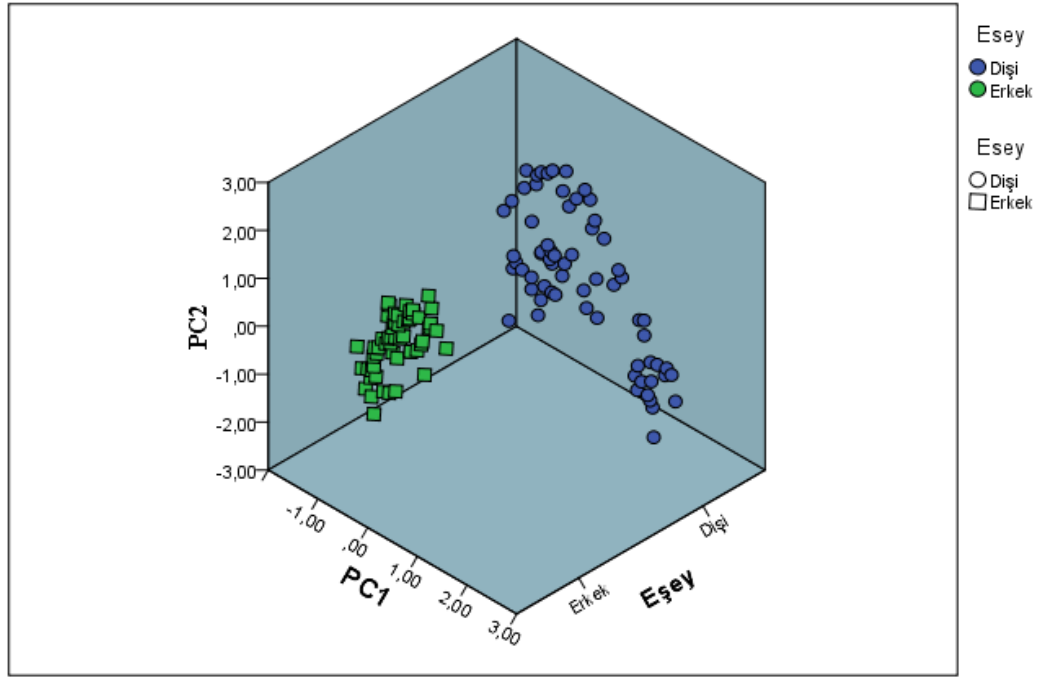
Şekil 4.20 Temel bileşenler analizi sonucu elde edilen komponentlerin (PC1 ve PC2) lokal popülasyonlar (erkek ve dişi bireyler dahil bazında karşılaştırılması)



Şekil 4.21 Temel bileşenler analizi sonucu elde edilen komponentlerin (PC1 ve PC2) lokal popülasyonlar (erkek ve dişi bireyler dahil) bazında üç boyutlu grafik gösterimi

4.3.2 Allopatrik Popülasyonlarda Eşeyler Arasında KHK Analizi Karşılaştırılması

Tüm lokalitelerden incelenen örnekler birlikte değerlendirildiğinde erkek ve dişilerin kutikular hidrokarbon profillerinde hem PC1 hem de PC2 bazında anlamlı bir farklılık bulunmuştur (Şekil 4.22, Çizelge 4.8).



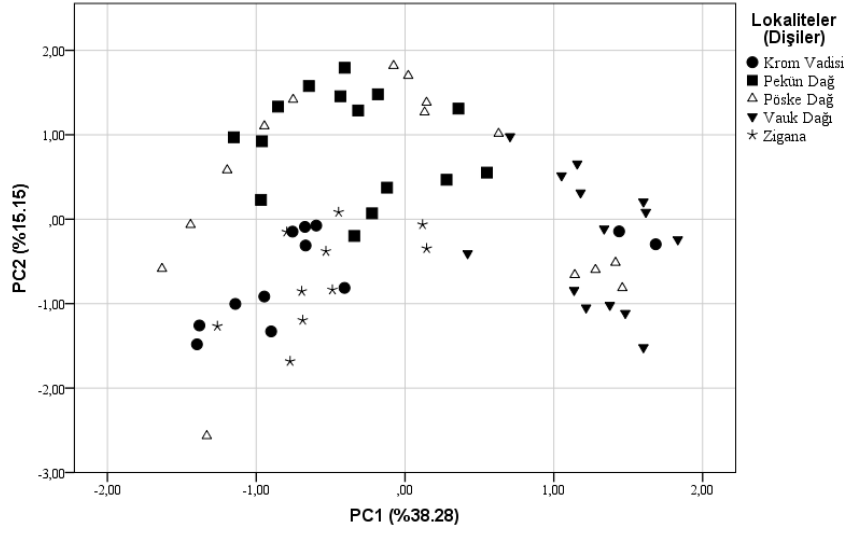
Şekil 4.22 Eşeyler arasında kutikular hidrokarbon karşılaştırılması

Çizelge 4.8 Temel bileşenler analizinden elde edilen PC değerlerinin eşeyler arasında karşılaştırılması

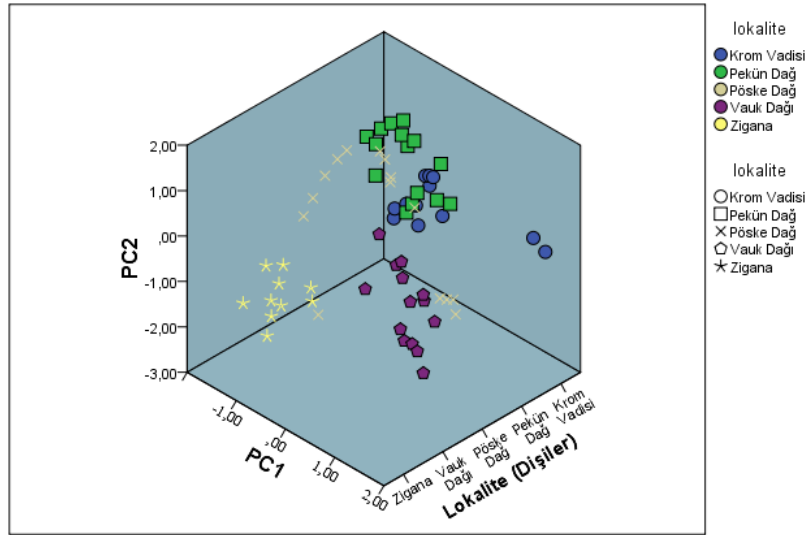
Değişkenler	PC1		PC2		PC3		PC4	
	F _{1,122}	p	F _{1,122}	p	F _{1,122}	p	F _{1,122}	p
Eşey	70.11	<0.001	8.91	0	0.15	0.7	0.48	0.49

4.3.3 Allopatrik Popülasyonlarda Dişi Bireylere Ait KHK Analizleri Karşılaştırılması

Sadece dişilerin KHK profilleri lokal popülasyonlar bazında karşılaştırıldığında özellikle Vauk Dağı popülasyonunun diğer popülasyonlardan önemli derecede farklı olduğu görülmüştür (Şekil 4.23, 4.24). Diğer taraftan Zigana popülasyonunun Pekün (PC2) ve Pöske (PC3,4) popülasyonlarından ayrıştığı anlaşılmıştır (çizelge 4.9). Pekün ve Pöske dağı popülasyonları hiçbir komponent için önemli bir farklılık göstermemiştir.



Şekil 4.23 *I. autumnalis*'in lokal popülasyonlarından sadece dişi bireyler analizinin karşılaştırılması



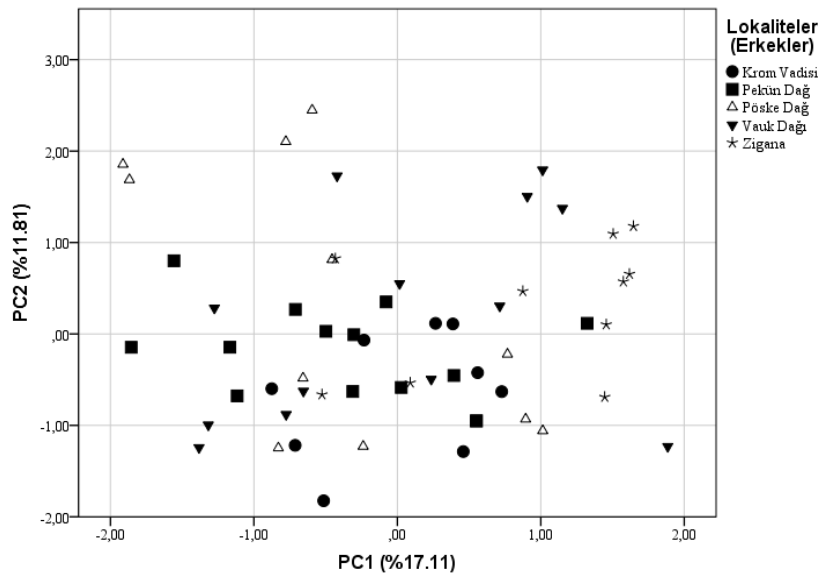
Şekil 4.24 *I. autumnalis*'in lokal popülasyonlarından sadece dişi bireyler analizinin üç boyutlu grafik gösterimi

Çizelge 4.9 Beş farklı lokasyona ait sadece dişi bireylere ait PC değerlerinin karşılaştırılması

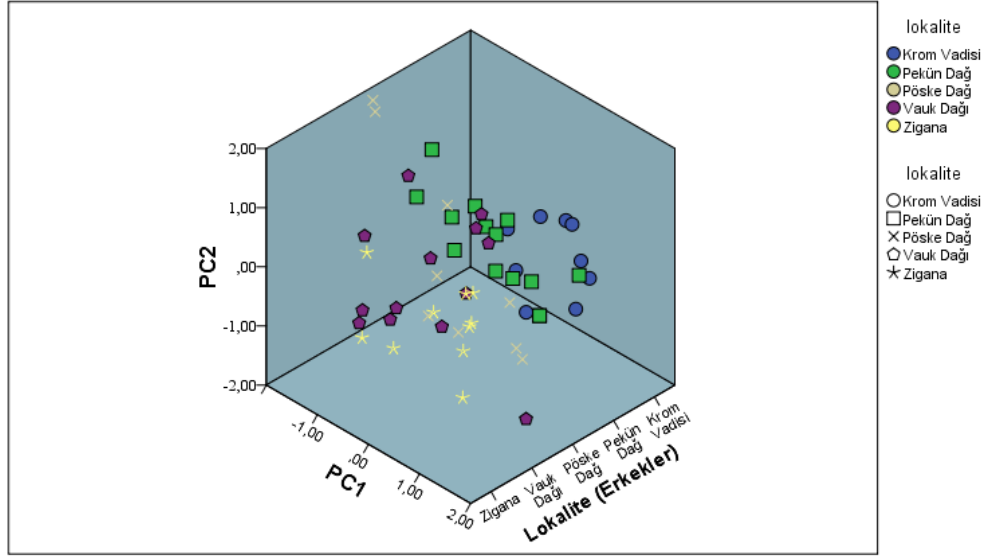
Değişkenler	PC1		PC2		PC3		PC4	
	F _{4,65}	p	F _{4,65}	p	F _{4,65}	p	F _{4,65}	p
Lokalite	13.19	<0.001	9.07	<0.001	2.17	0.08	3.47	0.01
Tamhane post-hoc testi	P _{adj}		P _{adj}		P _{adj}		P _{adj}	
<i>ZiganaXKromVadisi</i>	1		1		0.356		0.748	
<i>ZiganaXVaukDağı</i>	<0.001		0.791		0.481		0.184	
<i>ZiganaXPekünDağı</i>	0.985		<0.001		0.996		0.292	
<i>ZiganaXPöskeDağı</i>	0.812		0.151		0.193		0.003	
<i>KromVadisiXVaukDağı</i>	0.001		0.746		1		1	
<i>KromVadisiXPekünDağı</i>	1		<0.001		0.619		1	
<i>KromVadisiXPöskeDağı</i>	0.982		0.135		1		0.739	
<i>VaukDağıXPekünDağı</i>	<0.001		0.001		0.762		1	
<i>VaukDağıXPöskeDağı</i>	0.003		0.825		1		0.602	
<i>PekünDağıXPöskeDağı</i>	0.991		0.667		0.31		0.352	

4.3.4 Allopatrik Popülasyonlarda Erkek Bireylere Ait KHK Analizleri Karşılaştırılması

Sadece erkek bireylerin kutikular hidrokarbon profilleri analize tabi tutulduğunda ana lokasyonumuz olan Zigana popülasyonunun Pekün ve Pöske dağı popülasyonlarından önemli derecede farklı olduğu anlaşılmıştır ve PC4 komponenti bakımından Krom vadisi popülasyonu ile Pekün dağı popülasyonun da farklı olduğu görülmüştür (Şekil 4.25, Şekil 4.26, Çizelge 4.10).



Şekil 4.25 *I. autumnalis*'in lokal popülasyonlarından sadece erkek bireyler analizinin karşılaştırılması



Şekil 4.26 *I. autumnalis*'in lokal popülasyonlarından sadece erkek bireyler analizinin üç boyutlu grafik gösterimi

Çizelge 4.10 Allopatrik popülasyonlarda sadece erkek bireylere ait PC değerlerinin karşılaştırılması

Değişkenler	PC1		PC2		PC3		PC4	
	F _{4,56}	p	F _{4,56}	p	F _{4,56}	p	F _{4,56}	p
Lokalite	3.6	0.01	1.8	0.14	1.67	0.17	3.1	0.02
Tukey/Tamhane post-hoc testi	P _{adj}		P _{adj}		P _{adj}		P _{adj}	
<i>ZiganaXKromVadisi</i>	0.152		0.082		0.296		0.998	
<i>ZiganaXVaukDağı</i>	0.299		1		0.984		0.825	
<i>ZiganaXPekünDağı</i>	0.025		0.515		0.28		0.04	
<i>ZiganaXPöskeDağı</i>	0.037		1		0.594		0.986	
<i>KromVadisiXVaukDağı</i>	1		0.42		0.522		0.369	
<i>KromVadisiXPekünDağı</i>	0.961		0.732		1		0.002	
<i>KromVadisiXPöskeDağı</i>	0.943		0.492		0.976		0.769	
<i>VaukDağıXPekünDağı</i>	0.99		0.972		0.52		0.962	
<i>VaukDağıXPöskeDağı</i>	0.979		1		0.848		1	
<i>PekünDağıXPöskeDağı</i>	1		0.947		0.989		0.79	

5. TARTIŞMA VE SONUÇ

Isophya autumnalis'in literatürde bilinen iki popülasyonu (tip lokalitesi, Zigana Dağı, Trabzon-Gümüşhane ve Pöske Dağı popülasyonu, Erzincan (*I. poskedaghensis*), Sevgili, 2004 yayınlanmamış veri) dışında türün dört ayrı allopatrik popülasyonu daha tespit edilmiş ve bu popülasyonlarda morfoloji, biyoakustik özellikler ve kutikular hidrokarbon profilleri karşılaştırılmıştır. Yapılan analizler sonucunda beş allopatrik popülasyondan toplanan bireylerde morfoloji ve biyoakustik karakterlerdeki farklılaşma, KHK profillerine göre daha güçlü olduğu saptanmıştır.

5.1. Allopatrik Popülasyonlarda Morfolojik ve Erkek Çağrı Sesi Karakterleri

Yapılan çalışmada *I. autumnalis* popülasyonları arasında her iki eşey vücut büyüklüğü parametreleri açısından morfolojik farklılıklar gösterdiği saptanmıştır. Aynı türe ait allopatrik popülasyonlarda popülasyonu oluşturan bireylerin özellikle hareket yeteneklerinin kısıtlı olması genotip ve fenotipte farklılaşmalara yol açabileceği birçok çalışmada gösterilmiştir (Hollander ve Barrientos, 1994; Zefa 2006; Jang ve Gerhardt, 2006; Eweleit ve ark., 2015). Allopatrik popülasyonlarda izolasyon nedeniyle türleşme süreci genel olarak daha hızlı ilerler. *Isophya* cinsine çok yakın akaraba olan *Poecilimon* cinsine ait parapatik yayılım gösteren *P. veluchianus*'ta yapılan çalışmada türleşme süreci moleküler parametreler ile tartışılmıştır. İki ayrı alttür halinde yayılım gösteren bu popülasyonda morfolojik, davranışsal ve moleküler farklılaşma süreci birbirleriyle tamamen örtüşmez (Eweleit ve ark., 2015). Yine *Isophya* türleri üzerinde yapılan bir çalışmada aynı türe ait farklı popülasyonlarda morfolojik ve biyoakustik farklılaşmaların olduğu bildirilmiştir (Sevgili, 2004). Diğer taraftan türler arasında ve tür içinde simpatrik ve allopatrik yayılım gösteren popülasyonlardaki farklılaşmalar daha çok erkek çağrı sesi gibi davranışsal karakterler üzerinde etkilidir (Jang ve Gerhardt, 2006).

Çalı çekirgelerinin türleşme sürecinde doğal seçim bazı gruplarda davranışsal karakterler üzerinde daha seçici olmuşken, diğerlerinde ise özellikle genital organlar olmak üzere daha çok morfolojik yapılarda etkili olmuştur (Heller, 2006). Heller (2006), allopatrik çalı çekirgesi popülasyonlarında erkek çağrı sesleri arasındaki farklılıktan daha çok genital organların farklılaştığını gösteren (örneğin; *Eupholidoptera*, *Poecilimon ampliatus* tür grubu, *Orchelimum cinsi*) örnekler sunarken, bunun tersi olarak allopatrik popülasyonlarda erkek çağrı seslerinde

ayrışma, genital morfolojideki farklılaşmadan daha belirgin olan grupları da analiz etmiştir (örneğin *Decticus*, bazı *Poecilimon* ve *Hexacentrus* cinsi türleri). Yapılan bu tez çalışmasında çalışılan allopatrik popülasyonlarda hem morfolojide hem de bazı biyoakustik parametrelerde farklılaşmalar olduğu saptanmıştır. Dolayısıyla *I. autumnalis*'in allopatrik formlarında doğal seçilimin hem morfoloji (örneğin ses organı) hem de davranışsal özellikler (erkek çağrı sesleri) üzerinde güçlü etkisi olurken biyokimyasal özellikler (KHK profilleri) üzerindeki etkisi zayıftır. Bunun nedeninin KHK'lar çekirgelerde eşeyssel seçimden daha çok vücuttaki sıvının korunması ve diğer fizyolojik (örneğin immün koruma) süreçlerdeki rolünün daha fazla olduğu şeklinde açıklanabilir.

Jang ve ark., (2009) *Gryllus fultoni* ve *Gryllus vernalis*'in allopatrik ve simpatrik popülasyonları üzerinde yaptıkları morfolojik çalışmalar neticesinde, *G. fultoni*'nin allopatrik ve simpatrik popülasyonları arasında dişi morfolojik karakterlerinde anlamlı bir farklılık olmadığı ortaya konulmuştur. Diğer taraftan erkek popülasyonlarında, simpatrik ve allopatrik *G. fultoni* erkekleri, baş genişliği, arka femur uzunluğunda önemli ölçüde farklılık gösterdiği ortaya konulmuştur. Baş genişliği ve arka femur uzunluğu *G. fultoni*, simpatrik popülasyonlardaki *G. vernalis* ile benzer olduğu yapılan çalışmalarla ortaya konulmuştur. Yaptığımız tez çalışmasında Zigana Dağı ana lokasyonumuzun morfolojik karakterler açısından dişi ve erkek bireyler kendi içlerinde değerlendirildiğinde allopatrik popülasyonlardan ayrıldığı görülmektedir. Allopatrik popülasyonlarda dişi ve erkek bireyler kendi içlerinde farklılaşmazken, eşey olarak değerlendirdiğimizde dişi ve erkek bireylerin morfolojik karakterler açısından tamamen ayrıldığını gözlemledik.

Akustik repertuardaki değişiklikleri davranışsal değişiklikler izler ve her ikisi de, allopatrik popülasyonlar arasında kısmi veya tam bir izolasyona katkıda bulunabilir, böylece bu popülasyonlar aynı alana tekrar monte edildiğinde bir türleşme sürecinin olduğu doğrulanabilir. Çekirgelerden *Endecous itatibensis* (Orthoptera: *Phalangopsinae*) üç allopatrik popülasyonunda erkek çağrı sesleri karşılaştırılması yapılmış ve akustik sinyallerin frekanslarında popülasyonlar arasında ve popülasyon için de değişkenlik olduğu saptanmıştır. *Endecous itatibensis* ve diğer çağrı sesi davranışı olan türler arasındaki çağrı frekansındaki farklılıklar, yerel türler arası akustik rekabetten kaçınmanın bir kanıtı olabileceği bu çalışma ile birlikte ortaya konulmuştur (Zefa, 2006).

Zefa ve ark., (2013) *Phylloscyrtus amoenus* ve *Cranistus colliurides* simpatrik türleri arasında erkek çağrı seslerine bakıldığında allopatrik popülasyonlardaki gibi tamamen farklılaşmadığı bu çalışma ile ortaya konulmuştur. Bu durum, Leory (1979), tarafından önerilen, benzer frekanslara sahip erkek çağrı seslerinin farklı ritimlere sahip oldukları için belli dişi bireyleri çekmek için etkili olabileceğini öngören hipotezi ile tutarlıdır.

Hollander ve Barrientos (2015) tarafından, Meksika'nın kuzey doğusunda bulunan bir orman zararlısı olan *Pterophylla beltran*'nin yeni türleşmekte olan allopatrik popülasyonlarında ses sinyalleri ve morfolojik karakterler çalışılmıştır. Allopatrik popülasyonlar da renklerin farklı olması, kanat yapısı ve damarlanması, morfolojik vücut büyüklüğü bakımından gözle görülür farklılıkları bulunduğu gösterilmiş olup bu türde morfolojik karakterlerin çağrı sesleri davranışlarına göre daha belirgin evrildiği ortaya konulmuştur. Bu tez çalışmasında morfolojik vücut büyüklüğü bakımında Zigana dağı ana lokasyonumuz dişi ve erkek bireyler dahil diğer allopatrik popülasyonlardan daha büyük vücut yapısı ile ayrılmıştır. Tez çalışmamızda baktığımız allopatrik popülasyonlarda erkek bireyde bulunan sol kanattaki ses organı uzunlukları karşılaştırıldığında özellikle Pöske dağı popülasyonunun Pekün dağı hariç diğer popülasyondan belirgin farklılıklar gösterdiği saptanmıştır. Yine morfolojik karakterler açısından dişi bireylerde sol femur uzunluğu ile ovipositor(yumurtlama borusu) uzunluğunun birbirine paralel olduğu saptanmıştır.

Orci ve ark., (2005)'nin *I. stysi* ve *I. modestior* türlerinde yapılan morfolojik ve erkek çağrı sesi çalışmalarında erkek bireylerde incelenen morfometrik karakterlere dayanarak birbirlerinden güvenle ayırt edilebildiğini göstermektedir; ancak dişi bireylerde morfolojik karakterlerin güvenilir bir sonuç almak için yeterli olmadığını ortaya koymuşlardır.

Çalı çekirgeleri ailesinde erkek çağrı sesleri modern tür kavramlarına göre "tür hipotezini" test etmek için önemli bir araç olabileceği ortaya konulmuştur (Howard ve Berlocher, 1998; Wheeler ve Meier, 2000). Bu tür gruptaki örneklerin tür düzeyinde tanımlanması morfolojik tekdüzelik nedeniyle zor olsa da, erkek çağrı sesleri osilografik yapısı türler arasında belirgin farklılıklar göstermektedir. Çalı çekirgeleri grubunda, bioakustik sinyallerin ana işlevlerinden biri, çift oluşturma davranışları sırasında erkekler ve dişiler arasında bilgi iletmektir. Tipik olarak,

erkekler kendiliğinden ilerler ve dişiler hangi erkeğin bioakustik sinyaline cevap vereceğine karar verir (Heller, 1990). Dişilerde akustik sinyal tercihleri ve erkek akustik modelinin, çalı çekirgelerin de türe özgü eş tanıma sisteminin önemli bir bileşeni olduğu düşünülmektedir (Orci, 2007, Orci ve ark., 2010; Szövényi ve ark., 2012).

Taksonomi bugün, özellikle de mevcut biyolojik çeşitlilik krizinde hala çok önemlidir. Doğru tür teşhisi, nesli tükenme tehdidi altında olan türleri belirlemek, sayısını değerlendirmek ve koruma projeleri için tür bakımından zengin alanları belirlemek için gereklidir (Kartezs, 1994; Sites ve Crandall, 1997). Dolayısıyla yapılan bu çalışma ile hareket yeteneği son derece sınırlı olan ve yayılış alanı son derece dar olan endemik türlerin lokal popülasyonları arasındaki morfolojik ve genetik farklılaşmaların incelenmesi bakımından önemli sonuçlar ortaya konmuştur.

5.2. Allopatrik Popülasyonlarda KHK Analizi

Eş seçiminde görsel ve akustik özelliklerin önemi, çeşitli hayvan taksonlarında yaygın olarak ele alınmıştır, ancak kimyasal işaretlerin ve sinyallerin rolü yeterince keşfedilmemiştir (Symonds ve ark., 2008). Esas olarak bir buharlaşma bariyeri (su kaybını önleme) olarak işlev gören ve karasal eklembacaklılarda hemen hemen her yerde bulunan kutiküler lipitlerin, türlerde önemli bir rol oynadığı ve böceklerde eş seçimi gibi davranışlarda yer tuttuğu kabul edilmiştir (Howard ve Blomquist, 2005). Yaptığımız tez çalışmasında *Isophya autumnalis*'in allopatrik popülasyonlarında, toplamda 123 bireyde çalıştığımız GC-MS cihazında kantitatif analiz yöntemi ile KHK analizleri yapılmıştır. Yapılan çalışmanın sonucunda kullandığımız bu yöntem ile hidrokarbonların var olup olmama ve bulunan hidrokarbonların nispi bolluğunun yüzde kaç olduğu tespit edilmiştir. Allopatrik popülasyonlardan elde ettiğimiz sonuçlara göre eşeyler arasında hem maddeler farklıdır hemde bulunan hidrokarbonların bolluk miktarları farklıdır yani dişi ve erkek bireylerin birbirinden tamamen farklı olduğu tespit edilmiştir. Tüm allopatrik popülasyonlar bir arada değerlendirildiğinde Zigana dağı (tip lokalitesi) popülasyonunun Pekün, Pöske ve Krom vadisinden farklı olduğu tespit edilmiştir. Bu farklılıkların olmasına rağmen kendi aralarında büyük farklılıklar göstermemişlerdir. Stephen ve ark., (2008), dört tür eşek arısı (*Vespa affinis*, *V. ducalis*, *V. mandarinia*, *V. simillima*) için müze örneklerinde kutikular hidrokarbonların stabilitesi üzerine yaptıkları çalışmada, karşılaştırma yapmak adına taze örnekler, bir yıl boyunca

doldurularak bekletilen ve yirmi yıllık müze örneklerinden alınan ekstratlar analiz edildiğinde alkanlar, alkenler, metil bağlı alkan grupları olmak üzere toplamda 28 hidrokarbon tespit edilmiştir dört türün her grubu için. Bu çalışmada da görüldüğü gibi yakın türlerin kendi aralarında kutikular hidrokarbon yapısında değişiklik meydana getirmesi uzun yıllar stabilitesini koruduğu için zor bir evrimsel süreç olduğu tahmin edilmektedir. Eşeyssel dimorfizmin, iki eşey içerisindeki farklı optimal karakter durumlarını doğrulayan seçilime cevap olarak adaptif farklılaşmayı yansıttığı farz edilir. Yapılan bir çalışmada *T.oceanicus*'un eşeyler arası da kutikular kompozisyonunda varyasyon modellerinin olup olmadığını belirlemeye ve eşeyler arası da bu türdeki kutikular kompozisyonun nasıl değiştiği incelenmiştir. Stabilwax sütununu kullanarak zincir uzunluğu 29 ila 35 karbon arasında değişen 25 piki ayırt edebilmiş olup çok değişkenli analizde, 25 pikin 10'unun eşeyler arasında nispi konsantrasyonlarında farklılıklar olduğu bulunmuştur. *T. oceanicus*'un kutikular hidrokarbon profillerinde eşeyssel dimorfizm olduğunu bu çalışma ile ortaya konulmuştur (Thomas ve Simmons, 2008). Bu tez çalışması ile yapılan tüm istatistik sonuçlar neticesinde allopatrik popülasyonlarda eşeylerin birbirinden ayrılmış olması bu çalışmadaki eşeyler arasında eşeyssel dimorfizmin olduğunu ispat etmiştir. Bu çalışmada da değinildiği üzere kutikular hidrokarbonlar eş seçiminde kimyasal bir sinyal olarak kullanılıyorsa eş seçiminde kutiküler hidrokarbon kullanımının doğrulanması, bir eşey tarafından üretilen belirli bileşiklerin diğerinin eşeyssel davranışını uyardığını veya kutikular hidrokarbonların eşeye özgü oranlarının eş seçimini etkileyebileceğini göstermektedir.

Çekirgelerde kutikular hidrokarbonların eş tanımada eşeylerin KHK profillerinin birbirine kadar benzediği veya farklı olduğu ve bu benzerlik ve farklılıkların genetik açıdan bir ip ucu olduğu *Teleogryllus oceanicus*'un dişi ve erkek bireylerinde yapılan KHK çalışması ile ortaya konulmuştur. Rast gele olarak aynı ortama konulmuş toplamda dişi ve erkek 48 eşeyin;34'ü çiftleşmiş, 14'ü çiftleşmemiş olup sonuç olarak çiftleşmeyen eşeylerin kutikular hidrokarbon yapısının birbirine çok yakın olduğu, çiftleşen eşeylerin ise kutikular hidrokarbon yapılarının birbirinden farklı olduğu ve genotip olarak da KHK profilleri ile bağdaştığı saptanmıştır (Thomas ve Simmons, 2011).

Drosophila santomea ve *Drosophila yakuba* iki allopatrik türdeki üreme izolasyonunun nedenleri çalışılmıştır. Bu allopatrik popülasyonlarda dişi ve erkek

bireylerde Gaz kromatografisi-Kütle spektrumu (GC-MS) yöntemi ile kutikular hidrokarbon analizleri çalışılmış olup dişi bireylerde farklılık olmadığı fakat erkek bireylerde farklılık olduğu ve dişi dişi bireylerin bu farklılıktan dolayı tür tercihi yaparak üreme izolasyonuna sebep olduğu saptanmıştır (Mass ve Jallon, 2005). Kur yapma ve çiftleşme davranışları sırasında, *Drosophila* sinekleri görsel, akustik, koku, tat ve dokunsal duyuşal sinyaller ile iletişim kurdukları bilinmektedir. Kütle spektrometrisine bağılı gaz kromatografisi, dört Sarcophagidae familyasına ait, *Peckia* (*Peckia*) *chrysostoma*, *Peckia* (*Pattonella*) *intermutans*, *Sarcophaga* (*Liopygia*) *ruficornis* ve *Sarcodexia* *lambens* türlerinden KHK'lari tanımlamak için kullanılmıştır. Tanımlanan KHK'lar çoğunlukla 23 ila 33 karbon arasında değışen doğrusal zincir uzunluklarına sahip n-alkanlar, monometilalkanlar ve dimetilalkanların bir karışımıdır. *S. lambens*, C23 ila C33 arasında değışen doğrusal zincir uzunluklarına sahip bir KHK kompozisyonuna sahipken, diğerk üç tür C24 ila C31 karbon arasında doğrusal zincir uzunluklarına sahiptir. Sonuçlar, bu çalışmanın kutikular hidrokarbon profillerinin böcek türlerinin taksonomik farklılaşması için kullanılabileceğini ve özellikle böcek örneğinin sadece bir kısmı mevcut olduğunda taksonomik sınıflandırma için yararlı bir ek araç olduğunu göstermektedir (Braga ve ark, 2013). Kutikular hidrokarbonların tüm böceklerde birincil görevi böcek vücudunu kurumaya karşı korumaktır. Bu göreve ek olarak tür ve eş tanıma, yuva arkadaşını tanıma, iletim kurmak ve kimyasal mimikride rol oynamak gibi görevleride üstlenmiştir. Kuzey Amerikada bulunan ateş böcekleri (Coleoptera: Lampyridae), üzerine yapılan bir deneyde 3 gececi ve 2 gündüzcü tür kullanılarak tür ve eşey tanımadaki biyolojik davranışlarına etki eden KHK profilleri analiz edilmiştir. Gececi *Photinus greni*, *P. obscurellus*, *P. ignitus* ateş böcülerin yapılan analizler sonucunda KHK erkek bireyde çok düşük oranlarda dişi bireyde ise yok denecek kadar az miktarda olduğu tespit edilmiştir. Gececi türlerin gece aktif olmalarından dolayı vücuttaki su kaybının düşük olması ve tür ve eşey tanıma davranışının biyoluminesan görsel sinyallerine dayandırıldığı için KHK varlığı ve çeşitliliği evrimsel süreçte gündüzcü türlere göre daha az gelişmiştir. Gündüzcü iki simpatrik tür olan *Lucidota atra* ve *Ellychnia corrusca*' da KHK miktarının fazla olduğu ve aralarında farklılıkların olduğu tespit edilmiştir. *E. Corrusca* erkelerininin kendi türünün dişisi ile *L.atra* türünün dişi KHK özütlerinin olduğu bir ortama konduğunda kendi türünden olan dişininin özütüne karşılık verdiği biyolojik davranış olarak test edilmiş olup KHK profillerinin tür ve eş tanıma sisteminde rol

oynadığı davranışsal olarakda ortaya konulmuştur (South ve ark., 2008).

Bu tez çalışmasında tür ve eşey tanıma sistemini göz önüne aldığımızda KHK profillerindeki farklılıklar, morfolojik farklılıklar ve akustik sinyallerdeki davranışsal farklılıklar yapılan diğer tez çalışmalarını destekler nitelikte olduğunu söyleyebiliriz.

Conte ve ark., (2015) kimyasal mimikrideki KHK'nın rolü çalışılmıştır. *Varroa destructor* bir bal arası ektoparazitidir. Orijinal ev sahibi *Apis cerana* (Asya bal arısı) dır. Fakat *Apis mellifera* (Avrupa bal arısı) ya karşı ciddi küresel bir tehdit oluşturduğu araştırmalar ile ortaya konulmuştur. *V. destructor* üzerinde yapılan çalışmalarda bal arılarının tüm titiz çalışmalarına rağmen konakçının KHK profilini çok iyi taklit edebildiği için bal aralarında ölümlere yol açtığı ortaya konulmuştur. Yapılan deneyde her iki bal arısı kökenli ektoparaziti kendi aralarında aktararak bu parazitlerin taklit yetenekleri ölçülmüştür ve sonuç olarak *Apis cerana* kökenli parazitin hem kendi konakçısını hemde *Apis mellifera* 'yı taklit ettiği saptanmıştır. Bu iki arı türünü birbirinden ayıran ve parazitin taklit edebildiği temel hidrokarbonun alkan grubu hidrokarbonlar olduğu tespit edilmiştir. Bu çalışmadan yola çıkarak sosyal böcek gruplarında bir çok faktörün varlığı KHK karakter yapısında hızlı ve önemli değişikliklere yol açtığını ve bu durmunun popülasyonlar arasında önemli farklılıklara ve çeşitliliğe neden olduğunu söyleyebilir. Çalı çekirgesi gibi hareket yeteneği kısıtlı ve sosyal olmayan böcek gruplarında KHK çeşitliğin ve popülasyonlar arasında farklılığın fazla olmamasını bu yapılan çalışmalara bakarak öngörebiliriz. Sharma ve ark., (2015) sosyal böcek gruplarından olan karıncalarda yapılan çalışmada kutikul üzerinde bulunan hidrokarbon feromonların karmaşık davranışlarının düzenlenmesinde rol oynadığı bilinmektedir. Karınca anteni, kutikular hidrokarbon için geniş spektrumlu sensörlerdir. Kutikular hidrokarbonlar arasındaki farklılıkları bu sensörler ile ayırt edebilirler. Çeşitli kastlelerden ve kolonilerden gelen karıncaların kutikular hidrokarbonlarını antenleri ile analiz edebilirler. bu çalışmada geniş spektrum duyarlılığına sahip olan *Camponotus floridanus* karıncaları çalışılmıştır. Antenleri üzerindeki sensilla basiconica duyu tüyleri sayesinde kendi kolonileri içindeki işçi ve kraliçe arı arasındaki ayrımı yapabilme ve dışarıdan gelen farklı türlerdeki KHK profilini analiz ederek tanıyabildikleri saptanmıştır. Bu çalışmada da görüldüğü gibi sosyal böcek gruplarında yuva arkadaşını tanıma kast sistemini tanıma gibi sosyal böceklerde olmayan birçok alanda kutikular hidrokarbonların kullanıldığı görülmektedir.

Böceklerin doğadaki çiftleşme başarısını ölçmek normalde göz korkutucu bir iştir. Bununla birlikte, *Cyphoderris* cinsi, bu konuda ideal bir model sistemi sunar, çünkü çiftleşme, erkekler üzerinde alışılmadık bir besleyici beslenmenin sonucu olan erkeklere açık bir fenotipik işaret uygular (Rodríguez-Munoz ve ark., 2010). Bu tez çalışmasında *I. autumnalis*'in allopatrik popülasyonları arasında genel olarak KHK profilleri bakımından çok ciddi farklılıklar saptanmamışken genel olarak erkek ve dişiler arasında belirgin bir farklılık olduğu saptanmıştır. Bu farklılığın eşeyssel seçimde etkili olup olmadığına ilişkin *Isophya* veya yakın akraba gruplarında (*Poecilimon*, *Phonochorion*vs.) çalışma olmadığı için herhangi bir sonuç ortada yoktur. Ancak bu açık farklılaşmanın bir dereceye kadar eşeyssel tercihte etkili olabildiğine ilişkin *Isophya* cinsine uzak gruplarda bazı pozitif bildirimler yapılmıştır. Örneğin, Thomas ve Simmons,(2009) tarafından yapılan araştırmada, erkek çağrı sesinin dişi bireyi çekebilmesi için hayati önem taşımaya rağmen, erkek tarla çekirgesin de (*Teleogryllus oceanicus*) kutikular hidrokarbon (KHK) profilinin, dişi çiftleşme kararları üzerinde önemli derecede eşeyssel seçilime sahip olduğunu göstermiştir

6. ÖNERİLER

Türleşme sürecinin anlaşılması evrimsel biyolojinin en önemli konularının başında gelmektedir. Türleşme sürecinin anlaşılması için organizmaların çevrelerine adaptasyonun nasıl olduğunun ve biyolojik çeşitliliğin nedenlerinin araştırılması gerekmektedir. Yaptığımız bu çalışma ile lokal popülasyonları morfolojik, biyoakustik ve kutikular hidrokarbon yapısı bakımından araştırılmıştır hem de popülasyon içerisindeki türler arasında morfolojik, biyoakustik ve kutikular hidrokarbon yapısını inceleyerek türleşme sürecinin anlaşılmasına katkıda bulunulmuştur. Kutikular hidrokarbon çalışmalarında inceleyebildiğimiz popülasyonlar arasında hidrokarbonların benzerlik ve farklılıklarının yanı sıra ayrıntılı olarak nispi bollukları, çifleşme davranışındaki rolleri, yaş kriterindeki rolleri ve genetik analiz ile genetik olarak nasıl kodlandıkları çalışılmalıdır. Bunlara ek olarak kısıtlı sürede yaptığımız istatistiksel çalışmalar daha ayrıntılı ve farklı açılardan çalışılabilir. Morfolojik karakterin çalışmasında her bir karakter hem popülasyonlar arasında hemde popülasyonlar içerisinde de ayrıntılı bir şekilde karşılaştırılmalıdır. Yaptığımız ses analizleri birçok açıdan kapsamlı olmasına karşılık yine daha ayrıntılı ölçümler yapıp, istatistik çalışmaları ile desteklenmelidir. Bu tez çalışması çalı çekirgeleri grubu için birçok parametrenin bir arada çalışılmış olması ve aydınlatıcı sonuçlara ulaşılmış olması bakımından, elde edilen sonuçlar ile bu tür çalışmalar için bir yol gösterici olma niteliği taşımaktadır.

7. KAYNAKLAR

- Ahrens, D., Monaghan, MT., & Vogler, AP. (2007). DNA-based taxonomy for associating adults and larvae in multi-species assemblages of chafers (Coleoptera: Scarabaeidae). *Molecular Phylogenetics and evolution*, 44(1), 436-449.
- Alexander, RD. (1957). Sound production and associated behavior in insects. *The Ohio Journal of Science*, 57(2), 101-112.
- Alexander, RD. & Bigelow, RS. (1960). Allochronic speciation in field crickets, and a new species, *Acheta veletis*. *Evolution*, 14(3), 334-346.
- Andersson, M. & Simmons, LW. (1994). Sexual Selection and Mate Choice. *TRENDS in Ecology and Evolution*, 21(6), 398-299.
- Arnegard, ME., McGee, MD., Matthews, B., Marchinko, KB., Conte, GL., Kabir, S. & Kingsley, DM. (2014). Genetics of ecological divergence during speciation. *Nature*, 511(7509), 307-311.
- Bailey, NW., Gwynne, DT., Bailey, WV. & Ritchie, MG. (2007). Multiple differences in calling song and other traits between solitary and gregarious Mormon crickets from allopatric mtDNA clades. *BMC Evolutionary Biology*, 7(5), 65-69.
- Bailey, WJ. & Robinson, D. (1971). Song as a possible isolating mechanism in the genus *Homorocoryphus* (Tettigonioidea, Orthoptera). *Animal Behaviour*, 19(2), 390-397.
- Bei-Bienko, GY. (1954). Fauna of the USSR (Phaneropterinae, Tettigonioidea: Orthoptera). *Zoological Institute of the USSR Academy of the Sciences*, 59(1), 375.
- Blomquist, GJ. (2010). Biosynthesis of cuticular hydrocarbons. Insect hydrocarbons: biology, *Biochemistry and Chemical Ecology*, 35, 52.
- Braga, MV., Pinto, ZT., Queiroz, MMC., Matsumoto, N. & Blomquist, GJ. (2013). Cuticular hydrocarbons as a tool for the identification of insect species: Puparial cases from Sarcophagidae. *Acta Tropica Journal Elsevier*, (128), 479-485.
- Brown, WD., Wideman, J., Andrade, MCB., Mason AC. & Gwynne, DT. (1996). Female choice for an indicator of male size in the song of the black-horned tree cricket, *Oecanthus nigricornis* (Orthoptera: Gryllidae: Oecanthinae). *Evolution*, (50), 2400-2411.
- Butlin, R., Debelle, A., Kerth, C., Snook, RR., Beukeboom, LW. & Castillo, CRF. (2012). What do we need to know about speciation, *Trends Ecology Evolution*, 27(1), 27-39.
- Butlin, RK. & Ritchie, MG. (1994). Behavior and speciation. In: Slater PJB, Halliday TJ, editor. *Behavior and Evolution*, 43-79.
- Caputo, B., Dani, FR., Horne, GL., Fale, S., Diabate, A., Turillazzi, S., Coluzzi, M., Costantini, C., Priestman, A.A., Petrarca, V. & Torre, A. (2007). Comparative analysis of epicuticular lipid profiles of sympatric and allopatric field

- populations of *Anopheles gambiae* s.s. molecular forms and *An. Arabiensis* from Burkina Faso (West Africa). *Insect Biochemistry and Molecular Biology*, 37,389-398.
- Carlson, DA. & Service, MW., (1979). Differentiation between species of the *Anopheles gambiae* Giles complex (Diptera: Culicidae) by analysis of cuticular hydrocarbons. *Annals of Tropical Medicine & Parasitology*,73(6), 589-592.
- Carlson, DA. & Service, MW. (1980). Identification of mosquitoes of *Anopheles gambiae* species complex A and B by analysis of cuticular components. *Science* , 207, 1089–1091.
- Čejchan, A. (1958). Příspěvek k poznání rovnokřídleho hmyzu (Orthoptera) Slovenska II.[Beitrag zur Kenntnis der Orthopteren von Slowakei II]. Časopis Slezského Musea. *Vědy Přírodní*, 7, 1-7.
- Chobanov, DP., Kaya, S., Grzywacz, B., Warchalowska-Sliwa, E. & Çıplak, B. (2016). The Anatolio-Balkan phylogeographic fault: a snapshot from the genus *Isphya* (Orthoptera, Tettigoniidae). *Zoologica Scripta*, 46,165-179.
- Cobb, M., Burnet, B., Blizard, R., & Jallon, J. M. (1990). Altered mating behavior in a carsonian population of *Drosophila sechellia*. *Evolution*, 44(8), 2057-2068.
- Conte, YL., Huang, ZY., Roux, M., Zeng, ZL., Christides, JP. & Bagnères, AG., (2015). *Varroa destructor* changes its cuticular hydrocarbons to mimic new hosts. *Animal Behaviour*,11(6), 2-4.
- Davis, PH. (1970). Flora of Turkey and the East Aegean Islands. Vol. 3. Flora of Turkey and the East Aegean Islands. 645 pp.
- Drijfhout, F. (2009). The role of cuticular hydrocarbons in insects. *Behavioral and chemical ecology*,12, 91-114.
- Endler, JA. (1977). Geographic variation, speciation, and clines, Princeton University Press, No:10. USA,542 pp.
- Eweleit, L., Reinhold, K., & Sauer, J. (2015). Speciation progress: a case study on the bushcricket *Poecilimon veluchianus*. *PloS one*, 10(10), 1-16.
- Ferveur, JF. (1997). The pheromonal role of cuticular hydrocarbons in *Drosophila melanogaster*. *Bioassays* 19, 353–358.
- Ferveur, JF. (2005). Cuticular hydrocarbons: their evolution and roles in *Drosophila* pheromonal communication. *Behavior*,35, 279–295.
- Fox, M., Sear, R., Beise, J., Ragsdale, G., Volland, E. & Knapp, LA. (2010). Grandma plays favourites: X-chromosome relatedness and sex-specific childhood mortality. Proceedings of the Royal Society B: *Biological Sciences*, 277(1681), 567-573.
- Grzywacz, B., Chobanov, DP., Maryanska-Nadachowska, A., Karamysheva, TV., Heller, KG., & Warchalowska-Sliwa, E. (2014). A comparative study of genome organization and inferences for the systematics of two large bushcricket genera of the tribe Barbitistini (Orthoptera: Tettigoniidae: Phaneropterinae). *BMC Evolutionary Biology*, 14(1),48.
- Hart, H., Craine, LE., Hart, D. & Hadad, CM. (2011). Alkanlar ve Sikloalkanlar;Konformasyon ve Geometrik İzomeri: Organik Kimya ,Ed:

- Uyar, T., İnam, R., Palme Yayincılık, Ankara, 41-64.
- Heller, KG. & Sevgili, H. (2005). Systematics and bioacoustics of the *Poecilimon sanctipauli*-group (Orthoptera: Tettigoniidae: Phaneropteridae). *European Journal of Entomology*, 102(2), 265-277.
- Heller, KG. (1990). Evolution of song pattern in east Mediterranean Phaneropterinae: constraints by the communication system. *The Tettigoniidae: biology, systematics and evolution*, 130-151 pp.
- Heller, KG., Orci, KM., Grein, G. & Ingrisch, S. (2004). The *Isophya* species of central and western Europe (Orthoptera: Tettigoniidae, Phaneropteridae). *Tijdschrift voor Entomologie*, 147(2), 237-258.
- Heller, KG. (2006). Song evolution and speciation in bush-crickets. In: *Insect Sounds and Communication: Physiology, Behaviour, Ecology and Evolution.*, USA, 137-152 pp.
- Helversen, O. (1975). Verhaltens genetische Untersuchungen am akustischen Kommunikations system der Feldheuschrecken (Orthoptera, Acrididae). *Journal of Comparative Physiology*, 104(3), 301-323.
- Hemp, C., Heller, KG., Grzywacz, B. & Hemp, A. (2017). Review of the East African species of the phaneropterine genus *Parapyrrhicia* Brunner von Wattenwyl, 1891 (Insecta: Orthoptera): secret communication of a forest-bound taxon. *Organisms Diversity & Evolution*, 17(1), 231-250.
- Henry, CS. (1994). Singing and cryptic speciation in insects. *Trends Ecology Evolution*, 9(10), 388-392.
- Hollander, DJ. & Barrientos, L. (1994). Acoustic and morphometric differences between allopatric populations of *Pterophylla beltrani* (Orthoptera: Tettigoniidae: Pseudophyllinae). *Journal of Orthoptera Research*, 29-34.
- Howard, RW, & Blomquist GJ. (2005). Ecological, behavioral, and biochemical aspects of insect hydrocarbons. *Annual Reviews Entomol*, 50, 371– 393.
- Howard, DJ. & Berlocher, SH. (1998). *Endless Forms: Species and Speciation*. Oxford University Press, Oxford, 470 pp.
- Howard, RW. & Blomquist, GJ. (1982). Chemical ecology and biochemistry of insect hydrocarbons. *Annual review of entomology*, 27(1), 149-172.
- Howard, RW. (1993). *Cuticular hydrocarbons and chemical communication Insect Lipids: Chemistry, Biochemistry and Biology*. University of Nebraska Press, Lincoln, Nebraska 179–226 pp.
- Hölldobler, B. & Wilson, E. (2009). *Communication: Der Superorganismus*, Berlin, Heidelberg, 193-358.
- Hurd, LE. & Eisenberg, RM. (1975). Divergent selection for geotactic response and evolution of reproductive isolation in sympatric and allopatric populations of houseflies. *The American Naturalist*, 109(967), 353-358.
- Ingrisch, S. (1991). Taxonomie der *Isophya*-Arten der Ostalpen (Grylloptera: Phaneropteridae). *Mitteilungen der Schweizerischen Entomologischen Gese*, 64, 269-279.
- Iorgu, IŞ. (2012). Acoustic analysis reveals a new cryptic bush-cricket in the

- Carpathian Mountains (Orthoptera, Phaneropteridae). *ZooKeys*, 254, 1.
- Jallon, JM. & Wicker-Thomas, C. (2003). Genetic studies on pheromone production in *Drosophila*. In *Insect Pheromone Biochemistry and Molecular Biology*, Academic Press, 253-281pp.
- Jang, Y., Won, YJ. & Choe, JC. (2009). Convergent and divergent patterns of morphological differentiation provide more evidence for reproductive character displacement in a wood cricket *Gryllus fultoni* (Orthoptera: Gryllidae). *BMC Evolutionary Biology*, 9(1), 27.
- Jennings, JH., Mazzi, D., Ritchie, M.G. & Hoikkala, A. (2011). Sexual and postmating reproductive isolation between allopatric *Drosophila montana* populations suggest speciation potential. *BMC Evolutionary Biology*, 11, 68.
- Kalring, K., Jatho, M., Rössler, W. & Sickmann, T. (1997). Acousto-vibratory communication in bushcrickets (Orthoptera: Tettigoniidae). *Entomologia Generalis*, 265-291.
- Karabağ, T. (1962). Some new and little known Phaneropterinae (Orthoptera: Tettigoniidae) from Turkey. In: *Proceedings of the Royal Entomological Society of London. Series B, Taxonomy Oxford*, 4-10 pp.
- Kather, R. & Martin, SJ. (2012). Cuticular hydrocarbon profiles as a taxonomic tool: advantages, limitations and technical aspects. *Physiological Entomology*, 37(1), 25-32.
- Kather, R. & Martin, S. J. (2015). Evolution of cuticular hydrocarbons in the Hymenoptera: a meta-analysis. *Journal of Chemical Ecology*, 41(10), 871-883.
- Kendirli, B., Çakmak, B. & Gökalp, Z. (2007). Analysis of climate factors for the development of greenhouses in Eastern Blacksea Region. *Building and Environment*, 42(12), 4072-4078.
- Kirkpatrick, M. & Ravigne, V. (2002). Speciation by natural and sexual selection: Models and experiments. *American Naturalist*, 159(3), 22-35.
- Kruger, EL., & Pappas, CD. (1993). Geographic variation of cuticular hydrocarbons among fourteen populations of *Aedes albopictus* (Diptera: Culicidae). *Journal Of Medical Entomology*, 30(3), 544-548.
- Lockey, KH., & Metcalfe, NB. (1988). Cuticular hydrocarbons of adult *Himatismus* species and a comparison with 21 other species of adult Tenebrionid beetle using multivariate analysis. *Comparative Biochemistry*, 91(2), 371-382.
- Martin, SJ. (2008). Long-term stability of hornet cuticular hydrocarbons facilitates chemotaxonomy using museum specimens. *Biological Journal of the Linnean Society*, (9), 732-737.
- Martin, SJ., Zhong, W. & Drijfhout, FP. (2009). Long-term stability of hornet cuticular hydrocarbons facilitates chemotaxonomy using museum specimens. *Biological Journal of the Linnean Society*, 96(4), 732-737.
- Mass, F. & Jallon, J.M. (2005). Sexual Isolation and Cuticular Hydrocarbon Differences Between *Drosophila santomea* and *Drosophila yakuba*. *Journal of Chemical Ecology*, (11), 7570-7575.
- Mayr, E. (1999). *Systematics and the origin of species, from the viewpoint of a*

- zoologist. Harvard University Press, London, 102-123 pp .
- Mendelson, TC. & Shaw, KL. (2005). Rapid speciation in an arthropod. *Nature*, 433(7024), 375-376.
- Mora, C., Tittensor, DP., Adl, S., Simpson, AGB. & Worm, B. 2011. How many species are there on earth and in the ocean, *Plos Biology*, 9(8).
- Neems, RM. & Butlin, RK. (1994). Variation in Cuticular Hydrocarbons across a Hybrid Zone in the Grasshopper *Chorthippus parallelus*. *Proceedings of the Royal Society B-Biological Sciences*, 257(1349), 135-140.
- Nelson, DR., Blomquist, G. J. & Hamilton, R. J. (1995). Waxes: chemistry, molecular biology and functions. *Insect Waxes*. Oily Press: Dundee, Scotland, 1-90 pp.
- Olivier, SR. & Aranda R. (2018). Are Anatomical Measurements Useful for Interspecific and Sexual Differentiation of Temnomastax (Orthoptera: Eumastacidae) Species, *Zoological Science*, 35(3), 268-275.
- Orci, KM., Nagy, B., Szövényi, G., Rácz, IA. & Varga, Z. (2005). A comparative study on the song and morphology of *Isophya stysi* and *Isophya modestior* (Orthoptera, Tettigoniidae). *Zoologischer Anzeiger-A Journal of Comparative Zoology*, 244(1), 31-42.
- Orci, KM., Szövényi, G. & Nagy, B. (2010). *Isophya sicula* sp. n. (Orthoptera: Tettigoniidae), a new, morphologically cryptic bush-cricket species from the Eastern Carpathians (Romania) recognized from its peculiar male calling song. *Zootaxa*, 2627, 57-68.
- Perdeck, AC. (1958). The isolating value of specific song patterns in two sibling species of grasshoppers (*Chorthippus brunneus* Thunb. and *C. biguttulus* L.). *Behaviour*, 1-75.
- Ragge, DR. & Reynolds, WJ. (1998). The songs of the grasshoppers and crickets of Western Europe. London, 591 pp.
- Ritchie, MG. & Garcia, CM. (2005). Evolution of species: Explosive speciation in a cricket. *Heredity*, 95, 5-6.
- Ritchie, MG., Couzin, I. & Snedden, WA. (1995). What's in a song? Female bushcrickets discriminate against the song of older males. *Proceedings of the Royal Society of London. Series B: Biological Sciences*, 262(1363), 21-27.
- Robertson, HM. & Wanner, KW. (2006). The chemoreceptor superfamily in the honey bee, *Apis mellifera*: expansion of the odorant, but not gustatory, receptor family. *Genome research*, 16(11), 1395-1403.
- Robinson, DJ. & Hall, MJ. (2002). Sound Signalling in Orthoptera: Advances in Insect Physiology, In: Evans, Peter ed., Elsevier Ltd, UK, 151-278.
- Rodríguez-Muñoz, R., Bretman, A., Slate, J., Walling, CA. & Tregenza, T. (2010). Natural and sexual selection in a wild insect population. *Science*, 328(5983), 1269-1272.
- Roff, DA. & Mousseau, TA. (1999). Does natural selection alter genetic architecture? An evaluation of quantitative genetic variation among populations of *Allenomobius socius* and *A. fasciatus*. *Journal of Evolutionary Biology*, 12(2), 361-369.

- Ryan, MJ., Cocroft, RB. & Wilczynski, W. (1990). The role of environmental selection in intraspecific divergence of mate recognition signals in the cricket frog, *Acris crepitans*. *Evolution*, 44(7), 1869-1872.
- Sağlam, İK. & Çağlar, SS. (2007). Local population size and dynamics of the color polymorphic bush cricket, *Isophya rizeensis* Sevgili, 2003 (Orthoptera: Tettigoniidae) within the Fırtına Valley. *Turkish Journal of Zoology*, 31(1), 1-8.
- Sevgili, H. (2003). A new species of bushcricket (Orthoptera: Tettigoniidae) of the palaearctic genus *Isophya* (Phaneropterinae) from Turkey. *Entomological News*, 114, 129-137.
- Sevgili, H. (2003). Türkiye *Isophya* Brunner von Wattenwyl, 1878 (Orthoptera: Tettigoniidae: Phaneropterinae) Türlerinin Revizyonu. Doktora Tezi, Hacettepe Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Zooloji Anabilim Dalı, Ankara.
- Sevgili, H. & Heller, KG. (2003). A new species of the genus *Isophya* Brunner Von Wattenwyl from Turkey (Orthoptera, Tettigoniidae, Phaneropterinae). *Tijdschrift voor Entomologie*, 146(1), 39-44.
- Sevgili, H., Çıplak, B., Heller, KG. & Demirsoy, A. (2006). Morphology, bioacoustics and phylogeography of the *Isophya* major group (Orthoptera: Tettigoniidae: Phaneropterinae): A species complex occurring in Anatolia and Cyprus. *European Journal of Entomology*, 103(3), 657-671.
- Sevgili, H., Demirsoy, A. & Çıplak, B. (2012). Description and Bioacoustics of a new species of the genus *Isophya* (Orthoptera: Tettigoniidae: Phaneropterinae) from Turkey. *Zootaxa*, 3361(1), 33-44.
- Sharma, KR., Enzmann, BL., Schmidt, Y., Moore, D., Jones, G. R., Parker, J. & Liebig, J. (2015). Cuticular hydrocarbon pheromones for social behavior and their coding in the ant antenna. *Cell reports*, 12(8), 1261-1271.
- South, A., LeVan, K., Leombruni, L., Orians, CM. & Lewis, SM. (2008). Examining the role of cuticular hydrocarbons in firefly species recognition. *Ethology*, 114(9), 916-924.
- Steiger, S., Ower, GD., Stökl, J., Mitchell, C., Hunt, J. & Sakaluk, SK. (2013). Sexual selection on cuticular hydrocarbons of male sagebrush crickets in the wild. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, 280(1773), 2013-2353.
- Stumpner, A. & Heiversen, O. (1992). Recognition of a two-element song in the grasshopper *Chorthippus dorsatus* (Orthoptera: Gomphocerinae). *Journal of Comparative Physiology*, 171(3), 405-412.
- Symonds, MR. & Elgar, MA. (2008). The evolution of pheromone diversity. *Trends in Ecology & Evolution*, 23(4), 220-228.
- Taylan, MS., Mol, A., Sevgili, H. & Şirin, D. (2019). Bioacoustics characterization of some anatolian endemic and sub-endemic Katydids (Orthoptera; Tettigoniidae; Bradyporinae, Phaneropterinae and Tettigoniinae). *Zootaxa*, 4603(2), 289-310.

- Thomas, ML. & Simmons, LW. (2009). Sexual selection on cuticular hydrocarbons in the Australian field cricket, *Teleogryllus oceanicus*. *BMC Evolutionary Biology*, 9(1), 162.
- Thomas, ML. & Simmons, LW. (2008). Cuticular hydrocarbons are heritable in the cricket *Teleogryllus oceanicus*, *Journal of Evolutionary Biology*, 21(3), 801-806.
- Thomas, ML. & Simmons, LW. (2011). Crickets detect the genetic similarity of mating partners via cuticular hydrocarbons. *Journal of Evolutionary Biology*, 24(8), 1793-1800.
- Tregenza, T. & Wedell, N. (1997). Definitive evidence for cuticular pheromones in a cricket. *Animal behaviour*, 54(4), 979-984.
- Tregenza, T., Pritchard, V.L. & Butlin, R. K. (2000). The origins of premating reproductive isolation: testing hypotheses in the grasshopper *Chorthippus parallelus*. *Evolution*, 54, 1687-1698.
- Tuckerman, JF., Gwynne, DT. & Morris, GK. (1993) Reliable acoustic cues for female mate preference in a katydid (*Scudderia curvicauda*, Orthoptera: Tettigoniidae). *Behavioral Ecology and Sociobiology*, 4, 106–113.
- Uma, R. & Sevgili, H. (2015). Spermatophore allocation strategy over successive mating in the bushcricket *Isophya sikorai* (Orthoptera Phaneropterinae). *Ethology & Evolution*, 27(2), 129-147.
- Ünal, M. (2003). The genus *Isophya* Brunner von Wattenwyl (Orthoptera: Tettigoniidae: Phaneropterinae) from the Batı Karadeniz Region of Turkey, NW Anatolia. *Journal of Orthoptera Research*, 12(2), 93-103.
- Ünal, M. (2004). Distribution of forty-six species of the genera *Isophya* Brunner von Wattenwyl, *Poecilimon* Fischer and *Poecilimonella* Uvarov (Orthoptera: Tettigoniidae: Phaneropterinae) in Turkey with description of two new species. *Priamus*, 11(1/2), 1-16.
- Ünal, M. (2010). Phaneropterinae (Orthoptera: Tettigoniidae) from Turkey and the Middle East II. Transactions of the. *American Entomological Society*, 136(12),127.
- Veltsos, P., Wicker-Thomas, C., Butlin, RK., Hoikkala, A., Ritchie. & MG. (2012). Sexual selection on song and cuticular hydrocarbons in two distinct populations of *Drosophila montana*, *Ecology and Evolution*, 2(1), 80-94.
- Wagner Jr, WE. & Reiser, MG. (2000). The importance of calling song and courtship song in female mate choice in the variable field cricket. *Animal Behaviour*, 59(6), 1219-1226.
- West-Eberhard, MJ. (1983). Sexual selection, social competition, and speciation. *The Quarterly Review of Biology*, 58(2), 155-183.
- Wheeler QD. & Meier R. (2000). Species Concepts and Phylogenetic Theory: A Debate. Columbia University Press, New York, 229 pp.
- Wilson, EO. (1971). Social Insects: The Insect Societies, Harvard University Press, USA,548-555 pp.
- Zefa, E. (2006). Comparison of calling songs in three allopatric populations of *Endecous itatibensis* (Orthoptera, Phalangopsinae). *Iheringia Série Zoologia*,

96(1), 13-16.

- Zefa, E., Oliveira, GL., Redü, DR. & Martins, LP. (2013). Calling song of two sympatric species of cricket Phylloscyrtini (Orthoptera Gryllidae Trigonidiinae). *Ethology Ecology & Evolution*, 25(1), 21-27.
- Zhantiev, RD. & Dubrovin, NN. (1977). Sound communication in the grasshopper genus *Isophya* (Orthoptera, Tettigoniidae). *Zoologicheskii zhurnal*, 38-51.
- Zhantiev, R., Korsunovskaya, O. & Benediktov, A. (2017). Acoustic signals of the bushcrickets *Isophya* (Orthoptera: Phaneropteridae) from Eastern Europe, Caucasus and adjacent territories. *European Journal of Entomology*, 114, 301-311.

ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler	
Adı Soyadı	Ebru KIRAN ÖZDEMİR
Doğum Yeri	Bakırköy
Doğum Tarihi	26.04.1993
Uyruğu	<input checked="" type="checkbox"/> T.C. <input type="checkbox"/> Diğer:
Telefon	0 536 912 9796
E-Posta Adresi	ebrukiran93@gmail.com
Eğitim Bilgileri	
Lisans	
Üniversite	Karadeniz Teknik Üniversitesi
Fakülte	Fen-Edebiyat Fakültesi
Bölümü	Biyoloji
Mezuniyet Yılı	15.06.2016

