



**T. C.**

**ORDU ÜNİVERSİTESİ**

**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

***ISOPHYA BRUNNER VON WATTENWYL, 1878***  
**(ORTHOPTERA: TETTIGONIIDAE: PHANEROPTERINAE)**  
**CİNSİNİN İKİ TÜR GRUBUNUN SPERMATOFOR**  
**ÖZELLİKLERİNİN KARŞILAŞTIRILMASI**

**HÜLYA ÖZDEMİR**

**DOKTORA TEZİ**

**MOLEKÜLER BİYOLOJİ VE GENETİK ANABİLİM DALI**

**ORDU 2022**

## TEZ BİLDİRİMİ

Tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan ve kullanılan intihal tespit programının sonuçlarına göre; 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.

**HÜLYA ÖZDEMİR**

**Bu tez, 117Z068 numaralı TÜBİTAK 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

### **ISOPHYA BRUNNER VON WATTENWYL, 1878 (ORTHOPTERA: TETTIGONIIDAE: PHANEROPTERINAE) CİNSİNİN İKİ TÜR GRUBUNUN SPERMATOFOR ÖZELLİKLERİNİN KARŞILAŞTIRILMASI**

**HÜLYA ÖZDEMİR**

**ORDU ÜNİVERSİTESİ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**MOLEKÜLER BİYOLOJİ VE GENETİK ANABİLİM DALI**

**DOKTORA TEZİ, 159 SAYFA**

**(TEZ DANIŞMANI: PROF. DR. HASAN SEVGİLİ)**

Çalıçekirgeleri, çiftleşme davranışının önemini anlamak için sıklıkla çalışılan model organizmalardandır. Erkek çalıçekirgeleri çiftleşme sırasında oldukça maliyetli olan spermatofor olarak adlandırılan düğün hediyesi oluşturur ve dişiye transferini gerçekleştirir. Bu davranış çalıçekirgelerini spermatoforun boyutuyla ilişkili olarak birçok varyasyonun çalışılabilmesi için uygun model organizma haline getirmiştir. Spermatoforu oluşturan spermatofilaks ve ampulla içerdiği sperm sayısı ile ilişkili olarak birçok kez çalışılmıştır. Erkek ve dişi çalıçekirgeleri için çiftleşmenin faydası ya da maliyeti değişse de türlerin birçok evrimsel parametreden etkilendikleri bilinmektedir.

Tez çalışmasında *Isophya* cinsine ait *I. zernovi* (4 tür) ve *I. rectipennis* (5 tür) tür gruplarının birbirinden filogenetik olarak ayrılmasında kullanılan morfolojik, biyoakustik, ve moleküler yöntemlere ilave olarak davranışsal verilerin kullanılabilirliği araştırılmıştır. İlâveten her iki tür grubundan elde edilen vücut büyüklük parametrelerinin spermatofor yatırımı ile ilişkisi, erkeğin üremedeki stratejik yatırımı açıklayan ejakulat koruma hipotezinin desteklenmesinin yanı sıra türlerin ayrımında spermatofor karakterlerinin kullanılabilirliği araştırılmıştır.

Sonuç olarak *I. zernovi* ve *I. rectipennis* tür gruplarından elde edilen davranışsal veriler monofiletik tür grupları arasında belirgin olarak farklılaşmamış fakat ampulla ağırlığının ve sperm sayısının tür grupları bazında farklılaşması bazı fizyolojik parametrelerin de evrimsel tür grupları bazında şekillenebileceğine işaret etmektedir. *I. rectipennis* ve *I. zernovi* tür grubunda erkeğin vücut büyüklüğü ile spermatofor, spermatofilaks ve ampulla ağırlıkları arasında pozitif ilişki bulunmuştur. Vücut büyüklüğü ile sperm sayısı arasındaki ilişki *I. rectipennis* grubundaki türler arasında görülürken, *I. zernovi* grubunda bu ilişkiye rastlanılmamıştır. Her iki tür grubundan elde edilen veriler spermatofilaksın ejakulatı korumaya yönelik fonksiyonunu açıklamaktadır. Çalışılan dokuz türün spermatofor ve içeriklerine dair yatırımlar incelendiğinde türlerin yatırım parametrelerinin türler arasında değişken olduğu, türe özgü özelliklerle belirlendiği görülmektedir.

**Anahtar Kelimeler:** Çiftleşme Başarısı, Ejakulat Koruma Hipotezi, *Isophya*, *I. rectipennis*, *I. zernovi*, Sperm Sayısı, Spermatofor, Tür grubu.

## ABSTRACT

### COMPARISON OF SPERMATOPHORIC FEATURES OF TWO SPECIES GROUPS OF ISOPHYA BRUNNER VON WATTENWYL, 1878 (ORTHOPTERA: TETTIGONIIDAE: PHANEROPTERINAE)

HÜLYA ÖZDEMİR

ORDU UNIVERSITY INSTITUTE OF NATURAL AND APPLIED  
SCIENCES

MOLECULAR BIOLOGY AND GENETICS DEPARTMENT

PHD THESIS, 159 PAGES

(SUPERVISOR: PROF. DR. HASAN SEVGİLİ)

Bushcrickets comprise an important group of model organisms that are intensively studied to understand the evolution of mating behaviour. During mating, male bushcrickets produce nuptial gifts called spermatophore, which is very costly, and transfer it to the female. This behaviour has made bush crickets suitable model organisms to study many variations in spermatophore size. Spermatophylax and ampulla forming the spermatophore have been studied many times in relation to the number of sperm it contains. Although the benefit or cost of mating varies for male and female bushcrickets, it is known that species are affected by many evolutionary parameters.

In the thesis study, the usability of behavioural data in addition to the morphological, bioacoustic, and molecular methods used in the phylogenetic separation of the *I. zernovi* (4 species) and *I. rectipennis* (5 species) species groups of the genus *Isophya* was researched. In addition, the relationship between body size parameters obtained from both species groups and spermatophore investment, supporting the ejaculate protection hypothesis explaining the male's strategic investment in reproduction, as well as the usability of spermatophore characters in the differentiation of species were studied.

As a result, behavioural data obtained from *I. zernovi* and *I. rectipennis* species groups did not differ significantly between monophyletic species groups, but the differentiation of ampulla weight and sperm number based on species groups indicates that some physiological parameters may also be shaped based on evolutionary species groups. In *I. rectipennis* and *I. zernovi* species groups, a positive correlation was found between male body size and spermatophore, spermatophylax and ampulla weights. While the relationship between body size and sperm number was observed among the species in the *I. rectipennis* group, this relationship was not found in the *I. zernovi* group. Data from both species groups describe the function of spermatophylax to protect the ejaculate. When the investments in the spermatophores and their contents of the 9 studied species are examined, it is seen that the investment parameters of the species are variable between species and are determined by species-specific characteristics.

**Keywords:** Ejaculate Protection Hypothesis, *Isophya*, *I. rectipennis*, *I. zernovi*, Mating Success, Species Group, Sperm Number, Spermatophore.

## TEŞEKKÜR

Tez konunun belirlenmesi, alıőmanın yürütölmesi ve yazımı esnasında baőta danıőman hocam Sayın Prof. Dr. Hasan SEVGİLİ'ye ve tez yazım aőamasında maddi ve manevi desteklerini esirgemeyen Sayın Prof. Dr. Mahmut KABALAK, Sayın Doç. Dr. Onur CANDAN ve Sayın Prof. Dr. Emine BAĞDATLI'ya, arazi ve laboratuvar çalışmalarında yardımlarını esirgemeyen Elif AÇIKEL'e teşekkür ederim.

Aynı zamanda, manevi desteklerini her an üzerimde hissettiğim baőta annem Cemile YARAN olmak üzere ailemin tüm bireyelerine, süreçte heran desteğini hissettiğim eőim UĞur ÖZDEMİR'e ve varlıkları ile neőelendiĐimiz ocuklarımız Gökay ve Miray ÖZDEMİR'e teőekkürü bir borç bilirim.

## İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
<b>TEZ BİLDİRİMİ</b> .....	I
<b>ÖZET</b> .....	II
<b>ABSTRACT</b> .....	III
<b>TEŞEKKÜR</b> .....	IV
<b>İÇİNDEKİLER</b> .....	V
<b>ŞEKİL LİSTESİ</b> .....	VII
<b>ÇİZELGE LİSTESİ</b> .....	X
<b>SİMGELER ve KISALTMALAR LİSTESİ</b> .....	XII
<b>EKLER LİSTESİ</b> .....	XIV
<b>1. GİRİŞ</b> .....	1
1.1 Düğün Hediyeleri.....	2
1.2 Orthoptera Takıma Ait Düğün Hediyeleri.....	5
1.2.1 Düğün Hediyesi Olarak Spermatofor.....	6
<b>2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR</b> .....	10
2.1 Spermatofor Yatırımına İlişkin Çalışmalar.....	10
2.2 Spermatofor Yatırımına Çiftleşme Geçmişinin Etkisi.....	17
2.3 Yaş ve Çiftleşme Statüsünün Spermatofor Yatırımı Üzerine Etkisi.....	20
2.4 İşlevsel Eşey Oranının Spermatofor Yatırımları Üzerine Etkisi.....	22
2.5 Morfolojik Çalışmalar.....	23
2.6 <i>Isophya</i> Cinsi Hakkında Genel Bilgi.....	26
2.7 Çalışmanın Amacı.....	31
<b>3. MATERYAL ve YÖNTEM</b> .....	33
3.1 Materyal.....	33
3.2 Yöntem.....	35
3.2.1 Örneklerin Toplanması.....	35
3.2.2 Laboratuvar Çalışmaları.....	36
3.2.2.1 Nimflerin Bakımı.....	36
3.2.2.2 Çiftleşme Çalışmaları.....	37
3.2.2.3 Morfolojik Ölçümler.....	39
3.2.3 İstatistik.....	41
<b>4. ARAŞTIRMA BULGULARI</b> .....	43
4.1 Tür Gruplarının Çiftleşme Davranışı.....	46
4.2 Tüm Türlerin Morfolojik Ölçümlerinin ve Spermatofor Yatırımlarının Değerlendirilmesi.....	47
4.3 Tür grupları Açısından Davranışsal Parametrelerin Karşılaştırılması.....	50
4.4 Spermatofor ve Vücut Büyüklüğü Arasındaki İlişkiler.....	53
4.4.1 Vücut Büyüklük Parametrelerinin Elde Edilmesi.....	53
4.4.1.1 <i>Isophya zernovi</i> Tür Grubuna Ait Değerlendirmeler.....	54
4.4.1.2 <i>Isophya rectipennis</i> Tür Grubuna Ait Değerlendirmeler.....	57
4.4.1.3 <i>Isophya zernovi</i> ve <i>Isophya rectipennis</i> Tür Grubu Erkeklerine Ait Değerlendirmeler.....	61
4.4.1.4 <i>Isophya zernovi</i> ve <i>I. rectipennis</i> Tür Grubu Dişilerine Ait Değerlendirmeler.....	64
4.4.1.5 <i>Isophya zernovi</i> ve <i>Isophya rectipennis</i> Tür Grubunun Dişi ve Erkeklerine Ait Değerlendirmeler.....	68

4.4.2 Vücut Büyüklüğü ile Spermatofor Yatırımı Arasındaki İlişkiler.....	71
4.5 Ejakulat Koruma Hipotezine Yönelik Değerlendirmeler.....	72
4.5.1 <i>Isophya zenovi</i> Grubuna Ait Spermatofor Yatırımı .....	73
4.5.2 <i>Isophya rectipennis</i> Grubu .....	79
4. 6 Tür gruplarındaki Türlerin Spermatofor Yatırımlarının Karşılaştırılması .....	86
4.6.1 <i>Isophya zernovi</i> Grubunda Yer Alan Türlerin Spermatofor Yatırımları.....	86
4.6.2. <i>Isophya rectipennis</i> Grubunda Yer Alan Türlerin Spermatofor Yatırımları....	92
<b>5. TARTIŞMA ve SONUÇ</b> .....	98
5.1 Spermatofor Yatırımının Tür Grupları Bazında Evrimi ve Davranışsal Parametrelerin Karşılaştırılması .....	101
5.2 Spermatofor Yatırımını Belirleyen En Önemli Faktör Vücut Büyüklüğü/ağırlığıdır .....	103
5.3 <i>Isophya</i> Cinsinde Spermatohylax ve Ampulla/ampulla ve Sperm Sayısı Arasındaki İlişkiler Genel Olarak Ejakulat Koruma Hipotezine Olan Uygunluğa İşaret Etmektedir.....	109
5.4 Spermatofor Parametreleri Türlerin Ayrımında Kullanılabilir mi? .....	112
<b>6. KAYNAKLAR</b> .....	119
<b>EKLER</b> .....	135
<b>ÖZGEÇMİŞ</b> .....	159

## ŞEKİL LİSTESİ

### Sayfa

- Şekil 1.1** *Isophya* cinsine ait çiftleşme davranışı. 1-3 *Isophya speciosa*, 4 *I. sureyai*. 6
- Şekil 2.1** *I. zernovi* ve *I. rectipennis* tür gruplarının güncel filogenetik durumu..... 29
- Şekil 3.1 A:** *Isophya autumnalis* (erkek, Gümüşhane); B: *I. karadenizensis* (dişi, spermatoforlu, Trabzon)..... 33
- Şekil 3.2** *I. rectipennis* ve *I. zernovi* tür gruplarına ait literatürde bilinen bazı Türkiye (*I. rectipennis* türü için Anadolu) yayılışları ve sınırları..... 34
- Şekil 3.3** Nimflerin yetiştirildikleri büyük kafesler ..... 37
- Şekil 3.4** Bir çalı çekirgesinde spermatofilaks, ampulla, spermateka ve ovaryum konumu..... 38
- Şekil 3.5** Erkek bireyde morfolojik ölçümlerin alındığı pronotum, kanatlar, subgenital plaka ve serkuslara ait kısımları gösterir fotoğraflar (Prny: Pronotum uzunlukları, Crc: Cerci ölçümleri, Sgp: Subgenital plaka ölçümleri). ..... 40
- Şekil 3.6** Dişi bireyde morfolojik ölçümlerin alındığı baş (erkek de aynı kısımlardan ölçüm alınmıştır), pronotum, kanatlar, ovipositor, subgenital plaka ve arka femurlar (erkek de aynı kısımdan ölçüm alınmıştır) ait kısımlar..... 41
- Şekil 4.1** Tez kapsamındaki *Isophya* türlerine ilişkin arazi çalışmalarında örneklem noktaları..... 45
- Şekil 4.2** *Isophya zernovi* grubuna ait bazı türlerde çiftleşme ve spermatofor görüntüleri. A-B, H-J. *I. autumnalis*, C-E, *I. zernovi*, F-G, *I. karadenizensis*, K-L, *I. bicarinate* ve *I. karadenizensis*'in spermatofor ve ampulla yapısı..... 46
- Şekil 4.3** *I. rectipennis* (5 tür) ve *I. zernovi* (4 tür) tür gruplarında yapılan tüm çiftleşmelerdeki erkek ağırlığı (mg) ile ampulla ağırlığı (mg) ve erkek ağırlığı (mg) ile spermatofor ağırlığı (mg) arasındaki ilişkiyi gösteren doğrusal regresyon ..... 50
- Şekil 4.4** *I. rectipennis* (5 tür) ve *I. zernovi* (4 tür) tür gruplarında yapılan tüm çiftleşmelerdeki erkek ağırlığı (mg) ile sperm sayısı (mg) arasındaki ilişkiyi gösteren doğrusal regresyon..... 51
- Şekil 4.5** *I. rectipennis* (5 tür) ve *I. zernovi* (4 tür) tür gruplarında yapılan tüm çiftleşmelerdeki ampulla ağırlığı (mg) ile sperm sayısı (mg) arasındaki ilişkiyi gösteren doğrusal regresyon..... 51
- Şekil. 4.6** *I. rectipennis* ve *I. zernovi* tür gruplarının grup içi ve gruplar arası, erkek ve dişi vücut ağırlıklarının (mg) karşılaştırması ..... 52
- Şekil 4.7** *I. zernovi* tür grubunda yer alan dişi ve erkek bireylere ait morfolojik verilere ilişkin TBA analizi ve elde edilmiş bileşenlerin dağılımının eşeyler arasındaki durumu ..... 55
- Şekil 4.8** *I. zernovi* tür grubunda yer alan türlerde dişi ve erkekler için morfolojik verilere ilişkin TBA analizi ve elde edilmiş bileşenlerin dağılımı..... 56
- Şekil 4.9** *I. zernovi* tür grubunda yer alan tüm dişi ve erkeklerden alınan morfolojik verilere göre elde edilmiş PC1 skorlarına göre tür gruplarının eşeysel dimorfizmi..... 56
- Şekil 4.10** *I. zernovi* tür grubunda yer alan tüm dişi ve erkeklerden alınan morfolojik verilere göre elde edilmiş PC1 skorlarına göre türlerin eşeysel dimorfizmi.. 57



Şekil 4.11 <i>I. rectipennis</i> tür grubunda yer alan tüm dişi ve erkeklere ait morfolojik verilere ilişkin TBA analizi ve elde edilmiş bileşenlerin dağılımını eşeyler arasındaki durumu .....	59
Şekil 4.12 <i>I. rectipennis</i> tür grubunda yer alan türlerde dişi ve erkeklere ait morfolojik verilere ilişkin TBA analizi ve elde edilmiş bileşenlerin dağılımını eşeyler arasındaki durumu.....	59
Şekil 4.13 <i>I. rectipennis</i> tür grubunda yer alan tüm dişi ve erkeklerden alınan morfolojik verilere göre elde edilmiş PC1 skorlarına göre tür gruplarının eşeyssel dimorfizmi .....	60
Şekil 4.14 <i>I. rectipennis</i> tür grubunda yer alan tüm dişi ve erkeklerden alınan morfolojik verilere göre elde edilmiş PC1 skorlarına göre türlerin eşeyssel dimorfizmi .....	60
Şekil 4.15 <i>I. zernovi</i> ve <i>I. rectipennis</i> tür grubu erkeklerine ait morfolojik verilere ilişkin TBA analizi ve elde edilmiş bileşenlerin dağılımını gruplar arasındaki durumu .....	63
Şekil 4.16 <i>I. zernovi</i> ve <i>I. rectipennis</i> tür grubundaki her bir türün erkeklerine ait morfolojik verilere ilişkin TBA analizi ve elde edilmiş bileşenler .....	63
Şekil 4.17 <i>I. zernovi</i> ve <i>I. rectipennis</i> tür grubunda yer alan erkeklerden alınan morfolojik verilere göre elde edilmiş PC1 skorlarına göre tür gruplarının eşeyssel dimorfizmi .....	64
Şekil 4.18 <i>I. zernovi</i> ve <i>I. rectipennis</i> tür grubu dişilerine ait morfolojik verilere ilişkin TBA analizi ve elde edilmiş bileşenlerin dağılımını gruplar arasındaki durumu .....	66
Şekil 4.19 <i>I. zernovi</i> ve <i>I. rectipennis</i> tür grubundaki her bir türün dişilerine ait morfolojik verilere ilişkin TBA analizi ve elde edilmiş bileşenler .....	67
Şekil 4.20 <i>I. zernovi</i> ve <i>I. rectipennis</i> tür grubunda yer alan dişilerden alınan morfolojik verilere göre elde edilmiş PC1 skorlarına göre tür gruplarının eşeyssel dimorfizmi .....	67
Şekil 4.21 <i>I. zernovi</i> ve <i>I. rectipennis</i> tür grubunda yer alan tüm dişi ve erkeklere ait morfolojik verilere ilişkin TBA analizi ve elde edilmiş bileşenlerin dağılımını gruplar arasındaki durumu .....	70
Şekil 4.22 <i>I. zernovi</i> ve <i>I. rectipennis</i> tür grubunda yer alan tüm dişi ve erkeklerden alınan morfolojik verilere göre elde edilmiş PC1 skorlarına göre erkek ve dişilerin eşeyssel dimorfizmi .....	70
Şekil 4.23 <i>I. zernovi</i> ve <i>I. rectipennis</i> tür grubunda yer alan tüm dişi ve erkeklerden alınan morfolojik verilere göre elde edilmiş PC1 skorlarına göre tür gruplarının eşeyssel dimorfizmi.....	71
Şekil 4.24 <i>I. karadenizensis</i> ' e ait spermatofor verilerinin vücut ağırlığı ve ampulla ağırlığı arasındaki ilişkiler.....	74
Şekil 4.25 <i>I. autumnalis</i> 'e ait spermatofor verilerinin vücut ağırlığı ve ampulla ağırlığı arasındaki ilişkiler.....	75
Şekil 4.26 <i>I. bicarinata</i> 'ya ait spermatofor verilerinin vücut ağırlığı ve ampulla ağırlığı arasındaki ilişkiler.....	77
Şekil 4.27 <i>I. zernovi</i> 'ye ait spermatofor verilerinin vücut ağırlığı ve ampulla ağırlığı arasındaki ilişkiler .....	78
Şekil 4.28 <i>I. nervosa</i> 'ya ait spermatofor verilerinin vücut ağırlığı ve ampulla ağırlığı arasındaki ilişkiler. ....	80

Şekil 4.29 <i>I. rectipennis</i> 'e ait spermatofor verilerinin vücut ağırlığı ve ampulla ağırlığı arasındaki ilişkiler.....	81
Şekil 4.30 <i>I. stenacauda stenacauda</i> 'ya ait spermatofor verilerinin vücut ağırlığı ve ampulla ağırlığı arasındaki ilişkiler.....	83
Şekil 4.31 <i>I. stenacauda obenbergeri</i> 'ye ait spermatofor verilerinin vücut ağırlığı ve ampulla ağırlığı arasındaki ilişkiler.....	84
Şekil 4.32 <i>I. ilkazi</i> 'ye ait spermatofor verilerinin vücut ağırlığı ve ampulla ağırlığı arasındaki ilişkiler .....	86
Şekil 4.33 <i>I. zernovi</i> grubu türlerinde çiftleşmeden önceki erkek vücut ağırlıklarının durumu. ....	88
Şekil 4.34 <i>I. zernovi</i> grubu türlerinde çiftleşmeden önceki dişi vücut ağırlıklarının durumu .....	89
Şekil 4.35 <i>I. zernovi</i> grubu türlerinde çiftleşme sırasında transfer edilen spermatofor ağırlıklarının durumu.....	89
Şekil 4.36 <i>I. zernovi</i> grubu türlerinde çiftleşme sırasında transfer edilen ampulla ağırlıklarının durumu.....	90
Şekil 4.37 <i>I. zernovi</i> grubu türlerinde çiftleşme sırasında transfer edilen sperm sayısının durumu .....	90
Şekil 4.38 <i>I. zernovi</i> grubuna ait türlerin tamamına ait spermatofor verilerinin vücut ağırlığı ve ampulla ile olan ilişkileri.....	91
Şekil 4.39 <i>I. rectipennis</i> grubu türlerinde çiftleşmeden önceki erkek vücut ağırlığının durumu .....	94
Şekil 4.40 <i>I. rectipennis</i> grubu türlerinde çiftleşmeden önceki dişi vücut ağırlığının durumu .....	95
Şekil 4.41 <i>I. rectipennis</i> grubu türlerinde spermatofor ağırlığına (erkek) ilişkin durumu .....	95
Şekil 4.42 <i>I. rectipennis</i> grubu türlerinde ampulla ağırlığına (erkek) ilişkin durumu.....	96
Şekil 4.43 <i>I. rectipennis</i> grubu türlerinde sperm sayısına ilişkin durumu .....	96
Şekil 4.44 <i>I. rectipennis</i> grubuna ait türlerin tamamına ait spermatofor verilerinin vücut ağırlığı ve ampulla ile olan ilişkileri.....	97

## ÇİZELGE LİSTESİ

### Sayfa

<b>Çizelge 4.1</b> <i>I. rectipennis</i> ve <i>I. zernovi</i> tür gruplarının çiftleşme yatırımları açısından karşılaştırılması .....	53
<b>Çizelge 4.2.</b> <i>I. zernovi</i> tür grubu dişi ve erkeklerine ait morfolojik verilere ilişkin TBA analizi ve elde edilmiş bileşenler.....	54
<b>Çizelge 4.3.</b> <i>I. zernovi</i> tür grubuna ait morfolojik verilere ilişkin TBA analizinden elde edilen bileşenlerin Anova analizi.....	54
<b>Çizelge 4.4</b> <i>I. rectipennis</i> tür grubu dişi ve erkeklerine ait morfolojik verilere ilişkin TBA analizi ve elde edilmiş bileşenler.....	57
<b>Çizelge 4.5.</b> <i>I. rectipennis</i> tür grubuna ait morfolojik verilere ilişkin TBA analizinden elde edilen bileşenlerin Anova analizi.....	58
<b>Çizelge 4.6</b> <i>I. zernovi</i> ve <i>I. rectipennis</i> tür grubu erkeklerine ait morfolojik verilere ilişkin TBA analizi ve elde edilmiş bileşenler .....	61
<b>Çizelge 4.7</b> <i>I. zernovi</i> ve <i>I. rectipennis</i> tür grubu erkeklerine ait morfolojik verilere ilişkin TBA analizinden elde edilen bileşenlerin Anova analizi .....	62
<b>Çizelge 4.8</b> <i>I. zernovi</i> ve <i>I. rectipennis</i> tür grubu dişilerine ait morfolojik verilere ilişkin TBA analizi ve elde edilmiş bileşenler .....	65
<b>Çizelge 4.9</b> <i>I. zernovi</i> ve <i>I. rectipennis</i> tür grubu dişilerine ait morfolojik verilere ilişkin TBA analizinden elde edilen bileşenlerin Anova analizi .....	65
<b>Çizelge 4.10</b> <i>I. zernovi</i> ve <i>I. rectipennis</i> tür grubunda yer alan tüm dişi ve erkeklere ait morfolojik verilere ilişkin TBA analizi ve elde edilmiş bileşenler .....	68
<b>Çizelge 4.11</b> <i>I. zernovi</i> ve <i>I. rectipennis</i> tür grubundaki erkek ve dişilerine ait morfolojik verilere ilişkin TBA analizinden elde edilen bileşenlerin Anova analizi .....	69
<b>Çizelge 4.12</b> <i>I. rectipennis</i> tür grubunda yer alan erkek ve dişi ağırlıkları ile spermatofor ve içerikleri arasındaki ilişkiler.....	71
<b>Çizelge 4.13</b> <i>I. zernovi</i> tür grubunda yer alan erkek ve dişi ağırlıkları ile spermatofor ve içerikleri arasındaki ilişkiler .....	72
<b>Çizelge 4.14</b> <i>I. rectipennis</i> ve <i>I. zernovi</i> grubunda yer alan erkek ve dişi ağırlıkları ile spermatofor ve içerikleri arasındaki ilişkiler.....	72
<b>Çizelge 4.15</b> <i>I. rectipennis</i> ve <i>I. zernovi</i> türlerinden ejakulat koruma hipotezine uygunluk gösteren türlerin çizelgesi .....	73
<b>Çizelge 4.16</b> <i>Isophya karadenizensis</i> 'de yapılan tüm çiftleşmelere ait spermatofor içeriği arasındaki ilişkiler .....	73
<b>Çizelge 4.17</b> <i>Isophya autumnalis</i> 'de spermatofor içeriği arasındaki ilişkiler.....	75
<b>Çizelge 4.18</b> <i>Isophya bicarinata</i> 'da spermatofor içeriği arasındaki ilişkiler.....	76
<b>Çizelge 4.19</b> <i>Isophya zernovi</i> 'de spermatofor içeriği arasındaki ilişkiler.....	78
<b>Çizelge 4.20</b> <i>Isophya nervosa</i> 'da spermatofor içeriği arasındaki ilişkiler.....	79
<b>Çizelge 4.21</b> <i>Isophya rectipennis</i> 'de spermatofor içeriği arasındaki ilişkiler.....	80
<b>Çizelge 4.22</b> <i>Isophya stenocauda stenocauda</i> türünde spermatofor içeriği arasındaki ilişkiler.....	82
<b>Çizelge 4.23</b> <i>Isophya stenocauda obenbergeri</i> 'de spermatofor içeriği arasındaki ilişkiler.....	83
<b>Çizelge 4.24</b> <i>Isophya ilkazi</i> 'de spermatofor içeriği arasındaki ilişkiler.....	85
<b>Çizelge 4.25</b> <i>Isophya zernovi</i> grubuna ait türlerin karşılaştırılması .....	86

<b>Çizelge 4.26</b> <i>Isophya rectipennis</i> tür grubuna ait türlerin spermatofor yatırımının karşılaştırılması .....	92
<b>Çizelge 5.1</b> Barbitistini (Tettigoniidae: Phaneropterinae) tribüsüne dahil çekirge cinslerine ait türlerin literatürde verilmiş spermatofor verilerinin cins düzeyindeki özeti.....	99

## SİMGELER ve KISALTMALAR LİSTESİ

---

<b>EA</b>	: Erkek Ağırlığı
<b>DA</b>	: Dişi Ağırlığı
<b>SPF</b>	: Spermatfor Ağırlığı
<b>SPFLX</b>	: Spermatofilaks Ağırlığı
<b>AMP</b>	: Ampulla Ağırlığı
<b>SP</b>	: Sperm sayısı
<b>%SP</b>	: Yüzde Spermatfor Oranı
<b>%SPFLX</b>	: Yüzde Spermatofilaks Oranı
<b>%AMP</b>	: Yüzde Ampulla Oranı
<b>mg</b>	: Miligram
<b>m</b>	: Metre
<b>g</b>	: Gram
<b>ml</b>	: Mililitre
<b>cm</b>	: Santimetre
<b>mm</b>	: Milimetre
<b>p</b>	: Önem Düzeyi
<b>SH</b>	: Standard Hata
<b>Df</b>	: Serbestlik Derecesi
<b>F</b>	: İstatistik Değeri
<b>R<sup>2</sup></b>	: Regresyon Değeri
<b>Ort</b>	: Ortalama
<b>N</b>	: Birey sayısı
<b>ANOVA</b>	: Tek Yönlü Varyans Analizi
<b>GLM</b>	: Genelleştirilmiş Linear Model
<b>Prnd1</b>	: Pronotum Ölçüsü1
<b>Prnd2</b>	: Pronotum Ölçüsü2
<b>Prnd3</b>	: Pronotum Ölçüsü3
<b>Prnd4</b>	: Pronotum Ölçüsü4
<b>PrndA</b>	: Pronotum Ölçüsü Alan
<b>Sgp1</b>	: Subgenital Plaka Ölçüsü1
<b>Sgp2</b>	: Subgenital Plaka Ölçüsü2
<b>Sgp3</b>	: Subgenital Plaka Ölçüsü3
<b>Sgp4</b>	: Subgenital Plaka Ölçüsü4
<b>Prndy1</b>	: Pronotum Yan Ölçüsü1
<b>Prndy2</b>	: Pronotum Yan Ölçüsü2
<b>Prndy3</b>	: Pronotum Yan Ölçüsü3
<b>Crc1</b>	: Cerci Uzunluğu1
<b>Crc2</b>	: Cerci Uzunluğu2
<b>Crc3</b>	: Cerci Uzunluğu3
<b>Crc4</b>	: Cerci Uzunluğu4
<b>Fs1</b>	: Fastigium Ölçüsü1
<b>Fs2</b>	: Fastigium Ölçüsü2
<b>Fs3</b>	: Fastigium Ölçüsü3
<b>Fs4</b>	: Fastigium Ölçüsü4

---

---

<b>Ovp1</b>	:	Ovipozitör Ölçüsü1
<b>Ovp2</b>	:	Ovipozitör Ölçüsü2
<b>Ovp3</b>	:	Ovipozitör Ölçüsü3
<b>Sgf1</b>	:	Sağ Femur Ölçüsü1
<b>Sgf2</b>	:	Sağ Femur Ölçüsü1
<b>Slf1</b>	:	Sol Femur Ölçüsü1
<b>Slf2</b>	:	Sol Femur Ölçüsü1
<b>TBA</b>	:	Temel Bileşenler Analizi
<b>PC1</b>	:	Faktör1
<b>PC2</b>	:	Faktör2
<b>PC3</b>	:	Faktör3
<b>PC4</b>	:	Faktör4

---

## EKLER LİSTESİ

### Sayfa

<b>EK 1.</b> <i>Isophya zernovi</i> tür grubuna ait lokalite bilgileri .....	135
<b>EK 2.</b> <i>Isophya rectipennis</i> tür grubuna ait lokalite bilgileri .....	137
<b>EK 3.</b> <i>I. rectipennis</i> tür grubunda bazı morfolojik yapılara ait ilişkin temel istatistikler .....	139
<b>EK 4.</b> <i>I. zernovi</i> tür grubunda bazı morfolojik yapılara ait temel istatistikler .....	140
<b>EK 6.</b> <i>I. rectipennis</i> tür grubuna ait tanımlayıcı veriler .....	142
<b>EK 7.</b> <i>Isophya autumnalis</i> nimf, genç ergin ve erginleri .....	143
<b>EK 8.</b> <i>Isophya karadenizensis</i> nimf, genç ergin ve erginleri .....	144
<b>EK 9.</b> <i>Isophya bicarinata</i> nimf, genç ergin ve erginleri .....	145
<b>EK 10.</b> <i>Isophya zernovi</i> nimf, genç ergin ve erginleri .....	146
<b>EK 11.</b> <i>Isophya nervosa</i> . A, C: Juvenil ergin erkek; B, D: Juvenil dişi. ....	147
<b>EK 12.</b> <i>Isophya nervosa</i> , A-B: Son evre dişi nimf; C-D: Son evre erkek nimf, <i>Isophya ilkazi</i> , A-B erkek, C-D dişi. ....	148
<b>EK 13.</b> <i>Isophya obenbergeri</i> , A: Ergin erkek; B: Nimf erkek; C: Juvenil dişi; D: Nimf dişi, <i>Isophya obenbergeri</i> erkek, B-D <i>Isophya ilkazi</i> dişi .....	149
<b>EK 14.</b> <i>Isophya bicarinata</i> 'nın toplandığı habitat (Bayburt-Erzurum). ....	150
<b>EK 15.</b> <i>Isophya autumnalis</i> 'in toplandığı habitat (Gümüşhane, Gümüşhane-Trabzon arası). ....	151
<b>EK 16.</b> <i>Isophya karadenizensis</i> 'in toplandığı habitat (Trabzon, Erzurum-Artvin). ....	152
<b>EK 17.</b> <i>Isophya ilkazi</i> 'nin toplandığı habitat (Kastamonu) .....	153
<b>EK 18.</b> <i>Isophya ilkazi</i> 'nin toplandığı habitat (Kastamonu) .....	154
<b>EK 19.</b> <i>Isophya nervosa</i> 'nın toplandığı habitat (Kırıkkale) .....	155
<b>EK 20.</b> <i>Isophya stenocauda</i> 'nın toplandığı habitat (Çorum) .....	156
<b>EK 21.</b> <i>Isophya nervosa</i> 'nın ve <i>Isophya obenbergeri</i> 'nin toplandığı habitat (Kırıkkale-Çankırı) .....	157
<b>EK 22.</b> <i>Isophya obenbergeri</i> ve <i>Isophya rectipennis</i> 'in toplandığı habitat (Kastamonu). ....	158

## 1. GİRİŞ

Bir popülasyonun evrimsel sürecini etkileyen önemli unsurlardan biri üreme başarısındaki farklılıklardır. Eşeyssel seçilim, farklı fenotipteki bireylerin üreme başarısındaki kazancını temel alarak evrimsel süreci yönlendiren önemli faktörlerden biridir (Anderson, 1994). Erkek ve dişi bireyler çiftleşme sırasında rekabetin bir sonucu olarak seçilen özellikler yönünden farklılık gösterirler ve bu durum ebeveyn yatırımının belirlemesi açısından önemlidir.

Bir çiftleşmede dişinin eş tercihi ile belirlemek istediği olası faydalar, artan verimlilik, yavru bakımı, en iyi besin sağlayan eş (partner), çiftleşme yerinin güvenliği, zengin besin kaynağı, predatör ve rahatsız edici bireylere karşı en iyi koruma sağlayan partneri seçmek şeklinde olabilir (Arnqvist ve Nilsson, 2000). Eşleşmenin temel fonksiyonu dişiye sperm transferinin sağlanmasıdır. Üreme başarısı erkekler için birden fazla dişiyle çiftleşerek genlerinin yeni nesillere aktarılma çabası şeklinde ifade edilirken dişilerin üreme başarısı üretilen yumurta ve yavru sayısı ile ilişkilidir. Çekirgelerde dişiler aynı bireyle ya da farklı bireylerle tekrarlanan çiftleşmeler yaparlar. Birden fazla erkekle eşleşen dişinin spermatekasında çok fazla miktarda sperm bulunması ve bu durumun sperm rekabetini doğurması elbette kaçınılmazdır (Parker, 1990; Simmons, 2001). Dolayısıyla olası bir çiftleşmedeki dişinin eş tercihi, erkeklerin yatırım parametrelerinde evrimsel olarak farklılaşmaya neden olmuş ve buna bağlı olarak da üreme başarısını en iyi artıracak eş seçimi davranışı ortaya çıkmıştır.

Olası bir çiftleşmede eşeyssel seçilime yön veren önemli faktörlerden biri de popülasyonda aktif üremeye hazır durumda bulunan dişi ve erkek oranıdır (OSR: Operational sex ratio) (Heller ve von Helversen, 1991). Dolayısıyla dişi ve erkek oranının fazla olduğu popülasyonlarda dişi ve erkeğin rekabete maruz kalması ve üreme başarısını en üst seviyeye taşıyacak olan bireyin seçilimi beklenir (Thornhill ve Alcock, 1983). Dolayısıyla eşey oranı eşeyssel seçilimin bir belirleyicisi olarak oldukça önemlidir ve gen havuzuna iyi genlerin aktarımını sağlaması açısından belirleyicidir (Jones ve ark., 2000; Stearns ve Hoekstra, 2005).

Böceklerde çiftleşme sistemleri içerisinde poliandri, poligami, poligini, poliginandri ve monandri gibi farklı üreme sistemlerinin olduğu görülmektedir.



Böceklerin eşleşme sistemindeki bu çeşitlilik dişi ve erkek arasında farklı çiftleşme stratejilerinin ortaya çıkmasına neden olmuştur (Stearns ve Hoekstra, 2005; Alcock, 2009). Bu farklılıkların bir sonucu olarak çeşitli böcek gruplarına bakıldığında, çiftleşme öncesinde veya sonrasında hediye sunma davranışı oldukça yaygındır (Vahed, 1998; Gwynne, 2001; Gwynne, 2008). Düğün hediyesi olarak adlandırılan bu hediyelerin büyüklüğü, ağırlığı, besin içeriği gibi özellikleri dişilerin eş tercihi üzerinde etkili olmakla birlikte erkeğin üreme başarısı üzerindeki katkısı çalışmalara konu olmuştur (Vahed,1998; Gwynne, 2001; Gwynne, 2008; Lewis ve South, 2012).

### **1.1 Düğün Hediyeleri**

İnsanlar, kuşlar, salyangozlar, cırcır böcekleri, uğur böcekleri, tahtakuruları, kelebekler ve ateş böceklerinin kur davranışı veya çiftleşme sırasında hediye alışverişinde buldukları bilinmektedir. Bu düğün hediyeleri arasında çeşitli yiyecekler, vücut parçaları, tükürük bezi salgıları, aşk tuzakları ve spermatofor olarak bilinen sperm içeren paketler bulunmaktadır (Boggs, 1995; Lewis ve South, 2012). Morfolojik, fizyolojik ve biyokimyasal olabilen bu özellikler hem çiftleşme öncesi hem de çiftleşme sonrasındaki eşeyssel seçilim mekanizmalarının düzenlenmesinde önemli bir yere sahiptir. Kur davranışı sırasındaki bireylerin rolleri, çiftleşme oranları ve eşeyssel dimorfizmin boyutunu belirlemekte ve uzun zamandır beslenme ekolojisini eşeyssel seçilim ile ilişkilendirmektedir (Thornhill ve Alcock, 1983; Leimar ve ark., 1994).

Hayvanlar alemi içerisinde geniş kapsamlı yapılan araştırmalarda erkeklerin kur ya da çiftleşme davranışı sırasında farklı çeşitlerde gamete dayalı olmayan yatırımları dişilere transfer ettikleri bildirilmiştir. Bu yatırımlar, lipitler, karbonhidratlar, proteinler, peptitler, amino asitler, ürik asit, mineraller, su, predatörlere karşı savunma sağlayan bileşikler, anti afrodizyak feromonlar ve alıcı fizyolojisini etkileyen nöroendokrin modülatörler şeklinde olabilir. Tüm bu düğün hediyeleri üreme davranışının ve hayvan çiftleşme sistemlerinin gelişiminde oldukça önemlidir (Thornhill ve Alcock, 1983; Andersson, 1994).

Düğün hediyeleri, erkeğin üreme başarısını artıran ve aynı zamanda kur davranışını ve eşeyssel dimorfizm boyutunu etkileyerek erkeğin üreme başarısını sınırlandıran bileşiklerdir (Gwynne ve Simmons, 1990; Leimar ve ark., 1994; Boggs,

1995). Hediye verenin ve hediye kabul edilme biçimi, hediye verme davranışının yanı sıra hediye yapısı ve biyokimyasal içeriğinin belirlenmesi üzerine de etkilidir.

Birçok kuş türünde kur davranışı sırasında erkek tarafından yakalanan avlar dişi tarafından besin olarak tüketilirken (Lack, 1940; Mougeout ve ark., 2006), akreplerde erkekler dişilere ölü böcekler ya da kendi tükürük salgılarını sunarlar (Thornill, 1981; Liu ve Hua, 2010). Bazı çekirgelerde dişiler, erkeğin arka bacağındaki tibial spurdan hemolenf emerler (Gwynne, 1997; Piascik ve ark., 2010; Fedorka ve Sevgili, 2014). Birçok hayvan grubunda (semenderler, yumuşakçalar, kabuklular, solucanlar, sülükler, çekirgeler gibi birçok canlı grubunda) erkek bireyler, biyokimyasal açıdan oldukça zengin spermatoforu çiftleşme sırasında dişilere sunarlar (Mann, 1984). Tüm bu örneklere ilave olarak hediye verme davranışı sadece erkeklere özel değildir. Heteroptera takımına ait *Zeus* cinsine ait böcek türlerinde dişi tarafından üretilen salgılar erkek birey tarafından tüketilir (Arnqvist ve ark., 2003). Lewis ve South (2012) tarafından ise hediyelerin üretim şekilleri ve kabul edilme biçimlerine göre bir sınıflandırma yapılmıştır ve bazı yeni tanımlamalar yapılmıştır. Tükürük bezinde, üreme bezlerinde ya da diğer bezlerinde erkeğin kendisi tarafından üretilen materyaller içsel hediyeler (Endogenous gifts) olarak isimlendirilmiştir. Bu materyaller çiftleşme öncesinde, çiftleşme sırasında ya da çiftleşmeden hemen sonra dişi tarafından tüketilirler (Boggs, 1995; Vahed, 1998). Erkek tarafından yakalanan ya da toplanan besin parçaları, tohumlar ya da avlar gibi genellikle besin içeriği olan materyaller dışsal hediyeler (Exogenous gifts) olarak gruplandırılmıştır. Bu hediyelerin genellikle dişinin verimliliği üzerine net bir faydası vardır ve erkeğin artan üreme başarısıyla ilişkilendirilir. Bir diğer ayırım ise hediye kabul edilme biçimine göre yapılmıştır. Oral hediyeler erkeklerin, tükürük bezinde, üreme bezlerinde veya çeşitli salgı bezlerinde üretilen salgılardan ya da erkeğin vücudunun belli bir bölümünden oluşan hediyelerdir. Bu hediyeler dişi tarafından çiftleşme öncesinde, çiftleşme sırasında ya da çiftleşmeden hemen sonra tüketilen materyallerden oluşur (Boggs, 1995; Vahed, 1998). Örneğin *Oecanthus nigricans*'de (Orthoptera) dişiler erkeklerin dorsalinde yerleşmiş bir salgı bezinden beslenirken, Diptera ve Mecoptera takımındaki bazı türlerde dişiler erkeklerin tükürük salgılarını tüketir (Bidochka ve Sneed, 1985; Lewis ve South, 2012).

Orthoptera takımına ait birçok uzun ve kısa antenli çekirgede ise erkeğin üreme bezlerinden üretilen spermatoforum jelatinimsi içeriği olan spermatofilaks dişi tarafından besin olarak tüketilir (Vahed, 1998). Birçok Mantidae (Mantodea) üyesinde eşeysel kannibalizm görülür ve dişiler çiftleşme sırasında eşini öldürür ve çiftleşme sırasında veya sonrasında eşini besin olarak tüketir (Elgar ve Schneider, 2004). Yapılan çalışmalarda bu hediyelerin dişinin besin diyeti üzerindeki çeşitli etkilerinden bahsedilmiştir. Hemolenf, erkeğin vücut parçaları, avlar ya da diğer besinsel içeriklerin, dişinin besin ihtiyacını önemli derecede karşıladığı ifade edilmiştir (Gwynne, 2008). Erkeğin salgı bezlerinde üretilen salgıların ise dişinin diyetinde hayli önemli olduğu, bu hediyelerin eksikliğinde çeşitli makro besinler (proteinler, yağlar ve karbonhidratlar), mikro besinler (sodyum ve çinko) ya da savunma bileşenleri olarak ifade edilen (kantaridin, alkaloidler, pirolizidin ve siyonojenik glikozidler) maddelerin dişilerin diyetini sınırlandığı bildirilmiştir (Boggs, 1995; Vahed, 1998). Tüm bunlara ilave olarak eşeysel çatışma (sexual conflict) teorisine göre erkeğin salgı bezinde üretilen bu hediyelerin dişinin uyum gücü üzerine net bir katkısı olmadığını ifade eden çalışmalar da vardır (Arnqvist ve Nilsson, 2003; Arnqvist ve Rowe, 2005). Dolayısıyla oral hediyelerin dişinin uyum gücü üzerinde pozitif, negatif ya da hiçbir etkisi olmayabilir. Erkek açısından bakıldığında ise bu oral hediyeler dişi tarafından kabul edildiğinde, erkeğin üreme başarısını, kopulasyon süresini ve kopulasyon sırasında dişiye transfer edilen sperm sayısını artırmaktadır. Örneğin örümceklerde meydana gelen eşeysel kannibalizm erkeğin kopulasyon süresi uzamasını sağlar ve bu durum transfer edilen sperm sayısını artırırken erkeğin ebeveynlik şansı artırır, dişinin ise üretkenliğini artırırken daha fazla sayıda yavru hayatta kalır (Andrade, 1996; Elgar ve Schneider, 2004; Herberstein ve ark., 2011; Welke ve Scheider, 2012). Erkeğin dişiye transfer ettiği besin, eğer dişinin yeme süresini uzatıyorsa dişiye bu durumda daha fazla sperm transferi gerçekleşecektir. Örneğin birçok uzun antenli çekirge türünde (Orthoptera: Ensifera) erkek tarafından üretilen spermatofilaks yapısı oldukça yapışkandır ve dişi bu yapıyı hızlıca tüketemez ve bu durum dişiye daha fazla sperm transferini mümkün kılar (Vahed, 2007).

Dişi üreme sistemi tarafından kabul edilen hediyeler genital hediyeler olarak (spermatofor ve seminal sıvı gibi), deri yardımıyla alınan hediyeler ise transdermal

hediyeler (aşk tuzakları, deri içine spermatofor implantasyonu, sülük ve tahtakurularında hipodermik salgılama) olarak gruplandırılmıştır. Dişinin genital açıklığına transfer edilen spermatofor yapısı sperm kaybını önlemek ya da korumak için oluşturulmuştur (Khalifa, 1949; Davey, 1960) ve birçok hayvan grubunda yapısı detaylandırılmıştır (Thornhill, 1976; Mann, 1984).

## 1.2 Orthoptera Takıma Ait Düğün Hediyeleri

Bireyler arasında meydana gelen çiftleşmenin fayda ve maliyetlerinin araştırıldığı çalışmalarda iki önemli faktör çalı çekirgelerinin (Orthoptera: Tettigoniidae) model organizma olarak kullanılmasına neden olmuştur. Çiftleşme sistemlerinin yaygın olarak çalışıldığı bu grubun değişken çevre şartlarında yaşayabilmeleri ve laboratuvar koşullarına hızlıca uyum sağlayabilmeleridir. İlaveten çalı çekirgeleri çiftleşmelerinde yüksek besin değerine sahip “Spermatofor” olarak adlandırılan oldukça büyük düğün hediyesinin dişilere transfer edilmesini sağlayan mekanizmalara sahiptir (Gerhardt, 1913; Boldyrev, 1915; Wedell, 1993b; Wedell, 1994; Vahed, 1998; Gwynne, 1997; Gwynne, 2001). İkincisi ise Tettigoniidlerin hem eşeyssel yöneliminde hem de tür içi seçilimde önemli bir yere sahip olan akustik sinyallerin üretilebilmesidir (Bailey ve ark., 1993).

Orthoptera takımına ait böceklerde düğün hediyeleri erkeğin vücudunun bir parçası veya dişiler tarafından ağız yardımıyla absorbe edilen çeşitli salgılar ve genital olarak kabul edilen ya da her iki yolla da alınabilen hediyeler şeklinde olabilir. *Pteronemobius* ve *Allonemobius* (Gryllidae: Nemobiinae) cinslerine ait çekirgelerde dişi bireyler, erkeğin arka bacağındaki tibial spuru çiğneyerek hemolenf emerler (Mays, 1971; Federko ve Mousseau, 2003; Fedorka ve Sevgili, 2014). Benzer olarak *Cyphoderris* (Tettigonidae: Hagnlidae) cinsine ait türlerde dişi birey, erkeğin kanadından hemolenf emmektedir (Morris, 1979; Dodson ve ark., 1983;). *Oecanthus* cinsine ait ağaç çekirgelerinde (Gryllidae: Oecanthinae) ise dişi bireyler, erkeklerin dorsalinde thoraks bölgesinde bulunan metanotal bezden beslenirler (Brown, 1997). Metanotal bezden beslenme Orthoptera takımına ait birçok farklı türde de görülür (Vahed, 1998).

### 1.2.1 Düğün Hediyesi Olarak Spermatorfor

Çalı çekirgelerinin de içinde olduğu birçok böcek türünde çiftleşme sırasında erkekler dişilere spermatorfor adı verilen düğün hediyesi transfer ederler (Wedell, 1993, 1994; Gwynne, 1995; Gwynne, 1997; Vahed, 1998; Gwynne, 2001; Lehmann, 2012). Spermatorfor, salgı bezlerinden (Accessory gland) iki ayrı parça halinde üretilir; sperm içeren küçük bir ampulla, büyük jelatinimsi yapıda bir spermatorfilakstan meydana gelir (Gwynne, 2001; Gwynne, 1997). Kopulasyon süresince ampulla, dişinin genital açıklığına takılı olarak kalır ve erkek kopulasyondan sonra dişiden ayrıldığında dişi spermatorfilakstan beslenirken ampulladan dişinin üreme sistemine doğru sperm geçişi devam eder (Boldyrev, 1915). Dişi spermatorfilaks yapısını tamamen tükettiğinde, ampulladan kalan kalıntıları da tüketerek, genital açıklığından uzaklaştırır (Gwynne, 1984; Gwynne ve ark., 1984; Sakaluk, 1984) (Şekil 1.1).



**Şekil 1.1** Isophya cinsine ait çiftleşme davranışı. 1-3 *Isophya speciosa*, 4 *I. sureyai* (Fotoğraflar: H. Sevgili)

Dişi bireyler, çiftleşmelerinde genellikle vücut kütlesi fazla olan erkekleri tercih ederek daha fazla besin temin etme eğilimindedirler (Lehmann ve Lehmann, 2008). Erkekler çiftleşme sırasında dişilere büyük spermatorfilaks sunduklarında dişinin spermatorfilaksı yeme süresi uzar ve buna bağlı olarak spermatorfilaksın boyutuna bağlı olarak ampullanın da vaktinden önce tüketilmesi engellenir. Bu sırada

da dişinin spermatekasına doğru ampulladan sperm transferi gerçekleşirken, dişinin yeniden çiftleşme periyodu uzamış olur (Gwynne, 1997; Gwynne, 2001; Lehmann, 2012).

Düğün hediyesinin her iki eşeeye faydası ve maliyetinin araştırıldığı *R. verticalis* (Tettigonidae) türünde yapılan çalışmada spermatoforum erkeğin vücut ağırlığının %15-20'sine karşılık geldiği (Davies ve Dadour, 1989), spermatofilaksın (ampulla hariç) spermatofor ağırlığının %78'ine karşılık geldiği ifade edilmiştir. Spermatofilaksın %13.5 olan protein içeriği birden fazla çiftleşme gerçekleştiren erkek bireyler için oldukça maliyetlidir (Bowen ve ark., 1984). İlaveten yapılan bazı çalışmalarda spermatofor ağırlığının erkek vücut kütesinin %2'si (*Acripeza reticulata*: Wedell, 1993b) ile %40'ı (*Epiphigger epiphigger*: Busnel ve Dumortier, 1955; *Poecilimon thessalicus*: McCartney ve ark., 2008) arasında değiştiği ifade edilmiştir.

Orthoptera'da birçok grupta erkek bireylerin kur davranışı sırasında dişileri kendilerine çekmek için akustik sinyaller ürettiği bilinmektedir. Erkek bireylerin akustik sinyaller için ortalama enerji yatırımı 3.2 kJ/h (Bailey ve ark., 1993) ve spermatofor üretimi için 1.1 kJ'dür (Simmons ve ark., 1992), bu bağlamda akustik ses üretimi için, toplamda erkeğin günlük aktivitesinin %70'ine karşılık gelen bir yatırım söz konusudur (Simmons ve ark., 1992). Dolayısıyla düğün hediyesi erkeğin çiftleşme sıklığını etkileyecek kadar maliyetlidir ve bu durum çalı çekirgelerinde eşeysel seçilimin erkekler üzerindeki baskısını, erkekler için üretimi sınırlı olan spermatofor yatırımının arttırma eğilimde olmalarına neden olmaktadır. Yapılan çalışmalarda bildirildiği üzere erkekler yeniden çiftleşme için 2-2.5 günlük bir dinlenmeye ihtiyaç duyarlar (Davies ve Dadour, 1989; Gwynne, 1990; Uma ve Sevgili, 2015; Sevgili ve ark., 2015) ve erkeğin besin diyeti sınırlandırılan erkek bireylerin kur davranışı ve spermatofor yatırımı için daha az yatırım yapmak durumunda kalacakları yapılan çalışmalarda bildirilmiştir (Simmons ve ark., 1992).

Çalı ekirgelerinde, ampullanın ejakulata ev sahipliği yapması ve fonksiyonu nispeten açıkken spermatofilaksın fonksiyonu tartışmalıdır. Yapılan alışmalar incelendiğinde spermatofilaksın işlevini açıklayan iki önemli hipotez öne sürülmüştür (Gwynne, 1984; Wedell, 1994; Simmons, 1995; Gwynne, 1997):

1) Ejakulat koruma hipotezi (çiftleşme çabası içerisinde değerlendirilir ve ampulla yenilmeden önce spermelerin dişinin spermatekasına transferinin mümkün olabildiğini önemli görür); 2) Ebeveyn yatırımı hipotezi (yumurta sayısı, larval çıkış ve larvaların erginliğe ulaşma oranı vs. gibi üreme başarısı ile doğrudan ilişkili verilerin ölçümü üzerine dayanır). Yapılan bazı çalışmalarda bazılarında spermatofilaksın asıl işlevinin ebeveyn yatırımı hipotezini desteklemek olduğu bildirilmişse de (Gwynne, 1986; Simmons, 1988) birçok çalı çekirgesi türünde spermatofilaksın ejakulatı koruma fonksiyonu olduğuna değinen birçok çalışma bulunmaktadır (Wedell, 1991; Reinhold ve Heller, 1993; Vahed ve Gilbert, 1996; Uma ve Sevgili, 2015; Sevgili ve ark., 2015; Sevgili, 2016). Spermatofor üretimi erkek için oldukça maliyetli olup, eşeyssel seçilimi ve eşeylerin çiftleşme öncesi kur davranışlarını etkilemektedir (Gwynne, 1995, 1997). Ensifera (Orthoptera) alttakımının familya ve bazı alt taksonlar için yapılan filogenetik analizde ampulla yapısının ve spermatofilaksın çeşitlilik gösterdiği ve bazı gruplarda spermatofilaksın tamamen yitirildiği yapılan çalışmalarda bildirilmiştir (Gwynne, 1995).

Çiftleşmeden hemen sonra dişi spermatofilakstan başlayarak ampulla dahil tüm spermatoforu yeme eğilimi göstermektedir (Şekil 1.1). Spermatoforun tüketilmesi içerdiği besin elemanları nedeniyle dişiye doğrudan fayda sağlamaktadır (Heller ve ark., 1998; Vahed, 1998; Voigt ve ark., 2008;). Hatta dişi birey başka hiçbir besin tüketmeden gün içerisinde yapacağı ek çiftleşmelerle besin ihtiyacını spermatofor tüketerek sağlayabilir (Voigt ve ark., 2005). Ancak, dişiler çiftleşmeden sonra öncelikle spermatoforu tüketme eğiliminde olsalar da spermatoforun hızla sindirilmesinden dolayı bulunduğu çevredeki bitkilerle beslenmeye devam ettiği de saptanmıştır (Lehmann ve Lehmann, 2016). Spermatofor ve sperm üretimi erkek için maliyetli olduğu için çiftleşme tercihinde erkeğin stratejik davrandığı bildirilmiştir (Gage ve Barnard, 1996; Uma ve Sevgili, 2015). Erkek yaptığı bu maliyetli yatırımdan dişinin uzun süre başka bir erkekle çiftleşmesini engelleme şeklinde yarar sağlar (Reinhold ve von Helversen, 1997; Lehmann, 2012). Her iki eşeyin karşılıklı yarar sağladığı stratejiler eşeyssel seçilimin popülasyon içerisinde yayılmasına, değişken olmasına yol açarken popülasyon yoğunluğuna ve diğer faktörlerin (örn. fenotipik parametreler, vücut büyüklüğü, erkek çağrı sesi vs.) etkinliğine bağlı olarak şekillenir (Lehmann, 2012) ve farklı fenotipteki bireyler arasındaki üreme

başarısında çeşitliliğe yol açar (Anderson, 1994). Spermatoforu oluşturan *spermatofilaksın ampullaya oranı* veya bazı gruplarda tamamen yitirilmiş olması, eşler arasında farklı çiftleşme stratejilerinin ortaya çıkmasına yol açmıştır. Örneğin, Gryllid çekirgelerin çoğunda spermatofilaks üretilmez, sadece spermle dolu ampulla dişiye nakledilir. Bu nedenle sperm dolu ampullanın dişi tarafından yenilmesini önlemeye yönelik olarak erkeğin çiftleştiği dişiyi fiziksel olarak koruma davranışı yaygınlaşmıştır (Fedorka ve Mousseau, 2002; Sturm, 2014).

Spermatofilaksın fonksiyonuna ilişkin en çok çalışılan model organizmalar çalı çekirgeleridir (Lehmann, 2012). Diğer taraftan erkekler tarafından üretilen ve eş tercihi ile bireyler arasındaki rekabette kullanılan biyoakustik sinyallerin çalışılması açısından da sıklıkla çekirgeler model organizmalar olarak değerlendirilmektedir. Biyoakustik sinyaller, türlerin üreme öncesi izolasyon mekanizması olarak iş görmesi nedeniyle çalı çekirgelerinin tür ayırdımında yardımcı olan önemli taksonomik karakterler içermektedir (Heller, 1984; Heller, 1988; Sevgili ve ark., 2006). Hem akustik sinyallerin hem de çiftleşmede spermatoforun üretilmesi davranışlarındaki maliyet/yarar ilişkilerinin araştırılması eşleşme sistemini şekillendiren bu faktörlerin daha iyi anlaşılmasını sağlamaktadır. Spermatofor üretiminin çalı çekirgeleri içerisindeki yaygınlığının ve değişkenliğinin ortaya konulması üreme davranışlarının ve dolayısıyla türleşme mekanizmalarındaki bazı önemli unsurlarının anlaşılmasına da katkılar sunmaktadır (Heller ve Reinhold, 1994; McCartney ve ark., 2008; McCartney ve ark., 2010). Çünkü farklı türlerde farklı sayıda sperm, *spermatofor ağırlığı* ve sperm transferine ilişkin farklı stratejiler tespit edilmiştir (Gage ve Barnard, 1996; Vahed ve Gilbert, 1996; Sevgili ve Reinhold, 2007; McCartney ve ark., 2008; Vahed ve ark., 2011; Sturm, 2014; Uma ve Sevgili, 2015).



## 2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

Böceklerde düğün hediyesi ile beslenme davranışı ve evrimsel süreçteki olası etkileri yapılan çalışmalarda birçok kez tartışılmıştır (Gwynne, 1986; Gwynne, 1997; Vahed, 1998; Gwynne, 2008; McCartney, 2010; Lehmann, 2012). İlk çalışmalar Fransız davranış bilimcisi Fabre (1918) ve Rus bilim adamı Boldyrev (1912, 1928) tarafından yapılmış olup, çiftleşme davranışının evrimsel süreçteki etkileri ise Gwynne (1981) tarafından araştırılmıştır (Gwynne, 1997). Tarihsel süreçte yapılan araştırmalar incelendiğinde çalı çekirgelerindeki spermatoforum büyüklüğü oldukça değişken olmakla birlikte birçok parametreden etkilenmektedir. Bu parametreler; dişinin yaşı ve çiftleşme statüsü (çiftleşmiş ya da çiftleşmemiş) (Wedell ve Cook, 1999), dişinin kalitesi (Martin ve Hosken, 2001), çiftleşme ortamında rakip erkeklerin bulunması (Gage ve Bernard, 1996), erkeğin çiftleşme geçmişi (Reinhardt, 2001), erkek ve dişi yaşının çiftleşme yatırımına etkisi, akustik sinyallerin spermatofor yatırımına etkisi (Lehmann ve Lehmann, 2008) şeklinde olabilir.

### 2.1 Spermatofor Yatırımına İlişkin Çalışmalar

Birçok çalışmada ifade edildiği üzere böcek gruplarında erkekler çiftleşme öncesinde, çiftleşme sırasında ya da hemen çiftleşme sonrasında çeşitli materyalleri, özel sıvıları, vücutlarının bir parçasını veya yakaladıkları avları hediye olarak dişilere sunarlar (Vahed, 1998; Gwynne, 2010; Lewis ve South, 2012). Erkek beslenmesi Orthoptera takımında oldukça yaygındır ve birçok kez bağımsız olarak evrimleşmiştir (Gwynne, 1995). Hediyeinin boyutu çalı çekirgelerinde oldukça değişken olduğu ve birçok varyasyona sahip olduğu yapılan çalışmalarda bildirilmiştir. Uzunantenneli çekirgelerde (Ensifera) büyük oranda erkekler spermatofor (spermatofilaks+ampulla) olarak adlandırılan, çiftleşme sırasında içi sperm dolu ampulla taşıyan spermatofilaksı dişinin genital açıklığına subgenital plakasını ve ovipositorun her iki yanından sıkıca kavradığı serkusları yardımıyla nakleder (Vahed, 1998; Uma ve Sevgili, 2014). Spermatoforum zengin besin içeriğinin olması hem de sperm içeren ampullayı taşıması sebebiyle çalı çekirgelerinde eş seçiminde oldukça önemli olduğu yapılan çalışmalarda vurgulanmıştır (Wedell, 1993; Voigt ve ark., 2005; Voigt ve ark., 2006).

Dişiler çiftleşmelerinde genellikle yüksek üreme başarısı elde edebilecekleri eşleri seçme eğilimindedirler (Andersson, 1986; Andersson ve Iwasa, 1996).

Dolayısıyla dişilerin fazla miktarda besin içeren spermatofilakstan yararlanabilmek için çiftleşmelerinde daha büyük erkekleri tercih etmeleri beklenir (Lehmann ve Lehmann, 2008; McCartney ve Heller, 2008). Çalı çekirgelerinde spermatofilaks tüketiminin dişinin artan yumurta üretimi ve yavruların hayatta kalması gibi verimlilik özelliklerini pozitif etkilediği yapılan çalışmalarda bildirilmiştir (Gwynne, 2001). Örneğin, *Ephippiger ephippiger*'de (Orthoptera: Tettigoniidae) yapılan çalışmada dişilerin çiftleşmede büyük erkekleri tercih ederek daha ağır spermatofor kazanımında bulunarak üreme başarısını artırma eğiliminde olduğu belirtilmiştir (Wedell ve Ritchie, 2004). Yapılan çalışmalar incelendiğinde erkeğin vücut ağırlığı ile spermatofor ağırlığı arasında pozitif ilişki olduğunu ifade eden çalışmalar olduğu gibi (Wedell, 1993a; Heller ve Reinhold, 1994; Geo ve Kang, 2006) erkeğin vücut ağırlığının spermatofor üretimine bir etkisi olmadığını ifade eden çalışmalar da bulunmaktadır (Simmons, 1995; Lehmann ve Lehmann, 2009). *Oecanthus nigricornis*'de (Orthoptera: Tettigoniidae) ise erkeğin vücut büyüklüğü ile spermatofor arasında negatif ilişki bulunmaktadır (Bussiere ve ark., 2005). Erkek bireylerin çiftleşmede büyük dişilere küçük dişilere kıyasla daha fazla sperm transferinde buldukları bazı çalışmalarda bildirilirken (Gage ve Bernard, 1996; Uma ve Sevgili, 2015) böyle bir stratejinin olmadığını ifade eden çalışmalar da mevcuttur (Reinhold ve Sevgili, 2007).

Spermatoforun önemli bir kısmı olan spermatofilaks, dişinin onu besin olarak tükettiği zaman dilimi içerisinde, önemli bir besin kaynağıdır. Örneğin Gwynne (1989) *Requena verticalis*'de yaptığı çalışmada, protein diyeti uygulanan bireylerde, dişiler tarafından tüketilen spermatofilaksın yumurta sayısını artırdığı ifade edilmiştir. Benzer olarak yapılan çalışmalarda da spermatofilaks büyüklüğünün yumurta sayısı ve verimliliği üzerine pozitif etkisinden bahsedilmiştir (Gwynne, 1984; Wedell ve ark., 2008). Dişi bireylerin her çiftleşmede elde ettikleri düğün hediyesi ile bir iki günlük besin ihtiyacını karşıladıkları ve (Voigt ve ark., 2005; Voigt ve ark., 2006) spermatofor tüketen dişilerin aynı zamanda predasyon riskini de azalttıkları yapılan çalışmalarda bildirilmiştir (Heller, 1992).

Büyük düğün hediyelerinin dişilere sağladığı fayda birçok kez farklı çalışmalarda ifade edilmiştir. Ejakulattaki maddeler doza bağlı olarak dişinin çiftleşme davranışını manipüle etmektedir çünkü büyük spermatofor yapısıyla ilişkili

dişinin spermatofilaksı uzaklaştırma süresinin uzamasıyla birlikte, fazla miktarda transfer edilen ejakulat ve sperm, dişinin bir sonraki çiftleşmesi için ihtiyacı olan süreyi artırmaktadır (Gwynne, 2001). Dolayısıyla çalı çekirgelerinde bu durum artan erkek üreme başarısıyla ilişki olarak dişinin çiftleşme sıklığını azaltır. Hatta erkeklerin oluşturdukları büyük ejakulat ile dişinin tüm yaşamındaki poliandrinin derecesini belirlediği de ifade edilmiştir (Vahed, 2006). Bu nedenle eşeysel seçim, erkekleri spermatofor yatırımını artırmak ve sürdürmek için destekler niteliktedir.

Düğün hediyesi ile beslenen türlerde birden fazla erkekle çiftleşmenin dişinin ömür uzunluğu üzerine negatif etkisi olsa da olumlu etkileri (artan yumurta üretim hızı ve doğurganlık gibi) dişiler için daha cazip olabilir. Dişilerin birden fazla erkekle çiftleşmeleri, hediye beslenmesi ile ilişkili olarak %30-%70 arasında değişen net kazanca sahip olduklarını da ifade eden çalışmalar mevcuttur (Arnqvist ve Nilsson, 2000).

Spermatofor üretimi erkekler için oldukça maliyetlidir. Oransal olarak büyük düğün hediyesine ve ejakulata sahip erkekler spermatoforun üreme bezlerinde yeniden üretimini kapsayan uzun bir yenilenme periyoduna sahiptirler (Vahed, 2007). Çiftleşmiş olan erkeklerin daha önce çiftleşmemiş erkeklere kıyasla daha küçük spermatofor transfer ettikleri (Wedell, 1993; McCartney ve Heller, 2008) hatta spermatoforun erkeğin yaşıyla (Wedell ve Ritchie, 2004) ve çiftleşme aralığı ile ilişkili olduğu ifade edilmektedir (Reinhold ve von Helversen, 1997; Lehmann ve Lehmann, 2000).

Çiftleşmelerinde düğün hediyesi olarak spermatofor transfer eden *Poecilimon ampliatus*'da (Brunner von Wattenwyl, 1878) yapılan çalışmada hediyeinin protein içeriğinin belirlenmesi için iki boyutlu jel elektroforezi, nano sıvı kromatografisi, elektrosprey iyonizasyon kütle spektrometrisi ve nano sekanslama ile analiz edilmiştir. Proteinlerin yüksek çözünürlükte seminal sıvıda (ampullada) 600, spermatofilaksta ise 300 protein lekesi şeklinde bulunduğu belirlenerek spermatofor ve içeriklerinin besinsel değeri ifade edilmiştir (Lehmann ve ark., 2018).

Erkeğin vücut ağırlığı ile spermatofilaks ve ampulla kütlesi arasındaki ilişki *Poecilimon* cinsinde olduğu kadar birçok çalı çekirgesi türünde de çalışılmıştır. Yapılan karşılaştırmalı çalışmalarda, sperm sayısı ve testis ağırlığının erkeğin vücut

ağırlığı ile olan pozitif ilişkisi dikkat çekmektedir. Çalı çekirgelerinde yapılan çalışmalar incelendiğinde, örneğin *Decticus verrucivorus*'da erkeğin vücut ağırlığı ile spermatofor içeriği arasındaki pozitif ilişki dikkat çekerken (Wedell ve Arak, 1989), *Requena verticalis* (Simmons, 1995) ve *Poecilimon zimneri* (Lehmann ve Lehmann, 2009) türlerinde benzer ilişkiye rastlanılmamıştır.

*Isopyha sikorai*'de (Orthoptera: Phaneropterinae) türünde spermatofor ve spermatofilaks ağırlığı, erkeğin vücut ağırlığına paralel olarak artarken, aynı ilişki ampulla ağırlığı üzerinde gözlemlenmemiştir (Uma ve Sevgili, 2015). Erkeğin yaşı, sperm sayısı üzerinde önemli bir etkiye sahiptir ve yaşlı erkekler daha fazla sperm transferinde bulunmuşlardır. Dişinin ağırlığı, çiftleşme sayısı ile ilişkili olmaksızın spermatofor ağırlığı üzerinde ciddi şekilde etkili olmuştur. Erkekler daha büyük dişilerle çiftleştirildiğinde sperm sayısı ve spermatofilaks ağırlığı artarken ampullada herhangi bir artışa rastlanmamıştır. *I. sikorai* erkeğinin maliyeti yüksek olan düğün hediyesini erkeğin yaşı, sperm rekabeti ve dişinin boyutu gibi çeşitli faktörleri dikkate alarak stratejik paylaşım içerisinde olduğu ifade edilmiştir (Uma ve Sevgili, 2015).

*Phonochorion* cinsine (Orthoptera, Tettigoniidae) ait iki türe ilişkin veriler benzer habitat ve beslenme tercihlerine rağmen spermatofor ve sperm sayıları açısından farklı yatırımlara sahip olduklarını destekler niteliktedir. *P. artvinensis*, *P. uvarovi* ile kıyaslandığında daha büyük spermatofor, spermatofilaks ve ampulla sahipken dişiye daha az miktarda sperm transferinde bulunur. *P. uvarovi*'de erkeğin yaşının ve ağırlığının spermatofor, spermatofilaks ve ampulla üzerinde etkisi varken *P. artvinensis*'de ise erkeğin yaşının sadece erkek ağırlığı üzerine etkili olduğu bildirilmiştir. Dolayısıyla Barbistini tribusu içindeki türlerle spermatofor yatırımı açısından karşılaştırıldığında *P. uvarovi* ve *P. artvinensis* oransal olarak az derecede benzerlik göstermektedir (Sevgili ve ark., 2015).

*Poecilimon* cinsine ait iki çalıçekirgesi türünde farklı spermatofor yatırımları karşılaştırılmıştır. *Poecilimon thessalicus*'da çiftleşme sezonu boyunca vücut büyüklüğü ve spermatofilaks yatırımı değişkenlik gösterse de türün ağır bir spermatofor yatırımında bulunduğu ve buna karşın benzer boyutta ampulla ile sabit sayıda sperm transferinde bulunduğu bildirilmiştir. Daha az spermatofor yatırımında

bulunan *P. veluchianus minor*'de ampulla boyutu üreme sezonu boyunca değişkenlik gösterirken vücut, spermatofilaks kütlesi ve sperm sayısının sabit olduğu belirtilmiştir. İki tür arasında görülen bu fark aslında erkek çalıçekirgelerinin üreme düzeyini en üst seviyeye çıkarmak için spermatofor ve içerikleri üzerinde stratejik bir ayarlama yaptığını göstermektedir (McCartney ve ark., 2010). Otuz üç *Poecilimon* türünün incelendiği ve spermatofor büyüklüğünün karşılaştırıldığı çalışmada spermatofilaks ve ampulla arasındaki pozitif ilişki nedeniyle ejakulat koruma hipotezinin desteklendiği belirtilmiştir. Aynı çalışmada ampulla ağırlığı ile sperm sayısı arasında zayıf bir ilişki olduğu da ifade edilerek bu durumun nedeni olarak da ejakulat hacmi gösterilmiştir (McCartney ve ark., 2008).

*Poecilimon zimmeri* (Lehmann ve Lehmann, 2009) ve *Ephippiger ephippiger* (Wedell ve Ritchie, 2004) türlerinde büyük erkeklerin, daha büyük spermatofor ve ilişkili olarak da daha büyük spermatofilaks ve ampulla oluşturdukları bildirilmiştir. Benzer olarak *P. veluchianus minor* ve *P. v. veluchianus* (Heller ve Reinhold, 1994) türlerinde erkeğin vücut büyüklüğü ile spermatofor ağırlığı arasında pozitif ilişki tespit edilirken, *Acheta domesticus*'da ise büyük erkeklerin, büyük ampulla ve fazla sayıda sperm transferinde bulunduğu görülmüş ancak *Gryllodes supplicans*'da bu ilişki gözlenmemiştir (Gage ve Bernard, 1996). Yapılan çalışmalarda, küçük spermatoforun dişi tarafından yenme süresinin (*P. v. minor*'de olduğu gibi) büyük spermatoforun yenme süresinden (*P. v. veluchianus*) daha kısa olduğu ifade edilmiş olup bu durumun spermatofor kütleleriyle ilişki olarak farklı beslenme sürelerinden kaynaklandığı belirtilmiştir (Heller ve Reinhold, 1994).

*Poecilimon zimmeri*' de yapılan bir araştırmaya göre erkeklerin ilk çiftleşme yatırımı yaşa bağlıdır ve aynı vücut kütlelerine sahip erkeklerden yaşlı olanlar, genç olanlara göre daha fazla spermatofor yatırımında bulunmaktadır. Aynı çalışmada yaştan bağımsız olarak, ağır erkeklerin, daha ağır spermatofor transfer ettikleri ve bu durumun erkeğin femur uzunluğu ile bir ilişki göstermediği bildirilmiştir (Lehmann ve Lehmann, 2008).

*Poecilimon mariannae*'de yapılan çalışmada spermatofilaks üretiminin sperm üretimine kıyasla daha maliyetli olduğu, bu türde parazitli erkeklerin spermatofilaks üretme yeteneklerini kaybetmeler de sperm üretiminde devam edebildikleri ifade

edilmiştir (Lehmann ve Lehmann, 2000). Bu çalışmaya paralel olarak *P. veluchianus*'da belirli aralıklarla çiftleşen erkeklerin spermatofor ve sperm üretim miktarları karşılaştırıldığında, bu erkeklerde spermatofor üretiminin daha maliyetli olduğu bulunmuştur (Reinhold ve von Helversan, 1997).

Yirmi sekiz çalı çekirgesi (Orthoptera: Tettigoniidae) türünde yapılan karşılaştırmalı analize göre (Wedell, 1993a) erkeğin spermatofor boyutu (spermatofilaks ve ampulla ağırlığı) dişinin üreme dönemiyle (Refractory period) dolayısıyla erkeğin üreme başarısıyla pozitif ilişkilidir. Aynı çalışmada hediyein boyutunun (spermatofilaks) ejakulatın boyutuyla (ampulla) ilişkili olması sperm koruma hipotezi (ejakulat protection) ile ilişkilendirilmiştir. Ayrıca yapılan çalışmada dişinin üretkenliği ile erkeğin ürettiği spermatofilaksın boyutu arasında bir ilişkiye rastlanmamıştır. Tüm bu sonuçlar çalı çekirgelerinde spermatofor yatırımındaki varyasyonun, ebeveyn koruma hipotezinden çok çiftleşme çabası (mating effort function) işleviyle açıklanabileceğini göstermektedir.

On dokuz çalı çekirgesi (Orthoptera: Tettigoniidae) türünün karşılaştırmalı veri analizine göre (Wedell, 1994) iki tip düğün hediyesi olduğu ifade edilmektedir. İlk tip düğün hediyelerinin, besin değeri düşüktür ve dişinin doğurganlığı üzerine belirgin etkisi yoktur. Erkeğin ejakulatını koruma altına alma işlevi olan bu hediyeler enerji maliyeti açısından oldukça düşüktür ve ayrıca erkeklerin yüksek çiftleşme frekansının korunmasını sağlar. Diğer tip hediyeler ise büyük ve oldukça besleyicidir, ejakulatı korumanın yanı sıra dişilerde doğurganlığın ve yavruların uyum gücünün artışıyla ebeveyn yatırımı ile ilişkili olduğu ifade edilmiştir. Fakat yüksek protein içerikli hediye oldukça maliyetlidir ve erkeğin yeniden çiftleşme periyodunu uzatır.

Sperm rekabeti teorisi erkeklerin yumurtaları döllemesi üzerinde beklenen rekabetin yoğunluğuna göre ejakulattaki sperm sayısının değiştirileceğini ifade eder. Ebeveyn yatırım hipotezi ise erkeğin çocuklarına yaptığı babalık yatırımının ölçüsüdür. *Requena verticalis*'de erkek bireyler, düşük ebeveynlik ile ilişkili olan dişilerle gerçekleştirdiği çiftleşmelerde spermatoforun ampullasındaki spermin sayısını artırır ve spermatofilaksı azaltır. Dolayısıyla spermatofor morfolojisindeki

değişiklikler sperm rekabeti ve ebeveyn yatırımı hipotezi ile ilişkilidir (Simmons ve ark., 1993).

*Teleogryllus commodus*, *Acheta domesticus*, *Gryllus bimaculatus* ve *Gryllus assimilis* türlerinde yapılan çalışmada erkek vücut büyüklüğü, spermatoforun boyutu ve spermatofor başına düşen sperm miktarı araştırılmıştır. Her tür içinde bulunan bireylerde karakterlerin hepsinde önemli ölçüde farklılık görülse de her tür kendi içinde vucüt büyüklüğü, spermatofor boyutu ve sperm sayısı ilişkili bulunmuştur. Hem tür içinde, hem de türler arasında, daha büyük erkekler daha küçük erkeklerle göre daha fazla sperm içeren daha büyük spermatofor üretirler. Bu sonuçlar daha büyük vücut boyutunun daha büyük ampullalar ve daha fazla sperm ile ilişkili olmadığı çalı çekirgelerinden (Tettigoniidae) farklıdır. Sturm (2014) yaptığı çalışmada bu durumun rkek çalı çekirgelerinin, kaynaklarının büyük kısmını spermatozoa sayısına kıyasla düğün hediyesine yatırma yönünde evrimleşmiş olmasından kaynaklanabileceğini bildirmiştir.

Biyoakustik iletişim birçok çekirge türünde oldukça özelleşmiş ve yaygın olarak kullanılmaktadır. Farklı tür grupları altında toplanmış olan *Isophya* türleri çiftleşme periyodunda biyoakustik olarak iletişim kurarlar (Sevgili ve ark., 2006; Sevgili ve ark., 2012). *Isophya* erkekleri erginleştikten 3-4 gün sonra dişilerine çiftleşme öncesi ses sinyalleri göndermeye başlar ve dişiler de bu sinyale biyoakustik olarak cevap verirler (Heller ve von Helversen, 1986; Sevgili ve ark., 2012). Eşini seçen dişi çiftleşir ve çiftleşmeler genel olarak türe göre değişmekle birlikte günün her saatinde yapılabilmektedir. Yapılan çalışmalar incilendiğinde artan ses frekansına bağlı olarak spermatoforun boyutunun küçüldüğü (Castilo ve Gwynne, 2007), *R. verticalis*'de erkeğin ses oluşturması deneysel olarak engellendiğinde ise spermatoforun arttığı gözlemlenmiştir (Simmons ve ark., 1992). İlaveten bazı çalışmalarda erkeğin oluşturduğu akustik sinyallerin, dişiye erkeğin ağırlığı ve yapacağı spermatofor yatırımının boyutu hakkında bilgi verdiği böylelikle dişilerin daha ağır erkeklerle yöneldikleri ifade edilmiştir (Lehmann ve Lehmann, 2008).

Akustik olarak yönelen bir sinek türü olan *Therobia leonidei* tarafından parazitlenen *Poecilimon mariannae*' nin erkek bireylerinde spermatofilaks ağırlığı, ampulla ağırlığı ve sperm sayısı incelenmiştir. Parazitlenmiş erkeklerde

spermatofilaks ağırlığının parazitlenme düzeyi ile ilişkili olarak azaldığı bildirilmiştir.

*Poecilimon veluchianus*'da yapılan çalışmada sperm sayısının erkek ağırlığı ve sperm sayısı ile ilişkili olmadığı (Reinhold ve Helversen, 1997), benzer olarak *Requena verticalis* türünde de sperm sayısı ve spermatofor büyüklüğü arasında bir ilişki olmadığı bildirilmiştir (Simmons ve ark., 1993). Diğer bir çalışmada *Poecilimon veluchianus minor*'de spermatoforun dişi tarafından yenilme süresinin *P. v. veluchianus*'un spermatoforu yeme süresinden kısa olduğu ifade edilmiş olup, *P. v. minor*'de üretilen spermatoforun, *P. v. veluchianus*'da üretilen spermatofordan daha küçük olduğu belirtilmiştir (Heller ve Reinhold, 1994).

*Poecilimon syriacus*'da yapılan çalışmada erkeklerin vücut ağırlıklarının diğer *Poecilimon* türleri ile kıyaslandığında (McCartney ve ark., 2008) ortalama olarak daha hafif oldukları ifade edilmiştir. Ancak türün çiftleşme yatırımı olarak spermatofor ve içerikleri incelendiğinde diğer çalı çekirgelerinde olduğu gibi erkeğin ağırlığı ile spermatofor ve içerikleri arasında pozitif ilişki olduğu ve ejakulat koruma hipotezini (Heller ve Reinhold, 1994; McCartney ve ark., 2008) destekler yönde olduğu ifade edilmiştir. *P. syriacus*'da ise artan erkek ağırlığı ile birlikte, üretilen spermatofor, spermatofilaks ve ampulla ağırlığının da arttığı bildirilmiştir (Sevgili, 2016).

## **2.2 Spermatofor Yatırımına Çiftleşme Geçmişinin Etkisi**

Erkek bireylerin genellikle daha üretken olduklarını düşündüklerinden dolayı, çiftleşirken daha büyük (larger) dişileri tercih ettikleri tahmin edilmektedir (Gwynne, 1981; Gwynne, 1984; Gwynne, 1985; Thornhill ve Alcock, 1983; Simmons ve Bailey, 1990) Dişilerin ise çiftleşmelerinde uyum gücü üzerine doğrudan ölçülemeyen etkilerinden dolayı büyük erkekleri tercih ettikleri tespit edilmiştir (Wedell ve Ritchie, 2004). Spermatofor üretiminin, erkekler için oldukça maliyetli olması ve dişinin sağlayacağı faydayla ilişkili olarak, her iki eşeyin de eşleşmelerinde çiftleşmemiş bireyleri tercih etmesi beklenir. Erkekler, sperm rekabetinden uzaklaşmak için (Simmons, 2001) ya da yaşlılara oranla daha fazla sayıda ve iyi kalite yumurta üretiminden (Rutowski, 1982) dolayı genç dişileri tercih ederler.



Düğün hediyesi ile beslenen böceklerde, sperm rekabeti ve dişinin seçimini ifade eden modellere göre, hem dişilerin hem de erkeklerin çiftleşmelerinde daha önce çiftleşmemiş bireyleri tercih etmelidirler. *Poecilimon laevisimus*'un model olarak kullanıldığı çalışmada dişi ve erkek bireyler daha önce çiftleşmiş bireylerden daha küçük olmalarına rağmen (yaklaşık %90 oranında), eşleşmelerinde çiftleşmemiş bireyleri tercih etmişlerdir. Dolayısıyla bu türde vücut büyüklüğünden ziyade çiftleşme geçmişinin önemli olduğu bildirilmiştir (McCartney ve Heller, 2008).

*Pieris rapae*'de (Lepidoptera) erkeklerin sperm rekabeti yoğunluğuna göre ejakulattaki sperm miktarını ayarladıkları, çiftleşmiş erkeklerin çiftleşmiş erkeklerin, çiftleşme gerçekleştirmiş dişilere, daha fazla sperm transferinde buldukları, çiftleşmemiş erkeklerin ise dişinin çiftleşme geçmişine ya da boyutuna dikkat etmeksizin sperm transferinde buldukları ifade edilmiştir (Wedell ve Cook, 1999).

*Requena verticalis*'de erkekler düşük babalık güvenine sahip (low confidence of paternity) dişilerle çiftleşirken, sperm rekabeti ve ebeveyn yatırım hipoteziyle uyumlu olarak, spermatoforun bir parçası olan spermatofilaksın ve ampulla içerisindeki sperm miktarını azaltarak spermatofor morfolojisini değiştirebilmektedir (Simmons ve ark., 1993).

*Decticus verrucivorus* erkekleri yumurtadan erken çıktıklarında yüksek ihtimalle virgin dişilerle çiftleştiklerinde iki türlü fayda sağlarlar; birincisi %100 babalık, ikincisi ise zamanla azalacak olan dişilerin yumurtalarını döllemektir. Tek eşle çiftleşen bir dişi yaşamın tümünde üreteceği yumurtanın %30'u ilk döneminde üretir ve onunla çiftleşen ilk erkek bu yumurtaları dölleyebilir. Dolayısıyla bu türde erkekler çiftleşmemiş dişilere daha büyük spermatofor transferinde bulunurlar. Bu nedenle erkeklerin spermlerinin, dişilerin kalitesine göre stratejik olarak paylaşıldığı görülmektedir (Wedell, 1992).

*Teleogryllus oceanicus*'da yapılan çalışmaya göre hem yaş hem de çiftleşme statüsü fonotaksis denemelerinde etkili olmuş, yaşlı dişiler fonotaksis deneylerinde daha hızlı harekete geçmeye çalışırken çiftleşmemiş genç dişilerin çiftleşmeye gecikme sürelerinin daha kısa olduğu ifade edilmiştir. Bu çalışma yaşla birlikte çiftleşmemiş olarak kalmanın maliyetli olduğunu ve çiftleşmemiş dişilerin ilk çiftleşmelerden daha fazla fayda sağladığını göstermektedir (Tanner ve ark., 2019).

*Poecilimon jonicus jonicus*'da yapılan çalışmada erkeklerin dişinin çiftleşme statüsüne ve vücut büyüklüğüne göre bir stratejik yatırım yapmadığı ancak yaş arttıkça sperm transferinin arttığı ifade edilmiştir (Sevgili ve Reinhold, 2007).

*Acanthoplus discoidalis*'de (Orthoptera: Tettigoniidae; Heteroptera) erkek bireylerin, dişilerin çiftleşme statüsüne göre spermatofor ve içeriklerinde değişiklik yapma durumları incelenmiştir. Yapılan çalışmada erkeklerin dişilerin statüsüne göre bir ayarlama yapmadığı ancak erkeklerin, çiftleşmiş dişileri sıklıkla reddettiği spermatoforu daha çok çiftleşmemiş dişilere transfer ettikleri bildirilmiştir. Erkekler daha önce çiftleşme ihtimallerine ve buna bağlı dişilerin yaşlarını tahminlemeye çalışırken daha ağır dişilerden ziyade hafif dişileri eşleşmelerinde tercih etmişlerdir (Bateman ve Ferguson, 2004).

*Ephippiger ephippiger*'de (Orthoptera: Tettigoniidae) erkekler vücut ağırlığının %30'undan fazlasına (%10 azot içeren) karşılık gelen büyük bir spermatofor üretirler ve bu türde de erkeğin yaşı ve çiftleşme statüsü spermatofor yatırımını etkilemektedir. Erkek bireyler, çiftleşmeler arasında bir haftalık süre olmasına rağmen dördüncü çiftleşmelerinde sperm sayısını ve azot içeriğini önemli derecede azaltmışlardır. Daha yaşlı erkeklerin düşük kaliteli spermatofor ürettiğine dair bir bulgu yoktur aksine yaşlı erkekler yüksek besin değerine sahip, daha büyük spermatofor ile daha fazla sayıda sperm üretirler. *E. Ephippiger*'in dişi bireyi, muhtemelen doğada çiftleşmelerinde çağrı seslerinden dolayı genç erkekleri tercih edebilirler çünkü bu durum doğada erkeğin çiftleşme geçmişi ve sunduğu hediyeler ile ilişkili olduğundan, dişinin aslında genç erkekleri tercih ederek düşük kaliteli hediyelerden kaçındığı ifade edilmiştir (Wedell ve Ritchie, 2004).

*Leptophyes punctatissima*'da dişiler poliandri göstermektedir. Erkek tarafından dişiye sunulan spermatoforun, dişinin yumurta üretimini artırdığı ancak bu durumun yumurta kütlesi üzerine etkisi olmadığı bildirilmiştir (Vahed, 2003). *Leptophyes laticauda* ile yapılan çalışmada da spermatofilaks tüketiminin yumurta sayısı ve ağırlığı üzerine etkisinin olmadığı, hediyein ebeveyn yatırım hipotezinden ziyade çiftleşme çabası hipotezi ile ilişkili olduğu ifade edilmiştir (Vahed ve Gilbert, 1996). Dişinin poliandri erkeğin poligami gösterdiği türlerde sperm rekabeti kaçınılmazdır. Özellikle erkeğin çiftleşme sayısının artmasına paralel olarak, erkeğin sperm miktarını,

çiftleşmeleri arasında paylaştığı bilinen bir durumdur. Spermatogenezin maliyeti, dişiye ait faktörler, sperm rekabeti ve çiftleşme davranışı gibi çeşitli faktörlerin bileşke etkisi erkeğin çiftleşmelerinde tutumlu davranmasına neden olmaktadır (Wedell ve ark., 2002).

### 2.3 Yaş ve Çiftleşme Statüsünün Spermatofor Yatırımı Üzerine Etkisi

Çalı çekirgelerde çiftleşme sırasında erkek tarafından üretilip dişiye transfer edilen spermatoforun maliyeti oldukça yüksek olduğu yapılan çalışmalarda bildirilmektedir. Maliyeti yüksek olan düğün hediyesinin erkek tarafından çiftleşme sırasında dişilere transferinde stratejik bir yol izlenmesi kaçınılmazdır ve bu durum davranışsal çalışmalara birçok kez konu olmuştur. Dişi ve erkeklerin birden fazla eşle çiftleşme gösterdiği gruplarda sperm rekabetinin olması ve erkek bireyin, maliyeti yüksek olan spermatoforu ve içeriğini koşulları göz önünde bulundurarak eşlerine paylaşırması beklenen bir sonuçtur (Simmons, 2001). Bu tür rekabet koşullarında erkeklerin çiftleşme geçmişi oldukça önemlidir. Bazı türlerde genç ve çiftleşmemiş erkekler çiftleşmelerinde avantajlı olurken (Morris ve ark., 1989; Sakaluk ve Ivy, 1999) bazı türlerde erkeğin artan yaşı avantaj durumuna dönüşebilmektedir (Kokko, 1998; Proulx ve ark., 2002). Yapılan çalışmalar incelendiğinde çiftleşmemiş erkeklerin, çiftleşmiş erkeklere kıyasla daha ağır spermatofor ürettikleri ifade edilmiştir (Simmons ve Bialek, 1990; Wedell, 1993a; McCartney ve Heller, 2008). Erkek bireyin (özellikle çiftleşmemiş erkeklerde) yaşa bağlı olarak erkeğin spermatofor yatırımını artırdığı fakat ileri yaşlarda bu yatırımın azaldığı çeşitli çalışmalarda ifade edilmiştir (Wedell ve Ritchie, 2004; Sevgili ve Reinhold, 2007; Oktay, 2011; Önal, 2013).

Bir çiftleşmede erkeğin sperm transferini etkileyen faktörlerden biri dişinin çiftleşme statüsüdür (genç/yaşlı, çiftleşmiş/çiftleşmemiş) (Wedell, 1992; McCartney ve ark., 2008). *Decticus verrucivorus*'da (Orthoptera) erkekler çiftleşmiş dişilere az sayıda sperm transferinde bulunmuş, erkeklerin (Wedell, 1992), çiftleşmek için, çiftleşmemiş dişileri tercih ettikleri ve bu dişilere daha fazla sperm transferinde buldukları Wedell (1998) tarafından da ifade edilmiştir. *R. verticalis*'de (Orthoptera) ise erkeklerin, çiftleşmemiş dişileri tercih ederek bu sayede dişinin çiftleşme geçmişi hakkında çıkarımda buldukları bildirilmiştir (Simmons, 1994).

Çiftleşme statüsü ve vücut büyüklüğünün çiftleşme yatırımı üzerine etkisinin araştırıldığı *Poecilimon leavissimus*'da (Orthoptera) erkekler, daha küçük (%90) olmalarına karşın çiftleşmemiş dişileri tercih etmişlerdir. Dolayısıyla bu türde vücut büyüklüğünden ziyade çiftleşme geçmişinin eş tercihinde daha önemli bir parametre olduğu gösterilmiştir (McCartney ve Heller, 2008).

Erkeğin çiftleşme sayısı ve sıklığına bağlı olarak spermin çiftleşmeler arasında bölüştürüldüğü ifade edilmektedir. Özellikle sperm rekabetinin yoğun olduğu ve spermatogenezin maliyetli olduğu koşullarda erkekler sperm paylaşımında tutumlu olma davranışı gösterebilirler (Wedell ve ark., 2002). Çiftleşme ortamında bulunan rekabet eden erkeklerin sayısı (Gage ve Bernard, 1996), dişinin çiftleşme statüsü (Wedell ve Cook, 1999), yaşı ve büyüklüğüne göre ejakulat tayini (Martin ve Hosken, 2001) gibi parametreler sıklıkla araştırmalara konu olmuştur. Örneğin Sevgili ve Reinhold (2007) tarafından yapılan ve *Poecilimon jonicus jonicus* türünün model organizma olarak kullanıldığı çalışmada erkek bireyin dişinin çiftleşme statüsüne ve vücut büyüklüğüne göre stratejik bir spermatofor yatırımında bulunmadığı, erkeğin artan yaşıyla sperm sayısının arttığını ve bu durumun da sürekli olmadığını ifade etmişlerdir. Buna paralel olarak, *Poecilimon zimmeri*'de de, paralel olarak artan erkek yaşıyla, spermatofor büyüklüğünün arttığı ve çiftleşmemiş erkeklerin daha ağır spermatofor ürettikleri bildirilmiştir (Lehmann ve Lehmann, 2009).

Spermatofor üretiminin erkeğin yaşıyla ilişkilendirildiği birçok çalışma bulunmaktadır. Çiftleşmiş erkeklerin çiftleşmemiş erkeklere göre küçük spermatofor transferinde buldukları (Gwynne, 1988; Wedell ve Arak, 1989; Simmons ve Bailey, 1990; Wedell, 1993; McCartney ve Heller, 2008) bilinmekle birlikte spermatofor boyutunun, erkeğin yaşıyla orantılı olarak ilk çiftleşmede arttığı bildirilmiştir (Wedell ve Ritchie, 2004; Lehmann ve Lehmann, 2008). *E. ephippiger* 'de (Orthoptera) erkeğin yaşıyla spermatofor, spermatofilaksın azot içeriği, ampulla ağırlığı ve sperm sayısının arttığı ifade edilirken (Wedell ve Ritchie, 2004), erkeğin yaşıyla artan sperm sayısının, sperm rekabet yoğunluğu ile ilişkilendirildiği çalışmalar da mevcuttur (Wedell ve Cook, 1998).

## 2.4 İşlevsel Eşey Oranının Spermatofor Yatırımları Üzerine Etkisi

Bir çiftleşmede eşeyler arasındaki rekabet eş seçiminde oldukça önemli bir parametre olarak karşımıza çıkmaktadır. Bateman (1948) tarafından bildirildiği üzere, erkeğin sperm üretimi dişinin yumurta üretimi ile karşılaştırıldığında oransal olarak daha az maliyetlidir. Erkek ve dişi gametlerdeki bu oransal farklılık erkeklerin çiftleşebilecekleri dişi sayısını azaltmalarına sebep olurken, dişilerin de buna karşılık yumurta üretimini sınırlandıracağı ifade edilmiştir. Bu koşullar altında erkekler daha az sayıda dişiye erişim sağlayabilmek için daha fazla rekabete maruz kalarak eşeyssel seçilime uğrayacaklardır. Dolayısıyla işlevsel eşey oranı bir ortamdaki çiftleşmeye uygun dişi ve erkeklerin oranını ifade etmektedir (Emlen ve Oring, 1977). Hediye veren böceklerde çiftleşme sistemlerinin anlaşılması, erkek için oldukça maliyetli olan hediyeğin üretimi ve erkeğin yeniden çiftleşme periyodunun bu durumdan etkilenmesi, dişilerin de kendi çiftleşme sistemlerini düzenlemek durumunda kalmasıyla ve her iki eşeyin de selektif bir baskı altında olması nedeniyle oldukça önemlidir (McCartney, 2010). Dolayısıyla bir çiftleşme ortamında çiftleşmeye hazır olarak bulunan dişi ve erkeklerin sayısı çiftleşme yatırımının belirlenmesinde oldukça önemlidir. Ortamdaki dişi sayısı arttığında, erkekler daha fazla dişinin yumurtasını dölleyebilmek için sperm yatırımını çiftleşmeleri arasında paylaşırma yoluna giderken, erkeklerin yoğun olduğu ortamlarda, dişilere daha fazla sperm transferinde bulunarak dişilerin çiftleşme sayılarını azaltmalarını hedeflemeleri beklenen bir durumdur.

*Poecilimon affinis* ve *P. veluchianus* türlerinde yapılan çalışmalarda eşey oranının, erkek ve dişilerin çiftleşme frekansını etkilediği ifade edilmektedir. Doğadaki popülasyonların incelendiği çalışmada erkeklerin dişilerden daha erken erişkinliğe ulaşmasının popülasyondaki eşey oranını etkilediğini ve dişilerin ortamda fazla olduğunda bu durumun çiftleşme frekansını yavaşlattığı ifade edilmiştir (Heller ve von Helversen, 1991).

*Kawanaphila nartee*'de (Orthoptera, Tettigoniidae) yapılan çalışmada çiftleşme öncesi bekleme süresi, çiftleşmeye karar verme süresi olarak tanımlanmış ve erkeklerin dişilere oranla yoğun olarak buldukları ortamda erkeklerin çiftleşmek için daha hızlı karar verdikleri ifade edilmiştir (Kvarnemo ve Simmons, 1999).

Bir alı ekirgesi türü olan *Gamsocleis gratiosa*'da (Orthoptera, Tettigoniidae) yapılan çalışmada beş farklı eşey oranı içeren gruplar oluşturulmuş, yapılan analizlerde ampulla ağırlığı ve sperm sayısının farklı sayıda dişi ve erkek içeren gruplarda farklı olduğu ifade edilmiştir. Özellikle rekabet ortamında erkek sayısı arttıkaretilen sperm sayısının da gözlemlenmiş ve arttığı bu durum, sperm rekabetinin bir sonucu olarak artan üreme başarısı şeklinde bildirilmiştir (Gao ve Kang, 2006).

*Xedera characus*'da popülasyon yoğunluğunun çiftleşme yoğunluğu üzerindeki olası etkileri araştırılmıştır. Yoğunluğun düşük olduğu popülasyonlarda dişilerin reddedilme oranlarının, yüksek yoğunluklu popülasyonlarda ise erkeklerin reddedilme oranlarının yüksek olduğu belirlenmiş olup bu durum dişilerin büyük spermatofora sahip erkekleri tercih etme isteğinden kaynaklandığı ifade edilmiştir (Lehmann, 2007).

Potansiyael eş yoğunluğunun ve sayısının olası bir çiftleşmede eş olarak seçilecek bireyin belirlenmesinde önemli olduğu, artan yoğunluğa bağlı olarak çiftleşme oranının da artacağı ve daha az enerji ve zaman kaybı yaşanacağı (Lehmann, 2012), predasyon riskinin azalacağı, yoğunluğun azalmasına bağlı olarak da eş seiliminin maliyetinin artacağı ifade edilmiştir (Kokko, 2006). İlaveten *Chauliognathus pensylvanicus* (Coleoptera) (McLain, 1982) ve *Gryllus integer* (Orthoptera) (Cade ve Cade, 1992) türlerinde yapılan çalışmalarda ise eşey oranının rekabeti arttırdığı ve eş seiliminde etkili olduğu tespit edilmiştir.

## 2.5 Morfolojik alışmalar

Vücut byklğu ve vücut ağırlığı organizmaların nedeysel tüm yaşamsal özelliklerini etkileyen en temel unsurdur. Orthoptera takımının yaygın oluşu, kolay bulunabilmesi, nişi, yaşam öyküsü, vücut boyutundaki ve kütlesindeki çeşitlilik ve ilişkili olarak sahip olduğu genetik çeşitlilik, ekolojik ve fizyolojik özellikleri, eşeyssel dimorfizmi ve yayılış biçimleri onları ideal model organizma haline getirmiştir (Whitman, 2008).

Orthoptera takımında yapılan çalışmalarda grldğu üzere, arka femur uzunluğu cinsiyete bağlı olarak genler tarafından kontrol edilir (Reinhold, 1994) ve genellikle vücut boyutunun bir ölçüsü olarak kullanılır (Mousseau, 1997; Bidau ve

Martí, 2007; Lehmann ve Lehmann, 2008). Orthoptera takımında yapılan araştırmalarda vücut büyüklüğü ve uyum gücünün pozitif ilişkili olduğunu (Whitman, 2008) ve büyük olasılıkla arka femur uzunluğu ile ilişkili olarak vücut büyüklüğü seçimde ön planda olduğu bildirilmiştir (Eweleit ve Reinhold, 2014).

Vücut büyüklüğü ve kütlesi, doğrudan ya da dolaylı olarak birçok biyolojik olay üzerinde etkili olması ve uyum gücünü artırması ilaveten birçok biyolojik ve fizyolojik faktörden etkilenmesi sebebiyle oldukça önemlidir (Whitman, 2008). Biyotik ve abiyotik faktörler vücut büyüklüğü üzerinde oldukça etkili olmakla birlikte bu iki faktörün birbirleri arasındaki etkileşimi hayvanlardaki birçok hayati olayı etkilemektedir (Whitman, 2008).

Model organizmalar, vücut boyutu ve kütlesi eldesiyle yorumlanması oldukça zor olan metabolik hız, fizyolojik durum, strese karşı dayanıklılık, doğurganlık, yaşam öyküsü, çiftleşme sistemi ve çiftleşme başarısı ve rekabet gücü gibi çeşitli değişkenlere ait verilerin elde edilmesini kolaylaştırmıştır (Woodward ve ark., 2005). Vücut büyüklüğü, yapılan çalışmalarda da önerildiği üzere sistematik ve taksonomi çalışmaları için anahtar bir karakter olarak filogeni, eşeysel dimorfizm ve coğrafi yayılım çalışmalarında birçok kez kullanılmıştır (Mayr, 1969; Whitman ve Agrawal, 2009). Böceklerde yaşamsal özellikler (gelişme süresi, büyüme hızı, yumurta boyutu, yumurtlama aralıkları, uzun ömür vb.) tür içinde ve türler arasında vücut boyutu ile ilişkilidir (Roff, 1992; Stearns, 1992; Nylin ve Gotthard, 1998; Roff, 2002; Branson, 2008; Hodin, 2009). Oogenez ve gelişimsel süreçler sırasında, kaynaklar ve zaman sınırlı olduğundan gelişimsel süreçteki farklılaşmayı dengeleyebilmek için yetişkin vücut boyutu azaltılabilir. Dolayısıyla evrimsel süreçte, türler en optimal koşulu belirleyebilmek için kendisine en uygun olan yaşam öyküsü bileşenlerinin kombinasyonunu oluştururlar (Whitman ve Agrawal, 2009). Bazı türlerin popülasyonlarında daha büyük vücuda sahip bireyler daha uzun yaşarken (Ovadia ve Schmitz, 2002; Miura ve Ohsaki, 2004; Judge ve ark., 2008), bazı popülasyonlarda ise küçük bireyler daha uzun yaşar (Rosetti ve ark., 2008; Donelson ve ark., 2008).

Dişi böceklerde üretkenlik genellikle vücut boyutuyla pozitif ilişkilidir (Honek, 1993). Bazı uzunantenneli çalı çekirgelerinde büyük türlerin, daha küçük türlere oranla, daha fazla yumurtalıklara sahip olma eğiliminde oldukları ve daha

büyük yumurta kümeleri oluşturma eğiliminde oldukları ifade edilmiştir (Stauffer ve Whitman, 1997; Branson, 2008). Bazı uzun antenli çekirge türlerinde ise büyük vücutlu bireylerin küçük bireylere oranla, daha hızlı geliştiği ifade edilmiştir (Wall ve Begon, 1987; Ahnesjö ve Forsman, 2003; Berner ve Blanckenhorn, 2006).

Orthoptera takımı dahil olmak üzere birçok böcek türünde çiftleşme başarısı erkek (Thornhill ve Alcock, 1983; Andersson, 1994; Brown, 2008; Hochkirch ve Gröning, 2008; McCartney ve Heller, 2008) ve dişilerin (Del Castillo ve Núñez-Farfán, 2002; Rosetti ve ark., 2007; Brown, 2008) vücut büyüklüğü ve gücüyle ilişkilidir. Büyük vücuda sahip olan erkeklerin daha büyük düğün hediyesi verdikleri (Fedorka ve Mousseau, 2002) ve daha fazla sperm içeren büyük spermatofor oluşturdıkları (Wedell, 1997; Schaus ve Sakaluk, 2001; Brown, 2008) ya da daha hızlı üredikleri çeşitli çalışmalarda bildirilmiştir (Simmons, 1988). Dişi çekirgeler, küçük erkeklerden gelen küçük spermatoforları büyük erkeklerden gelen büyük spermatoforlara oranla daha hızlı tüketir (Simmons, 1986). Uzun antenli çekirgelerden *Schistocerca americana*'nın (Orthoptera, Acrididae) türünün dişi bireyi, büyük ve ağır erkeklerle çiftleştikten sonra yeniden çiftleşme periyodunun uzadığı ifade edilmiştir.

Bazı Orthoptera taksonlarında çağrı sesindeki bazı özellikler (frekans, atım hızı (pulse rate), eş bulma süresi vb.) sıklıkla vücut büyüklüğü ile ilişkilidir (Champagnon ve Del Castillo, 2008; Judge ve ark., 2008; Morris, 2008; Ponce-Wainer ve Cueva del Castillo, 2008; Römer ve ark., 2008).

Çoğu böcek türünde olduğu gibi *Isophya* türlerinde de erkek bireyler, dişilerden daha küçük ve vücut ağırlıkları daha azdır (Sevgili, 2004). Genel olarak Ensifera'da türlerin %85'inden fazlasında dişiler erkeklere oranla daha büyük vücuda sahiptir (Whitman, 2008). Bunun nedeni, büyük ölçüde, üreme başarısı ve dişi vücut büyüklüğü arasındaki pozitif ilişki ile açıklanmaktadır (Gwynne ve ark., 1984; Fedorka ve ark., 2007). Erkeklerin, daha küçük vücuda sahip olmaları nedeniyle; predasyon riskini azalttığı, daha az besinle beslenme ihtiyacını karşılayabildiği, hareket yeteneğinin dişiye göre daha yüksek olabildiği ve dişilerden daha önce erginleşme dönemine girebilmesi gibi avantajlar elde ettiklerinden söz edilmektedir (Whitman, 2008).



Çalı çekirgelerinde (Tettigoniidae), erkek cercileri dişiyi çiftleşme sırasında kavramak için uyarlanmıştır ve dişiyi tutan kısaçlar gibi davranmaktadır. Bazı türlerde erkeklerin çiftleşme süresini kontrol altında tutmak için bu yapıları kullandığı ifade edilmiştir (Vahed ve ark., 2014). Çalı çekirlerinin birkaç alt familyasında ise (Ensifera: Tettigoniidae), erkeklerin boşalma kanalının sonunu kaplayan fallus, titilatörler olarak ifade edilen ek yapılar ile ilişkilidir (Lehmann ve ark., 2011). Titilatörlerin distal kısımları eşleştirilmiş yapılarda oluşur ve çiftleşme sırasında dişininin genital organının içerisine yerleştirilir (Boldyrev, 1995). Bu yapının şeklinin, yapısının ve işlevinin türler arasında dikkate değer bir çeşitlilik gösterdiği yapılan çalışmalarda bildirilmiştir (Vahed ve ark., 2011; Chamorro-Rengifo ve Lopes-Andrade, 2014).

## **2.6 *Isophya* Cinsi Hakkında Genel Bilgi**

Türkiye'nin zoocoğrafik tarihine bakıldığında üç kıta arasındaki bağlantısı sebebiyle ve farklı iklim ve topografik yapıya sahip olmasının sonucu olarak oldukça yüksek bir biyoçeşitliliğe sahiptir (Kaya ve ark., 2013). Sucul alanlar karasal popülasyonlar için bariyer rolü oynar ve bölünen popülasyonlar türleşme mekanizmalarının çalışmasına destek olur. Özellikle karasal organizmalarda Çanakkale Boğazı'nın oluşumu Anadolu ve Balkan popülasyonlarını birbirinden ayrılmasına neden olmuş ve fanual hareketi kısıtlamıştır. Tüm bu süreçler karasal organizmaların bugünkü zoocoğrafik dağılımını şekillendirerek genetik çeşitlilikteki değişikliklerle birlikte türleşme ya da yok olma süreçlerine aracılık etmiştir (Allegrucci ve ark., 2011; Kaya ve ark., 2013; Korkmaz ve ark., 2014; Çıplak ve ark., 2015). Orthoptera takımı Boğazın her iki kısmında yayılış gösteren (Anadolu, Balkan ve Avrupa popülasyonları) ve biyocoğrafik çalışmalara konu olan taksonomik çeşitliliğe sahip bir grup olarak karşımıza çıkmaktadır (Çıplak, 2004; Sevgili, 2004; Taylan ve ark., 2013; Taylan ve Şirin, 2016; Şirin ve ark., 2021).

*Isophya* Brunner von wattenwyl, 1878 cinsine ait çekirgeler dünyada sadece Palearktik zoocoğrafik bölgede yayılış göstermekte ve yaklaşık olarak 90 kadar türle temsil edilen uzun antenli çekirgelerdendir (Heller ve ark., 1998; Sevgili, 2004; Cigliano ve ark., 2022). Cinsin dişi ve erkek bireyleri incelendiğinde her iki eşey içerisinde de kanatlar oldukça indirgenmiş ve erkeklerde daha uzun olmak kaydıyla ses organına dönüşmüştür. *Isophya* cinsinin Türkiye dağılımı incelendiğinde Batı

Akdeniz ve Güney Ege Bölgesi dışında neredeyse tüm bölgelerde hatta tüm illerde temsil edilen türlere sahiptir. Türlerin önemli bir kısmının ise Karadeniz, Marmara ve İç Anadolu bölgesinde yoğunlaştığı yapılan çalışmalarda bildirilmiştir (Sevgili, 2004).

*Isophya* cinsine ait türlerin biyolojisi bilinmemekle birlikte türler hakkında en kapsamlı çalışma Can, 1959 tarafından yapılmıştır. Cinsin türleri incelendiğinde yumurtadan çıkıp erginleşme süreleri ortam sıcaklığına bağlı olarak değişmekle birlikte yaklaşık bir buçuk ay kadardır (Can, 1959). Ergin süreleri ise 4-7 hafta arasında değişmektedir (H. Sevgili, *Isophya speciosa*, yayınlanmamış veri). Son gömlek değişiminden sonra ergin olarak isimlendirilen bireylerin her geçirdiği gün bir yaş olarak hesaplanır ve ergin olduktan sonra ortalama 5-6 günden sonra çiftleşmeye başlarlar (Uma ve Sevgili, 2015).

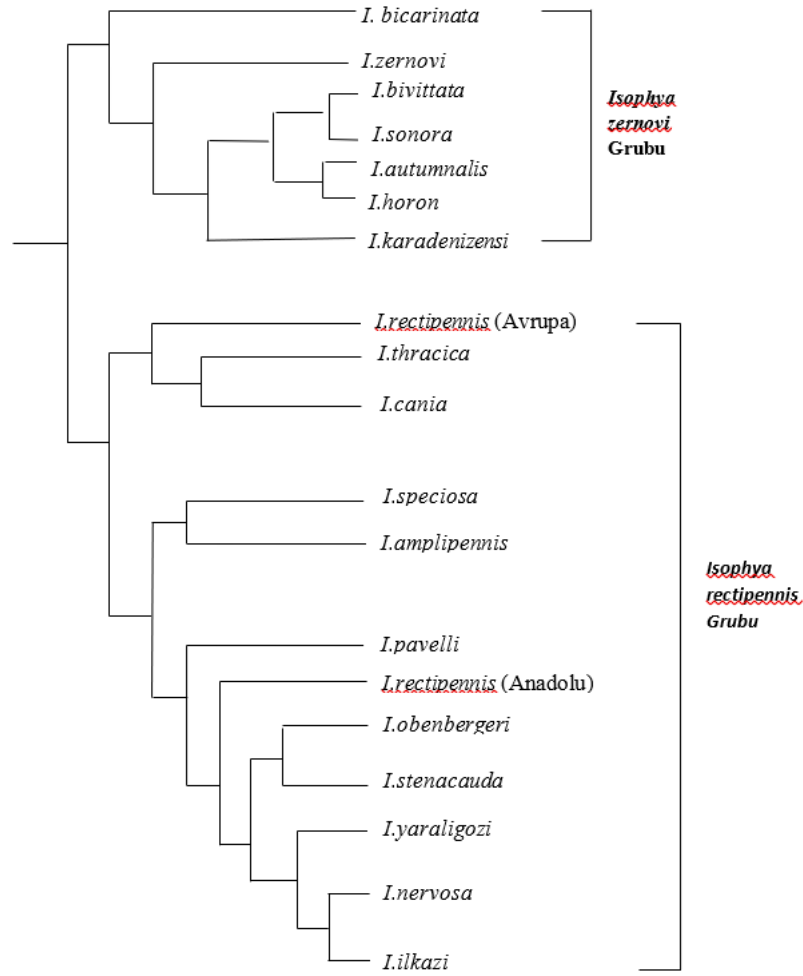
Phaneropterin çalıçekirgelerinden *Isophya* (44 tür/alttür) (%80 oranında endemik) ve *Poecilimon* (102 tür/alltür) en fazla türe sahip olan iki cinstir ve içerdikleri türlerin yarısından fazlası ülkemizde yayılış göstermekle birlikte endemizm oranlarının oldukça yüksek olduğu söylenebilir (Çıplak ve ark., 2002; Sevgili, 2018; Sevgili, 2020; Cigliano ve ark., 2022). Kısa mesafede lokal popülasyonlar şeklinde sıkışıp kalmış endemik türlerin bir birbirlerinden ayrılma nedenlerinin araştırılması oldukça önem arz etmektedir. *Isophya* cinsi hakkında yapılan çalışmalara bakıldığında yakın akraba cinslere ait türlerden farklılıklar gösterdiğini ifade eden birçok çalışma mevcuttur (Sevgili, 2004; Heller ve ark., 2006; Sevgili ve ark., 2006).

*Isophya* cinsi hakkında yapılan detaylı çalışmalar incelendiğinde cinsin taksonomisi şimdiye kadar morfolojik, biyoakustik ve moleküler çalışmalar aracılığı ile belirlenmeye çalışıldığı görünmektedir (Sevgili, 2004; Chobanov ve ark., 2013; Chobanov ve ark., 2017). Morfolojik karakter olarak tegmen, renklenme ve pronotum, erkek cerci yapısı, femur uzunluğu, dişilerde ovipozitor gibi vücut kısımları kullanılarak türler birbirinden ayırt edilmeye çalışılmıştır (Bey-Bienko, 1954; Heller, 1988; Sevgili ve ark., 2006; Warchałowska-Śliwa ve ark., 2008; Chobanov, 2009). Biyoakustik olarak incelendiğinde ise erkekler türe özgü çağrı sesi üretirler ve bu sesin yapısı Phaneropteridae türlerinde filogenetik ilişkiyi anlamak için kullanılır

(Chobanov ve Heller, 2010). Biyoakustik iletişim birçok çekirge türünde oldukça özelleşmiş ve yaygın olarak kullanılmaktadır. Farklı tür grupları altında toplanmış olan *Isophya* türleri çiftleşme periyodunda biyoakustik olarak iletişim kurarlar (Sevgili ve ark., 2006; Sevgili ve ark., 2011; Sevgili ve ark., 2012). *Isophya* erkekleri erginleştikten 3-4 gün sonra dişilerine çiftleşme öncesi ses sinyalleri göndermeye başlar ve dişiler de bu sinyale biyoakustik olarak cevap verirler (Heller ve von Helversen, 1986; Sevgili ve ark., 2012). Eşini seçen dişi çiftleşir. Çiftleşmeler genel olarak türe göre değişmekle birlikte günün her saatinde yapılabilmektedir. Yapılan gözlemlere göre, birkaç kez çiftleşen dişi genellikle üçüncü haftadan itibaren yumurta bırakmaya başlar. Yumurtalar paket halinde değil, farklı sayılarda ve farklı günlerde olmak üzere uygun olan bir toprağa bırakılır. Genel olarak erkekler dişilerden daha önce erginleşip daha önce ölürlür. Yumurtalar kışı toprakta geçirir, kışlar ve baharla birlikte bölgeye ve yükseltiye bağlı olarak nimfler çıkmaya başlar.

*Isophya* cinsi bazı türler için net olmamakla birlikte günümüzde 10 tür grubu altında ele alınmaktadır (Cigliano ve ark., 2022). Sevgili, (2004) tarafından yapılan detaylı çalışmada Türkiye’de yayılış gösteren *Isophya* türleri morfolojik ve biyoakustik özelliklerine göre altı tür grubu (*bicarinata*, *zernovi*, *major*, *straubei*, *amplipennis*, *rectipennis*) altında toplanmıştır. Sonrasında yapılan çalışmalarda filogenetik tür grupları aynı şekilde kullanılmaya devam edilmiştir. *Isophya* cinsinin tarihsel geçmişine paralel olarak yapılan moleküler filogeni çalışmalarında önerildiği üzere mitokondrial ve nükleer DNA filogenisi, *I. straubei* ve *I. zernovi* gruplarında monofiliyi desteklerken, örneğin *I. rectipennis*, *I. speciosa* ve *I. modesta* gruplarını desteklememiştir. Anadolunun zoocoğrafik geçmişi dikkate alındığında daha eski türlerin morfolojik taksonomi ile uyumlu olduğu, daha yeni grupların ise moleküler filogeniyi desteklediği ifade edilmiştir (Chobanov ve ark., 2017).

Tez çalışmasına konu olacak türler ise *I. zernovi* ve *I. rectipennis* tür gruplarına ait olan türlerdir. *I. zernovi* ve *I. rectipennis* gruplarının güncel durumunu gösteren filogenetik ağaç Şekil 2.1’ de verilmiştir (*I. zernovi* grubu (Sevgili, 2004; Sevgili, 2018; Sevgili, 2020), *I. rectipennis* grubu (Sevgili, 2004; Chobanov ve ark., 2017).



**Şekil 2.1** *I. zernovi* ve *I. rectipennis* tür gruplarının güncel filogenetik durumu

*I. zernovi* Miram, 1938 tür grubu kendisiyle birlikte *I. bicarinata* Karabağ, 1957, *I. autumnalis* Karbağ, 1962, *I. karadenizensis* Ünal, 2005, *I. horon* Sevgili, 2018 ve *I. sonora* Sevgili, 2020 türlerinden oluşmaktadır (Sevgili, 2004; Ünal, 2005; Sevgili, 2018; Sevgili, 2020). *I. zernovi* tür grubunun türleri, morfolojik olarak incelendiğinde, erkek ve dişide pronotumun arkada genişlemiş olması, erkek serkuslarının uç kısmında içe doğru dik bir açı ile kıvrılmış olması, erkekte tegminanın hemen hemen pronotum uzunluğunda olması, geniş bir diske sahip olması ile diğer tür gruplarından ayrılırlar (Sevgili, 2004). *I. rectipennis* Brunner von Wattenwyl, 1878 tür grubu ise *I. pavellii* ve *I. rectipennis* tür komplekslerinden oluşmaktadır (Cigliano ve ark., 2022). *I. rectipennis* grubu farklı alt tür gruplarından oluşmakta ve diğer gruplardan, pronotumun arkada güçlü bir şekilde farklılaşmış olması, ses oluşturmada görev alan dişçiklerin yer aldığı erkek kanadındaki Cu2

damarının daha kalın olması, tegminada boyuna damarlanmanın belirgin olması ve fastigiumun anten birinci segmentiyle olan oranı gibi morfolojik özelliklerle diğer tür gruplarından ayırt edilirler (Sevgili, 2004). *I. rectipennis* grubu Orta Anadolu, Batı Karadeniz ve Marmara Bölgesinde yayılış gösterirken, *I. zernovi* grubu Batı Karadeniz iç bölgeler ve Doğu Anadolu Bölgesinde yayılış göstermektedir. Tez çalışmasında *I. pavelii* Brunner von Wattenwyl, 1878 kompleksinden *I. nervosa*, *I. stenocauda stenocauda* Ramme, 1951 ve *I. stenocauda obenbergeri* Maran, 1958 popülasyonları araştırılmıştır ve çalışılan diğer türler ise *I. rectipennis*'tir ve *I. rectipennis* hariç diğerler türlerin tamamı endemiktir.

Çalışmamızda *I. rectipennis* tür grubundan arazide yaygın olarak bulunan *I. ilkazi* alt grubundan *I. ilkazi*, *I. nervosa*, *I. stenocauda stenocauda* Ramme, 1951, *I. stenocauda obenbergeri* Maran, 1958 türlerinden ve *I. rectipennis* alt grubundan *I. rectipennis* (Anadolu popülasyonu) türünden veri alınmıştır. *I. zernovi* tür grubu Doğu Karadeniz ve iç kesimleri ile Kuzey Doğu Anadolu'da yayılış gösterirken, *I. rectipennis* türleri Anadolu coğrafyasında Batı Karadeniz ve iç kesimleri, İç Anadolu'nun kuzeyi ile Marmara bölgesinin bazı kesimlerinde yayılış göstermektedir (Sevgili, 2004). *I. rectipennis*'in Bulgaristan ve Romanya'ya kadar uzanan geniş bir yayılışı vardır. *I. zernovi* ve *I. rectipennis* tür gruplarına ait türlerin tamamı tipik olarak herbivordur. Bazı türlerin tarımsal açıdan zararlı olabilecek kadar büyük popülasyonlara ulaştıkları da rapor edilmiştir (Can, 1959).

*Isophya* cinsine ait türlerin, *Poecilimon* türlerinden daha önce yumurtadan çıktıkları ve üreme dönemine geçtikleri, *Poecilimon* türlerinin ise *Isophya* türlerinin boşalttıkları nişlere yerleştikleri mevcut çalışmalardaki kayıtlardan anlaşılmaktadır. *Isophya* türlerinin özellikle artan sıcaklıklara karşı daha az toleranslı oldukları, *Poecilimon* türlerine göre daha düşük popülasyon yoğunluklarına sahip oldukları ve daha hassas habitat seçiciliği gösterdikleri bildirilmiştir (Bauer ve Kenyeres, 2006). Bu nedenle *Isophya* türlerinin biyocoğrafik değerlendirme ve biyoçeşitliliğin korunması bağlamındaki çalışmalarda indikatör gruplardan birisi değerlendirilmektedir (Bauer ve Kenyeres, 2006).

Uzun antenli çekirgelerden Barbitistini tribüsüne ait (Phaneropterinae) *Isophya* ve *Poecilimon* cinslerine ait türlerin mevcut spermatofor verilerine

bakıldığında, yaklaşık 90 türe sahip *Isophya* cinsinde, çok az sayıda türün çalışıldığı anlaşılmaktadır. Bugüne kadar yapılmış çalışmalarda *I. amplipennis*, *I. pavelii*, *I. speciosa*, *I. sikorai* ve *I. kraussi* türlerine ilişkin bazı spermatofor verileri vardır. Ancak, *I. sikorai* dışında incelenen örnek sayısının çok az olduğu ve dar kapsamlı verilere ulaşılabildiği görülmektedir (Can, 1959; Voigt ve ark., 2005; Uma ve Sevgili, 2015). *Isophya* cinsine ait ülkemizde yayılış gösteren türlerin büyük bir kısmına ilişkin spermatofor yatırımlarına dair veri bulunmamaktadır. Diğer taraftan Palearktık'te 140' dan fazla türe sahip *Poecilimon* cinsine ait sadece 40 kadar türün spermatofor yapılarının çalışılmış olması da önemli bir eksiklik olarak görülmektedir (McCartney ve ark., 2008).

## 2.7 Çalışmanın Amacı

Çalı çekirgeleri çiftleşmenin maliyet ve yararını ve eşeyssel seçilim gibi konuları araştırmak için ideal model organizmalardır. Bu çalışmada morfolojik olarak birbirlerine oldukça benzerlik gösteren ve endemik tür bakımından zengin olan *Isophya* cinsinden iki tür grubuna ait türlerin (*I. zernovi* tür grubu: *I. zernovi*, *I. bicarinata*, *I. autumnalis* ve *I. karadenizensis* ile *I. rectipennis* tür grubundan; *I. rectipennis*, *I. ilkazi*, *I. nervosa*, *I. stenocauda stenocauda* ve *I. stenocauda obenbergeri*) spermatofor özelliklerinin belirlenmesi hedeflenmiştir.

### Hipotezler;

1. *I. zernovi* ve *I. rectipennis* tür grupları morfolojik, moleküler ve biyoakutik çalışmalarla desteklenmiş iki farklı filogenetik tür grubudur (Sevgili, 2004; Chobanov ve ark., 2017; Cigliano ve ark., 2022). Farklı coğrafi alanlarda izole popülasyonlar halinde kalmış popülasyonların davranışsal özelliklerinde de evrimsel değişiklikler beklenir. Dolayısıyla bu iki tür grubunun davranışsal parametreler açısından da farklılaşmış olması beklenmektedir.
2. Erkeğin ve dişinin vücut büyüklüğünün eş seçiminde ve üreme başarısında önemli bir etken olduğu bilinmektedir (Whitmann, 2008). Dolayısıyla çalışılan türler için erkeğin olası çiftleşmede üreme başarısını artırabilmesi için vücut büyüklüğü ve üretilen spermatofilaks, ampulla ve içerdiği sperm sayıları arasında pozitif ilişki beklenmektedir. Bu durumun sadece türler bazında değil çalışılan tür grubunun kendi içerisinde, tüm türler bazında da

geçerli olacağı tahmin edilmektedir (örn. *Poecilimon* spp. McCartney ve ark., 2008).

3. *I. zernovi* ve *I. rectipennis* tür gruplarında yer alan türlerin erkeğin olası çiftleşmede artan çiftleşme başarısını açıklayan ejakulat koruma hipotezini (Gwynne, 2001; McCartney ve ark. 2008; Sevgili ve ark. 2015) desteklemesi beklenmektedir.
4. *I. zernovi* ve *I. rectipennis* tür grubundaki türlerin, erkek ve dişi ağırlıklarıyla birlikte spermatofor yatırımları karşılaştırılacaktır. Spermatofor parametrelerinin türlerin ayırt edilmesinde yardımcı unsurlar olup olmayacağı da test edilmiş olacaktır.

### 3. MATERYAL ve YÖNTEM

#### 3.1 Materyal

Çalışılan *I. zernovi* ve *I. rectipennis* tür grupları genel olarak Karadeniz kıyı ve iç kesimlerinde yayılışı olan popülasyonlardan oluşmaktadır (Sevgili, 2004). Bu iki tür grubu İç Anadolu ve Akdeniz bölgelerindeki türlerden farklı olarak nispeten benzer iklim koşulları altında yayılış göstermektedirler. Kendi içlerinde ise tam olarak Karadeniz iklimine uyum sağlamış (*I. karadenizensis* (Şekil 3.1 B), *I. autumnalis* (Şekil 3.1 A) türlerin yanında hem Karadeniz hem de Karadeniz ardı iklim koşullarında bulunan (*I. ilkazi*, *I. zernovi*, *I. bicarinata* ve *I. obenbergeri* gibi) türler bulundurması nedeniyle kompleks popülasyonlar halinde temsil edilirler.



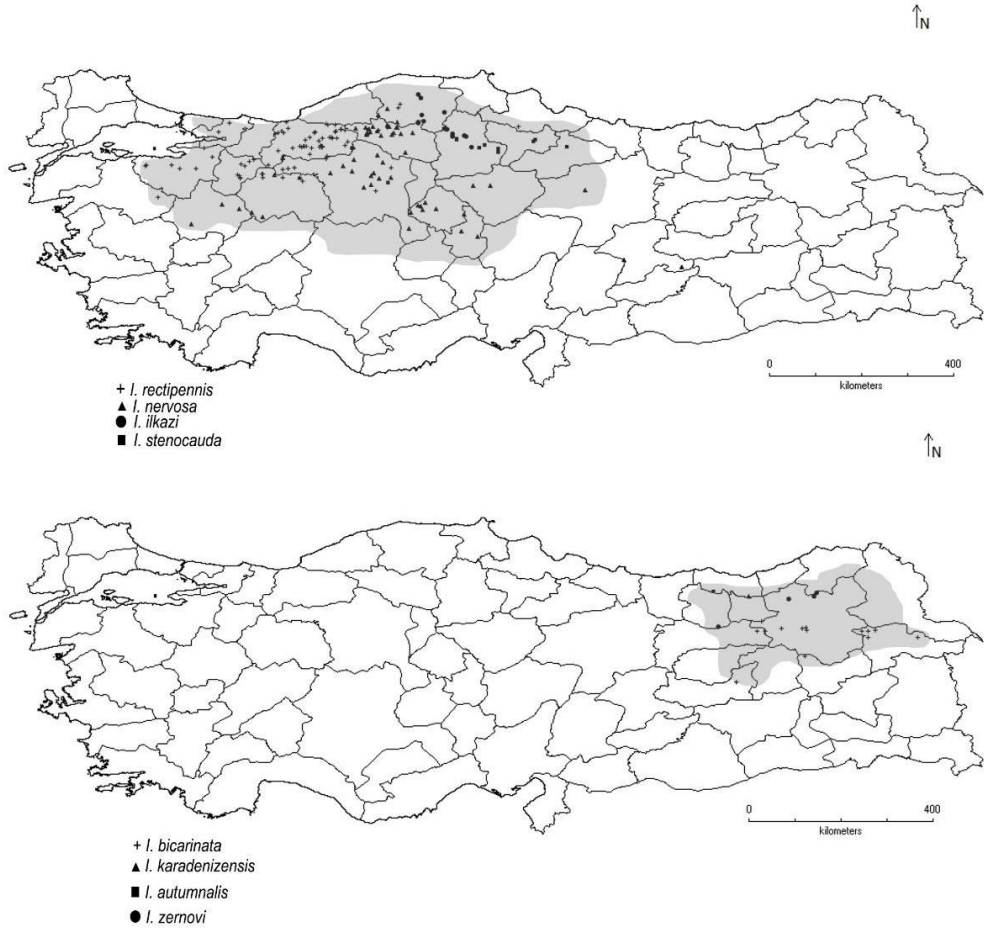
**Şekil 3.1** A: *Isophya autumnalis* (erkek, Gümüşhane); B: *I. karadenizensis* (dişi, spermatoforlu, Trabzon) (Fotoğraflar: H. Sevgili)

Biyoakustik olarak birbirinden çok iyi ayrılmış türler olduğu gibi (*I. autumnalis* ve *I. bicarinata* gibi) nispeten yakın türler de (*I. ilkazi* ve *I. nervosa* gibi) gruplarda temsil edilmektedir (Sevgili, 2004). Tüm bu durumlar göz önüne alındığında morfolojik ve moleküler verilerle iki ayrı tür grubuna ayrılmış bu popülasyonların üreme ile ilgili bazı davranışsal parametrelerin evrimsel açıdan değerlendirilmesinin önemli sonuçlar vereceği düşünülmüştür. Ayrıca spermatofor



yatırımının cins içerisinde daha çok korunmuş mu yoksa esnek bir özellik mi olduğu konusunda bizlere ipuçları verecektir.

*I. zernovi* tür grubu Doğu Karadeniz ve iç kesimleri ile Kuzey Doğu Anadolu'da yayılış gösterirken, *I. rectipennis* türleri Anadolu coğrafyasında Batı Karadeniz ve iç kesimleri, İç Anadolu'nun kuzeyi ile Marmara bölgesinin bazı kesimlerinde yayılış göstermektedir (Şekil 3.2). Tez çalışmamızda *I. rectipennis* tür grubundan arazide yaygın olarak bulunan *I. ilkazi* alt grubundan *I. ilkazi*, *I. nervosa*, *I. stenocauda stenocauda*, *I. stenocauda obenbergeri* ve *I. rectipennis* alt grubundan *I. rectipennis* (Anadolu popülasyonu) türlerinden veri alınmıştır. *I. zernovi* grubundan ise *I. karadenizensis*, *I. bicarinata*, *I. autumnalis* ve *I. zernovi* türleri literatürde verilen lokalitelerden toplanmıştır.



**Şekil 3.2** *I. rectipennis* ve *I. zernovi* tür gruplarına ait literatürde bilinen bazı Türkiye (*I. rectipennis* türü için Anadolu) yayılışları ve sınırları (*I. stenocauda* tür düzeyinde gösterilmiştir. Harita DIVA-GIS ile oluşturulmuştur)

## 3.2 Yöntem

### 3.2.1 Örneklerin Toplanması

Tez çalışmasında model organizma olarak kullanılan *Isophya* cinsine ait örnekler, *I. rectipennis* ve *I. zernovi* tür gruplarına dahil olan türlerin lokalite verileri kullanılarak uygun noktalardan toplanmıştır. *I. zernovi* grubuna ait türlerden *I. autumnalis* türüne ait bireyler, Gümüşhane ili Vauk Dağı (1965 m), Krom Vadisi (1947 m, 2016 m), Keklit yolu Pekün Dağı civarlarından (1654 m, 203 m) ve tip lokalitesi olan Trabzon ili Zigana Dağı'ndan (2160 m) toplanmıştır. *I. autumnalis* türü bugüne kadar sadece Trabzon Zigana Dağı'ndan tespit edilmiş olsa da arazi çalışmalarımız sırasında bu türe Gümüşhane il sınırları içerisinde de rastlanmıştır. Karabağ (1962) eylül ayında topladığı için 'autumnalis' ismini vermişse de arazi çalışmalarımız sırasında haziran ayının ilk haftalarında Gümüşhane il sınırları içerisinde nimf ve ergin bireylerine rastlanmıştır. Literatürde verilen 2000-3000 m yayılım yüksekliğine paralel olarak özellikle Gümüşhane ilindeki lokalitelerden 1947- 2160 m yükseklikten tespit edilmiştir. *I. autumnalis* 06-10 Haziran 2018 tarihleri arasında verilen Gümüşhane ve Trabzon ilindeki yayılış lokalitelerinden ergin ve nimf halinde dişi ve erkek bireyler halinde toplanmıştır. *I. karadenizensis*, Trabzon ili Çaykara ilçesi, Sultan Murat yayla yolu üzerinden (1758-2107 m) 22 Haziran 2018 tarihinde çiftleşmemiş genç ergin ve nimf halinde dişi ve erkek bireyler halinde toplanmıştır. Yayılış alanı Kuzey Doğu Anadolu olan *I. zernovi*, Erzurum ili Uzundere Çamlıyamaç, Dikyar, Artvin ili Yusufeli ilçesi Kılıçkaya civarından (1890-2107 m) toplanmıştır. *I. zernovi* her iki eşeyde tıknaz bir vücuda, geniş pronotuma, erkekte aniden daralmış subgenital plakaya sahip olmasıyla birçok *Isophya* türünden farklıdır. Yapılan arazi çalışmalarında haziran ayının ilk haftasında ergin ve son devre nimflerine rastlanılan *I. zernovi* literatürde belirtilen lokalitelerden gerekli sayıda toplanmıştır. Türkiye'ye endemik bir tür olan ve Anadolu Diyagonalinin doğusunda kalan kısımda yayılış gösteren *I. bicarinata* ise Bayburt ili Kop Dağı civarından (1950-1965 m) nimf ve ergin bireyler halinde toplanmıştır.

*I. rectipennis* tür grubuna ait türlerden Romanya, Bulgaristan ve Türkiye'nin Kuzey batısından bilinen *I. rectipennis* Bolu ilinden Kıbrısık yolu mevki, Dörtdivan, Yeniçağa civarından 824-1187 m yükseklik aralığında nimf ve

çiftleşmemiş genç ergin bireyler halinde toplanmıştır. *I. stenocauda* tip lokalitesi olarak Çorum ilinden bilinmektedir (Sevgili, 2004; Ünal, 2005; Ünal, 2010). Literatürde de bilindiği üzere teze çalışması için gerekli bireyler Çorum il sınırı içerisinde İskilip Eskiköy, Başmakçı, Kılıçdere civarından 656-117 m yüksekliğe sahip alanlardan 18 Haziran 2019 tarihinde nimf ve ergin bireyler halinde toplanmıştır. Anadolu'ya endemik bir tür olan *I. nervosa* cinsi diğer türlerine oranla daha geniş yayılış alanına sahiptir. *I. nervosa* Kırıkkale ili Ballıseyh (900 m), Delice- Elmalı (1190 m), Çankırı ili Kızılırmak Yukarıalagöz civarından (584 m), Amasya ili Merzifon civarından (744 m) ergin ve nimf bireyler halinde toplanmıştır. *I. obenbergeri* literatürde Kastamonu-Çankırı arasındaki Ilgaz dağında ve Kırıkkale' de bulunmaktadır (Sevgili, 2004). Tez çalışması kapsamında *I. obenbergeri*, Kastamonu ili Tosya Aşağıberçin civarı (1857 m), Ilgaz dağı (1386-2039 m), Kastamonu-Sinop arasındaki Yaralıgöz civarından (1478 m), Sinop ili Durağan ilçesi Başağaç civarından (668 m) dişi ve erkek bireyler halinde yeterli sayıda toplanmıştır. Anadolu'ya endemik olan *I. ilkazi* türü ise Kastamonu ili Tosya-İskilip yolu üzerinden (1588 m), Çankırı Ilgaz Dağı'ndan (880 m), Kastamonu Ilgaz Dağı Milli Parkı'ndan (2039 m) dişi ve erkek bireyler halinde yeterli sayıda toplanmıştır.

### **3.2.2 Laboratuvar Çalışmaları**

#### **3.2.2.1 Nimflerin Bakımı**

Araziden uygun şekilde toplanıp sağlıklı olarak laboratuvara getirilen bireyler öncelikle yaşamlarını sürdürecekleri kafeslere yerleştirilmiştir. Arazi çalışmalarında her bir türden yaklaşık olarak 100 dişi ve 100 erkek birey ergin veya nimf olarak toplanmıştır. Her tür için farklı kafesler kullanılmış ve erginler ve nimfler farklı kafeslerde konumlandırılmıştır. Hem nimflerde hem de ergin bireylerde dişi ve erkekler farklı kafeslere yerleştirilmiştir (Şekil 3.3). Nimfler laboratuvarımızda bulunan 40x40x30 cm ebatlarındaki büyük kafeslere koyulmuştur ve bu kafesler her gün kontrol edilerek erginleşen bireyler 20x20x25 cm ebatlarındaki küçük kafeslere aktarılmıştır. Türlerin sağlıklı gelişimlerinin takip edilebilmesi için kafesler günlük olarak fırça ve alkol yardımıyla temizlemiş ve ortamın hijyenik olmasına dikkat edilmiştir. Tüm bunlara ilave olarak her bir türün toplandığı lokalite göz önünde bulundurularak ve daha önceki laboratuvar tecrübelerinden de edindiğimiz bilgiler yardımı ile (Önal, 2013; Yiğit, 2013) örnekler Ordu Üniversitesi'nin çevresinde

bulunan böğürtlen dikenini, ısırgan gibi çeşitli bitki ve çiçekler yardımıyla beslenmiştir. Bu besinlere ilaveten çekirgelerin diyetine günlük olarak marul ve havuç ilave edilmiştir. Toplanan bitkiler, kafes içerisindeki tazeliklerini uzun süre muhafaza etmeleri için içerisinde su bulunan küçük plastik kaplara yerleştirilerek (küçük bir vazoda misali) kafeslere konulmuştur.



**Şekil 3.3** Nimflerin yetiştirildikleri büyük kafesler

Arazi çalışmaları sırasında bazı bireyler çiftleşmemiş genç erginler olarak toplanmış bazıları ise nimf olarak toplanmıştır. Nimf olan bireyler laboratuvar koşullarında ergin olduklarından yaşları takip edilebilmiştir (son gömlek değişiminden sonraki her gün bir yaş olarak kabul edilmektedir). Ancak aynı durum ergin olarak toplanan bireyler için mümkün olmamıştır. Ergin bireyler arazi koşullarında gözlemlendiğinde bireylerin vücut büyüklüğü, renk ve üyelerin skleritizasyonu tam olarak ergin karakterleri göstermedikleri için, yeni erginleştikleri ve daha önce çiftleşmemiş oldukları tahmin edilerek toplanma tarihi üzerinden olası yaşları belirlenmeye çalışılmıştır ve bu sayede çiftleşme denemelerinde kullanılmışlardır.

### **3.2.2.2 Çiftleşme Çalışmaları**

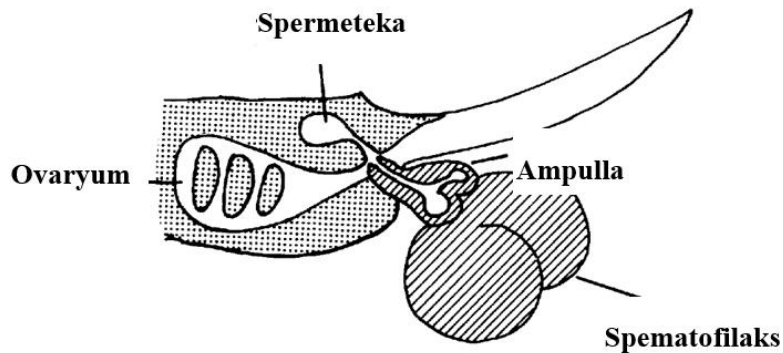
Tüm çiftleşme denemeleri daha önce çiftleşmemiş olan bireyler üzerinden gerçekleştirilmiştir. Ortalama yaşları sekiz ve üzeri olan bireyler buldukları kafesten alınarak çiftleşme için düzenlenmiş kafeslere aktarılmıştır (sekiz yaş altı bireyler, çiftleşmeye daha az istekli olmaları, sperm sayılarının ve spermatozor büyüklüklerinin erken yaşlarda az/küçük olması nedeyle her bir türün yatırımını daha iyi belirleyebilmek için, çiftleşme çalışmalarına dahil edilmemişlerdir). Her tür için kafeslerde çiftleşme grupları oluşturulurken, ortamda çiftleşmeye hazır bulunan

dişi ve erkek sayısı (oranı) spermatofor yatırımını etkileyebileceğinden dolayı, eşit eşey oranına sahip olacak şekilde oluşturulmaya dikkat edilmiştir (10 dişi:10 erkek). Çiftleşme denemeleri gerçekleşmeden önce dişi ve erkekler rastgele yaşadıkları kafeslerden seçilmiş ve her birinin arka femuruna takılan etiketler yardımıyla bireysel olarak tanımlanmışlardır.

Dişi ve erkeklerin çiftleşme öncesi ve çiftleşme sonrasındaki ağırlıkları ile erkek tarafından çiftleşme sırasında dişiye nakledilen spermatofor ve onun kısımları olan spermatofilaks ve ampulla ağırlıkları 0,1 mg hassas terazi kullanılarak tartılmıştır ve not edilmiştir. Çiftleşen dişiden spermatoforun alınması için ince uçlu pens ve ampulla içeriğinin sulandırılıp karıştırılması için cam kaplar ve enjektör kullanılmıştır. Spermlerin sayılması için Neubauer lamı (Hemasiyometre) ve ışık mikroskobundan (Leica DM500) yararlanılmıştır.

#### ***Çiftleşme Protokolü***

Tüm türlerin çiftleşmelerinde daha önce çiftleşmemiş dişi ve erkekler kullanılmıştır. Çiftleşmeden önce dişi ve erkeklerin vücut ağırlıklarının belirlenmesi amacıyla her bir dişi ve erkek birey hassas terazi ile tartılmıştır. Tartımdan sonra dişi ve erkekler çiftleşme kafeslerine yerleştirilmiş ve gözlemlenmiştir. Gözlem sırasında eğer çiftleşme gerçekleşirse çiftleşen dişi ve erkek bireyler kafesin dışına alınmıştır. Çiftleşen dişi spermatoforu ile birlikte tartılmış ve tartım kaydedilmiştir. Daha sonra ince uçlu pens yardımıyla spermatofor dişiden ayrılmış ve spermatofor tek olarak tartılmıştır (Şekil 3.4).



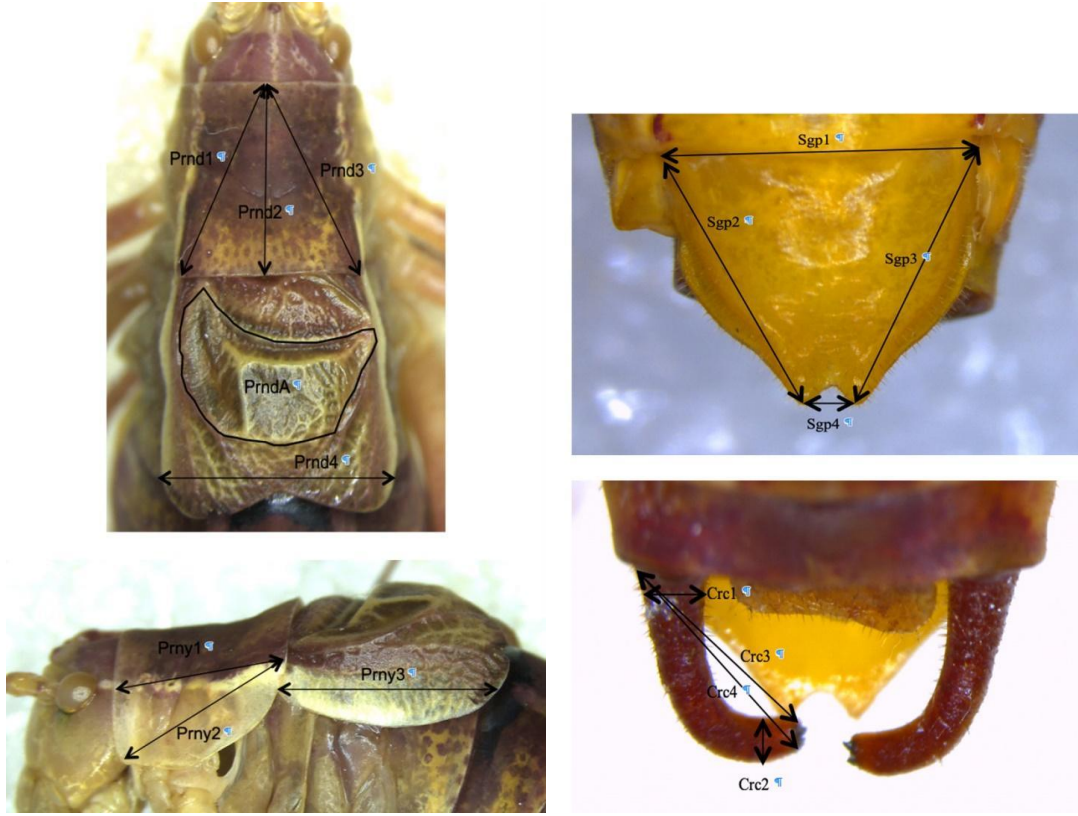
**Şekil 3.4** Bir çalı çekirgesinde spermatofilaks, ampulla, spermeteka ve ovaryum konumu (Gwynne 1988)

Spermatoforumun iki önemli kısmı olan ampulla ve spermatofilaks ince uçlu pens yardımıyla hızlı ve dikkatli bir şekilde birbirinde ayrılmış her ikisi de ayrı ayrı tartılmıştır. Ampullalar daha önceden çiftleşmenin statüsüne göre hazırlanmış olan (6 ml, 8 ml, 10 ml ya da 12 ml) su içeren cam kaplar içerisinde pens yardımıyla kırılmıştır. Kullanılan sulandırma oranları, türün içerdiği sperm sayısına ve erkeğin yaşına göre (yaş sperm sayısı üzerinde etkili bir faktördür) daha önce yapılan ön araştırmalarda saptanmıştır. Spermilerin ejakulatta tam olarak homojenize edilebilmesi için 10 ml'lik enjektör yardımıyla 15 kez karıştırılmıştır. Bu karışımdan alınan 2 damlalık örnekten ışık mikroskopunda sperm sayımı yapılmıştır. Sayım işlemi her bir çiftleşmeden 5 tekrarlı olacak şekilde gerçekleştirilmiştir.

Çiftleşmeyi gerçekleştiren bireyler daha önce çiftleşmemiş bireylerdir ve bu bireyler ikinci kez çiftleşme denemelerinde kullanılmamışlardır. Bu bireyler etiketlerine dikkat edilerek daha sonra morfolojik ölçümlerine bakılması amacıyla -80 °C'de saklanmıştır.

### **3.2.2.3 Morfolojik Ölçümler**

Vücut büyüklüğü omurgasızlardan omurgalı hayvanlara kadar canlının biyolojisini her yönden etkileyen en önemli temel özelliklerinden birisidir (Whitman, 2008). Vücut büyüklüğü canlının fizyolojisi, eş seçimi, üreme ve hayatta kalma başarısı ile doğrudan ya da dolaylı olarak en önemli parametrelerin başında gelmektedir. Tez kapsamında incelenen özelliklerden spermatofor ve içeriklerinin (spermatofilaks, ampulla ve sperm sayısı) vücut büyüklüğü parametrelerinden etkilendiği birçok araştırmada ortaya konmuştur (Örneğin bkz.; Sevgili ve ark., 2015). Tez kapsamında çalışılan türlerin dişi ve erkek bireylerinden pronotum, kanatlar, subgenital plaka ve serkuslara ait kısımlardan morfolojik ölçümler alınmıştır (Şekil 3.5 ve Şekil 3.6).



**Şekil 3.5** Erkek bireyde morfolojik ölçümlerin alındığı pronotum, kanatlar, subgenital plaka ve serkuslara ait kısımları gösterir fotoğraflar (Prny: Pronotum uzunlukları, Crc: Cerci ölçümleri, Sgp: Subgenital plaka ölçümleri).

*I. zervovi* ve *I. rectipennis* tür grupları morfolojik olarak; erkek ve dişide pronotumun arkada genişlemiş olması, erkekte tegminanın hemen hemen pronotum uzunluğunda olması, geniş bir diske sahip olması, erkek serkuslarının uç kısımda içe doğru dik bir açı ile kıvrılmış olması ile diğer gruplardan ayrılırlar (Sevgili, 2004). Her iki tür grubunda yer alıp çiftleşme denemelerinde kullanılmış olan dişi ve erkek bireylerin morfolojik olarak kullanışlı olan karakterlerinin ölçümleri alınmıştır.



**Şekil 3.6** Dişi bireyde morfolojik ölçümlerin alındığı baş (erkekke de aynı kısımlardan ölçüm alınmıştır), pronotum, kanatlar, ovipositor, subgenital plaka ve arka femurlar (erkekke de aynı kısımdan ölçüm alınmıştır) ait kısımlar.

### 3.2.3 İstatistik

Yapılan çalışmada çiftleşme verileri sonucunda alınan veriler için SPSS paket programı kullanılarak istatistiksel analiz yapılmıştır (SPSS, 2006). İstatistiksel testlere başlamadan önce tüm eşleşme verilerine Shapiro-Wilk normallik testi uygulanmıştır. İlâveten her bir tür için çiftleşmeye katılan dişi ve erkek vücut ağırlıklarına ilave olarak çiftleşme sırasında transferi yapılan spermatofor ve içeriklerine dair (spermatofilaks, ampulla, sperm sayısı, %SPF, %AMP ve %SPFLX) betimleyici istatistik uygulanmıştır. Betimleyici istatistik aynı zamanda çiftleşmelerde kullanılan ve morfolojik ölçümleri alınan tüm dişi ve erkeklerin verileri içinde uygulanmıştır.



Pearson korelasyon analizi erkek ve dişi vücut ağırlığının, erkeğin çiftleşme sırasında transfer ettiği spermatofor ve içerikleri (spermatofilaks, ampulla ve sperm sayısı) arasındaki ilişkilere ilave olarak oransal spermatofor, oransal spermatofilaks ve oransal ampulla değerleri arasındaki ilişkilerin belirlenmesi için hem tür hem grup düzeyinde verilere uygulanmıştır. *I. rectipennis* ve *I. zernovi* grubuna dahil olan ve çiftleşme denemelerinde kullanılan dişi ve erkek bireylerden birçok morfolojik ölçüm verisi alınmıştır ve bu ölçümler Temel Bileşenler Analizine (TBA) tabi tutulmuştur. Dişi ve erkeklerin morfoloji yapıları karşılaştırıldığında, erkeklerde oviopozitorun olmayışı, serkus ve subgenital plaka morfolojilerindeki uyumsuzluklar nedeniyle TBA'ya dahil edilmemiştir. Dişi ve erkeklerde karşılaştırılabilir morfolojik ölçümlerden elde edilen fastigium, pronotum ve arka femura ait veriler kullanılarak TBA bileşenleri elde edilmiştir. TBA analizi sonucunda birçok faktör elde edilmiş ve bu faktörlerden Eigen değeri 1'in üzerinde olan PC değerleri üzerinden çalışılmıştır. TBA Analizi sonucunda elde edilen ve en yüksek Eigen değerine sahip olan PC1 faktörü tür grupları arasındaki eşeyssel dimorfizmi anlamak için Bağımsız örneklem testi-Ttest uygulanmıştır.

Erkeğin vücut büyüklüğünü en iyi ifade eden faktör olarak değerlendirilen PC1, Doğrusal Regrasyon analizlerinde kullanılarak erkeğin vücut büyüklüğü ile spermatofor yatırımı arasındaki ilişkiler tür grupları ve çalışılan tüm türler için anlamlandırılmaya çalışılmıştır. Ayrıca bu değer *I. rectipennis* ve *I. zernovi* tür grubunun davranışsal parametrelerinin filogenetik analizlere uygunluğunu anlayabilmek adına da Genel Doğrusal Model paketi kullanılmıştır. *I. rectipennis* ve *I. zernovi* tür gruplarında yer alan türler arasındaki farklılaşmayı anlamak adına Tek Yönlü Varyans analizi (Anova) uygulanmıştır. Varyans homojenliğini belirlemek için yapılan Levene's testi sonuçlarına göre gruplar arası ikili karşılaştırmalar için parametrik verilerde Tukey, parametrik olmayan verilerde Tamhane testi kullanılmıştır.

#### 4. ARAŞTIRMA BULGULARI

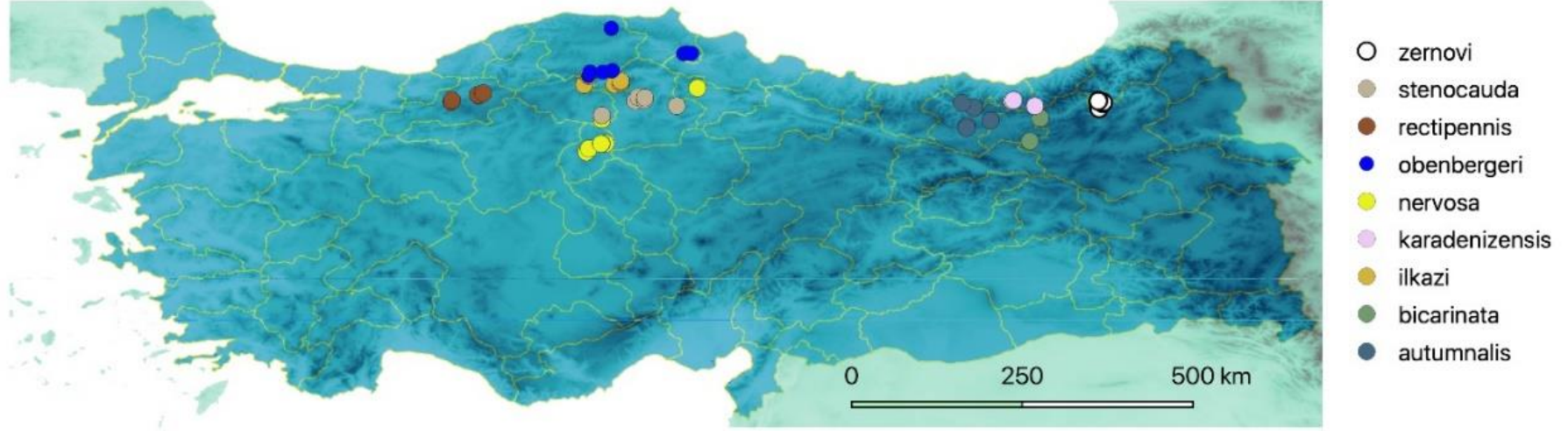
Tez çalışması kapsamında *Isophya* cinsine ait *Isophya zernovi* (*I. zernovi*, *I. autumnalis*, *I. bicarinata* ve *I. karadenizensis*) ve *Isophya rectipennis* (*I. rectipennis*, *I. nervosa*, *I. ilkazi*, *I. stenocauda stenocauda* ve *I. s. obenbergeri*) tür grubu olmak üzere seçilen dokuz türe ait çalışmalar gerçekleştirilmiştir.

Arazi çalışmalarının uygun şekilde yürütülebilmesi için 2018 yılı içerisinde *I. zernovi* grubuna ait arazi ve laboratuvar çalışması planlanırken, 2019 yılı içerisinde ise *I. rectipennis* grubuna ait çalışmalar yürütülmüştür. *I. zernovi* tür grubuna ait türlerden *I. zernovi* (EK 10), *I. autumnalis* (EK 7), *I. bicarinata* (EK 9) ve *I. karadenizensis* (EK 8) türlerine ait bireylerin arazi çalışmaları ile canlı olarak (nimf halinde) toplanmış ve laboratuvara getirilip erginleştirilerek çiftleşme çalışmaları gerçekleştirilmiştir. Bu türlerin yayılış alanları ve iklimsel koşullar düşünülerek örneklerin toplanması amacıyla arazi araştırmasına çıkılmıştır ve her bir tür uygun lokaliteden toplanmıştır (EK 1). Türlerin son evre nimf ve ergin halleri fotoğraflanmıştır. Arazi çalışmaları sırasında *I. zernovi*, *I. autumnalis*, *I. bicarinata* ve *I. karadenizensis*'e ait son devre nimf popülasyonlarına ulaşılmış (*I. karadenizensis*'in habitatu EK 16'da verilmiştir.) ve örnekler başarılı bir şekilde laboratuvara taşınarak yetiştirilmeye alınmıştır. Laboratuvara taşınan bireylerin erginleşmelerinden yaklaşık sekiz gün sonrasında çiftleştirme denemeleri başlamıştır. Her türden yeterli sayıda çiftleşme verisi alınmıştır. *I. karadenizensis* hızlı çiftleştiği için kolayca çiftleşme verileri elde edilmiştir. *I. autumnalis* türüne ait yalnızca tip lokalitesinden toplanan örneklerin tez verisi için kullanılmasına karar verilmiştir (*I. autumnalis*'in habitatu Ek 15'de verilmiştir). *I. bicarinata*'ya türüne ait ilk örneklerin uzun süre çiftleşmemesi ve laboratuvarda bir önceki araziden erginleşen örneklerin yaşlanmasından dolayı yeni bireylerin toplanmasına karar verilmiş olup, Bayburt, Kop Dağı mevkiinden yoğun ve sağlıklı bir popülasyona ulaşılmış ve yeter sayıda örneklem yapılmıştır (*I. bicarinata*'nın habitatu Ek 14'de verilmiştir).

Her bir tür için önerilen en az 25 çiftleşme *I. ilkazi* (14 çiftleşme) dışındaki türlerden başarılı bir şekilde gerçekleştirilmiş, her bir türe ait spermatoforlu dişi

fotoğrafları alınmıştır. Çiftleştirilen bireylerden *I. bicarinata*'ya ait 10 örneğin daha önce çiftleşmemiş olup olmadığı bilinmiyordu. Ancak diğer tüm çiftleşmelerde bireylerin daha önce çiftleşmemiş oldukları biliniyordu (sahadan ya nimf olarak ya da geç ergin olarak toplandıkları not edilmiş ve laboratuvarında erkek ve dişiler ayrı ayrı yetiştirilmiştir). Spermatofor, spermatofilaks ve ampulların ağırlıkları ve erkek/dişilerin vücut ağırlıkları tartılmıştır. Her ampulladaki spermeler tezin metod kısmında belirtildiği gibi en az beş tekrarlı olacak şekilde, her defasında yeniden homojenize edilerek Hemositometre yardımıyla ışık mikroskobu altında sayılmıştır.

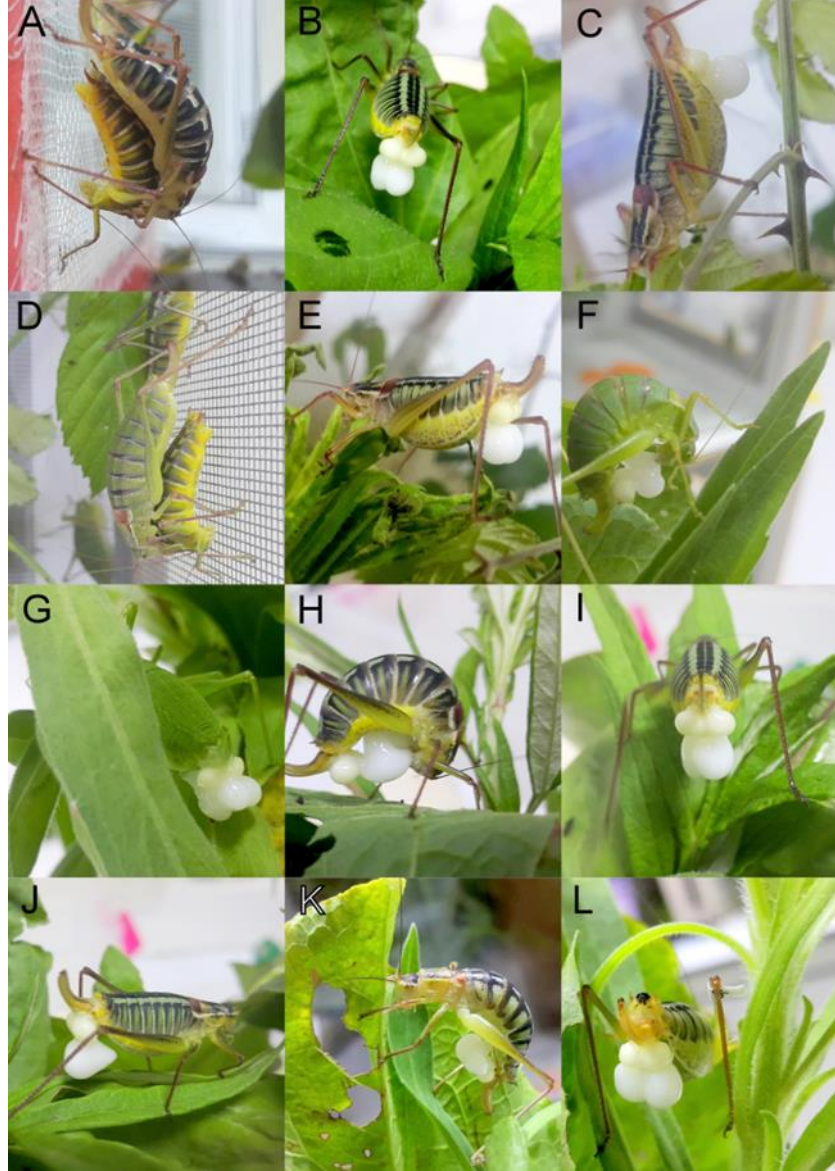
*I. rectipennis* tür grubuna ait türler için *I. rectipennis*, *I. nervosa*, *I. ilkazi*, *I. stenocauda stenocauda*, *I. s. obenbergeri*' ye ait bireyler 2019 yılı arazi çalışmaları kapsamında canlı olarak (nimf halinde) toplanmış (türlere ait arazi fotoğrafları EK 11, EK 12 ve EK 13'de verilmiştir) ve laboratuvara getirilip erginleştirilmiş ardından ise çiftleşme çalışmaları gerçekleştirilmiştir (türlerin topladığı lokaliteler EK 17, EK 18, EK 19, EK 20, EK 21, EK 22'de verilmiştir). *I. rectipennis* tür grubunda yer alan türlerden *I. ilkazi* dışında kalan tüm türlerden hedeflenen çiftleşme sayısı alınabilmiştir. *I. ilkazi* diğer türlere kıyasla laboratuvar koşullarına uyum sağlamakta zorlanmıştır (türün alıştığı besin çeşiti, sıcaklık, nem gibi faktörlerin tür için farklı olması sebep olmuş olabilir). Bu sebepten bireyler çok uzun süre yaşamayamamış ve çiftleşme denemelerinde de yeterince istekli davranmadıklarından dolayı sadece 14 çiftleşme alınabilmiştir. Türlerin olası yayılış alanları ve iklimsel koşullar düşünülerek yeni yayılış alanlarının belirlenmesi amacıyla arazi araştırmaları gerçekleştirilmiş olup literatüre ilave yeni lokaliteler verilmiştir (EK 2).



**Şekil 4.1** Tez kapsamındaki *Isophya* türlerine ilişkin arazi çalışmalarında örneklem noktaları (Harita QGIS 3.8 programı kullanılarak üretilmiştir).

#### 4.1 Tür Gruplarının Çiftleşme Davranışı

Erkek bireyler çiftleşme öncesinde dişilere tipik olarak türe özgün ses sinyallerini gönderirler ve ses sinyallerine olumlu tepki veren dişi, erkek bireyle çiftleşme davranışına girer. *Isophya* cinsine ait çiftleşme öncesi oluşturulan erkek seslerinin spektral yapıları Sevgili (2004) tarafından çalışılmıştır.



**Şekil 4.2** *Isophya zernovi* grubuna ait bazı türlerde çiftleşme ve spermatofor görüntüleri. A-B, H-J. *I. autumnalis*, C-E, I. *I. zernovi*, F-G, I. *I. karadenizensis*, K-L, *I. bicarinate* ve *I. karadenizensis*'in spermatofor ve ampulla yapısı. (Fotoğraflar: H. Sevgili)

*Isophya* cinsinde çiftleşme davranışı dişinin erkeğin abdomeni üzerine tırmanıp erkeğin üzerine çıkmasıyla başlamaktadır (Şekil. 4.2 A ve D). Dişi erkek kanadının hemen alt kısmına denk gelen I. abdominal tergitten dışarıya açılan metanotal bezden salgılanan sıvıyla beslenmeye başlar (Şekil. 4.2 A ve D). Bu sırada erkek türe özgün serkuslarıyla dişiyi ovipositor kaidesinde bulunan gonangulumlardan yakalamaya çalışır. Erkek serkuslarıyla sıkıca kavradığı dişiye önce ampullayı ardından da spermatofilaksı transfer eder ve çiftleşme tamamlanır. Çiftleşmeden sonra ayrılan dişi genital bölgesinde asılı kalan spermatoforla erkekden uzaklaşır (Şekil 4.2 B, C, E gibi). Daha sonra dişi spermatofilakstan başlayarak ampulla dahil tüm spermatoforu yer (Şekil 4. 2 K ve H).

#### **4.2 Tüm Türlerin Morfolojik Ölçümlerinin ve Spermatofor Yatırımlarının Değerlendirilmesi**

Tez çalışması kapsamında *I. zernovi* ve *I. rectipennis* tür gruplarında yer alan tüm türlerin dişi ve erkekler için detaylı morfolojik ölçümler alınmıştır. Tüm türlerden alınan morfolojik veriler incelendiğinde grup bazında, grup içerisindeki türler arasında ve aynı türe ait dişi ve erkekler arasında belirgin farklılıklar olduğu bulunmuştur (EK 3 ve EK 4).

Tüm türlere ait çiftleşme çalışmalarından elde edilen verilere göre dişi, erkek, spermatofor, spermatofilaks, ampulla ağırlıkları ve sperm sayıları ( $10^4$ ), % spermatofor, % spermatofilaks ve % ampulla ortalamaları ve standart hataları belirlenmiştir (EK 5 ve EK 6). Yapılan çalışmada *I. zernovi* ve *I. rectipennis* tür gruplarında yer alan dokuz türün spermatofor özelliklerine ait ilk davranışsal veriler elde edilmiştir.

*I. zernovi* tür grubundan; *I. zernovi*'den (n=32), *I. bicarinata*'dan (n=29), *I. karadenizensis*'den (n=30) ve *I. autumnalis*'den (n=27) olmak üzere toplamda 118 başarılı çiftleşme gerçekleştirilmiştir. *I. zernovi* tür grubuna ait her bir tür için çiftleşme denemelerine başlamadan önce hassas terazi yardımıyla dişi ve erkeklerin vücut ağırlığı tartılmış olup elde edilen sonuçlar bazında, genellikle dişilerin erkek bireylerden daha ağır oldukları görülmüştür. *I. karadenizensis*'te dişilerin çiftleşme öncesinde ortalama 0.625 g, erkeklerin ise 0.608 g olduğu bulunmuştur. Erkek bireyler yaptıkları çiftleşmelerde ortalama 0.127 g spermatofor, 0.90 g

spermatofilaks ve 0.34 g ampulla oluşturmuşlar ve bu yapıları dişiye transfer etmişlerdir. Erkek bireyler vücut ağırlıklarının yaklaşık olarak %26.93'ünü spermatofor, %15.07 'sini spermatofilaks oluştururken, %5.66'sını ampulla olarak meydana getirmişlerdir. *I. karadenizensi*'de erkeklerin ortalama sperm sayısı  $8.285 * 10^4$  olarak bulunmuştur.

*I. autumnalis*'te dişi bireylerin ortalama vücut ağırlıkları 0.941 g, erkek bireylerin ise ortalama vücut ağırlıkları ise 0.796 g olarak bulunmuştur. Bu verilere göre *I. autumnalis*'de dişi bireyler, erkeklerden daha ağır görülmektedir. Erkek bireyler yaptıkları çiftleşmelerde ortalama 0.201 g spermatofor, 0.144 g spermatofilaks ve 0.530 g ampulla oluşturmuşlardır. *I. autumnalis*'de erkekler vücut ağırlıklarının yaklaşık olarak %25.33'ünü spermatofor, %18.22'sini spermatofilaks olarak oluştururken, %6.70'ini ampulla şeklinde meydana getirmişlerdir. *I. autumnalis*'te erkeklerin ortalama sperm sayısı ise  $1.189 * 10^4$  olarak bulunmuştur.

*I. bicarinata*'da ise erkeklerin ortalama vücut ağırlıkları 0.651 g, dişilerin ise ortalama vücut ağırlıkları 0.749 g olarak bulunmuştur ve dişilerin erkeklere göre daha ağır oldukları görülmektedir. Erkekler çiftleşmelerinde ortalama 0.141 g spermatofor, 0.096 g spermatofilaks ve 0.043 g ampulla oluşturmuşlardır. Erkekler vücut ağırlıklarının %21.76'sını spermatofor, %14.58'ini spermatofilaks ve %6,61'ini ise ampulla şeklinde oluşturarak dişilere transfer etmişlerdir. *I. bicarinata*'nın verileri incelendiğinde erkeklerin oluşturduğu sperm sayısı  $886 * 10^4$  olarak bulunmuştur.

*I. zernovi*'de dişilerin ortalama ağırlıklarının 1.125 g, erkeklerin ise 0.933 g ortalama ağırlık ile dişilerden daha hafif oldukları görülmektedir. Yapılan çiftleşme denemelerinde erkekler ortalama 0.181 g spermatofor, 0.125 g spermatofilaks ve 0.052 g ampulla oluşturmuşlardır. Erkekler vücut ağırlıklarının %19.45'ini spermatofor, %13.36'sını spermatofilaks ve %5.62'sini ise ampulla şeklinde oluşturarak dişilere transfer etmişlerdir. *I. zernovi*'nin verileri incelendiğinde erkeklerin oluşturduğu sperm sayısı  $1020 * 10^4$  olarak bulunmuştur.

*I. rectipennis* tür grubundan; *I. rectipennis* (n=27), *I. nervosa* (n=27), *I. ilkazi* (n=14), *I. stenocauda stenocauda* (n=25) ve *I. stenocauda obenbergeri* (n=30) başarılı çiftleşme alınarak toplamda tür grubundan 123 çiftleşme elde edilmiştir. *I.*

*nervosa*'da erkeklerin ortalama vücut ağırlığı 0.737 g, dişilerin ise ortalama vücut ağırlığı 0.887 g olarak bulunmuş, dişilerin erkeklere oranla daha ağır oldukları görülmektedir. Erkekler çiftleşmelerinde ortalama 0.150 g spermatofor, 0.112 g spermatofilaks ve 0,040 g ampulla oluşturmaktadırlar. Erkekler vücut ağırlıklarının %20.44'ünü spermatofor, %74.85'ini spermatofilaks ve %27.02'sini ise ampulla şeklinde oluşturarak dişilere transfer etmişlerdir. *I. nervosa*'nın verilerin incelendiğinde erkeklerin oluşturduğu sperm sayısı  $784 \cdot 10^4$  olarak bulunmuştur.

*I. rectipennis*'te dişilerin ortalama vücut ağırlığı 0.882 g, erkeklerin vücut ağırlığı ise 0.721 g olduğu, dişilerin erkeklere oranla daha ağır oldukları görülmektedir. Erkekler çiftleşmelerinde ortalama 0.132 g spermatofor, 0.088 g spermatofilaks ve 0.042 g ampulla oluşturmaktadırlar. *I. rectipennis*' de erkekler vücut ağırlıklarının ortalama %18.38 'ini spermatofor, %12.34'ünü spermatofilaks ve %5.87'sini ampulla şeklinde oluştururken ortalama  $740 \cdot 10^4$  sayıda sperm oluşturmaktadırlar.

*I. stenocauda stenocauda*'da dişilerin ortalama vücut ağırlığı 1.106 g, erkeklerin vücut ağırlığı ise 0.955 g olduğu, dişilerin erkeklere oranla daha ağır oldukları görülmektedir. Erkekler çiftleşmelerinde ortalama 0.218 g spermatofor, 0.162 g spermatofilaks ve 0.053 g ampulla oluşturmaktadırlar. *I. stenocauda stenocauda*'da erkekler vücut ağırlıklarının ortalama %22.85 'ini spermatofor, %16.97'sini spermatofilaks ve %5.52'sini ampulla şeklinde oluştururken ortalama  $1116 \cdot 10^4$  sayıda sperm oluşturmaktadırlar.

*I. stenocauda obenbergeri*' de dişilerin ortalama vücut ağırlığı 0.737 g, erkeklerin vücut ağırlığı ise 0.657 g olduğu, dişilerin erkeklere oranla daha ağır oldukları görülmektedir. Erkekler çiftleşmelerinde ortalama 0.143 g spermatofor, 0.100 g spermatofilaks ve 0.041 g ampulla oluşturmaktadırlar. *I. stenocauda obenbergeri* erkekler vücut ağırlıklarının ortalama %21.86'sını spermatofor, %15.56'sını spermatofilaks ve %6.19 'unu ampulla şeklinde oluştururken ortalama  $880 \cdot 10^4$  sayıda sperm oluşturmaktadırlar.

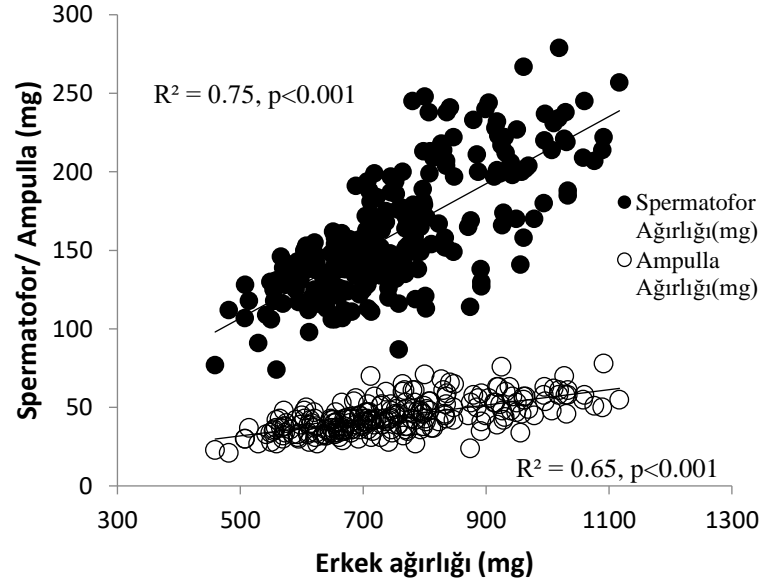
*I. ilkazi*'de dişilerin ortalama vücut ağırlığı 0.768 g, erkeklerin vücut ağırlığı ise 0.703 gr olduğu, dişilerin erkeklere oranla daha ağır oldukları görülmektedir. Erkekler çiftleşmelerinde ortalama 0.163 g spermatofor, 0.120 g spermatofilaks ve



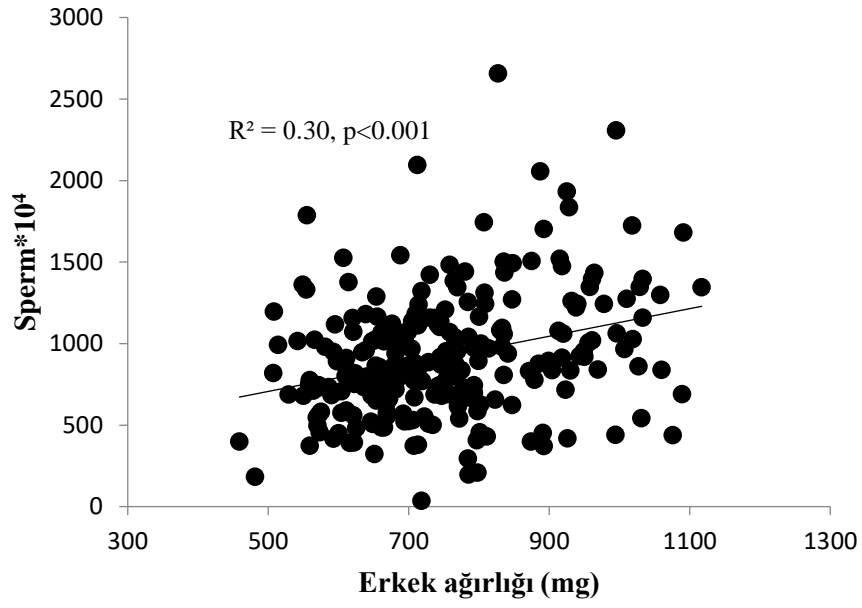
0.042 g ampulla oluşturmaktadırlar. *I. ilkazi*'de erkekler vücut ağırlıklarının ortalama %22.71 'ini spermatofor, %16.62'sini spermatofilaks ve %5.91'ini ampulla şeklinde oluştururken ortalama  $842 \cdot 10^4$  sayıda sperm oluşturmaktadırlar.

#### 4.3 Tür grupları Açısından Davranışsal Parametrelerin Karşılaştırılması

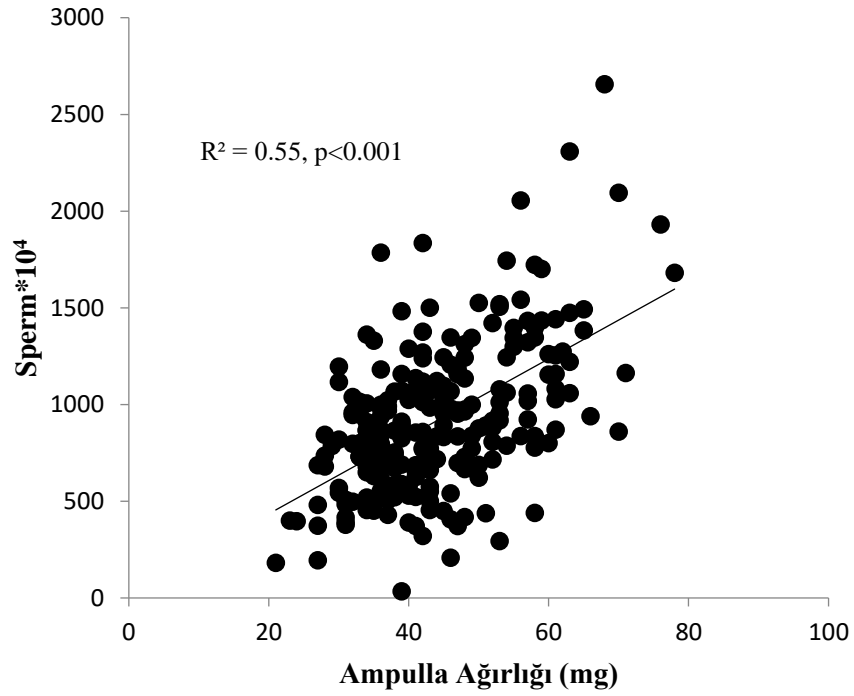
*I. rectipennis* ve *I. zernovi* grubundan çalışılan dokuz türe ait toplam veriler (n=237) birlikte karşılaştırıldığında cins düzeyindeki olası genel spermatofor özellikleri ile ilişkili gözlemler yapılmıştır. Yapılan Doğrusal Regresyon analizi sonucuna bağlı olarak erkek vücut ağırlığının spermatofor ( $R^2=0.75$ ,  $p<0.001$ ) ve ampulla ağırlığı ( $R^2=0.65$ ,  $p<0.001$ ) üzerinde önemli etkisinin olduğu görülmektedir (Şekil 4.3). Benzer olarak erkek vücut ağırlığının dişiye transfer edilen sperm sayısı üzerinde de etkili olduğu görülmektedir ( $R^2=0.30$ ,  $p<0.001$ ) (Şekil 4.4). Bu iki tür grubunun tüm verileri göz önünde bulundurulduğunda ampulla ağırlığının sperm sayısı ile ilişkili olduğu ifade edilebilir ( $R^2=0.55$ ,  $p<0.001$ ) (Şekil 4.5). Dolayısıyla her iki tür grubunun tüm bireylerinin verileri incelendiğinde erkek ağırlığı spermatofor, ampulla ve ampullanın içerdiği sperm sayısı üzerinde belirleyici olmaktadır.



**Şekil 4.3** *I. rectipennis* (5 tür) ve *I. zernovi* (4 tür) tür gruplarında yapılan tüm çiftleşmelerdeki erkek ağırlığı (mg) ile ampulla ağırlığı (mg) ve erkek ağırlığı (mg) ile spermatofor ağırlığı (mg) arasındaki ilişkiyi gösteren doğrusal regresyon

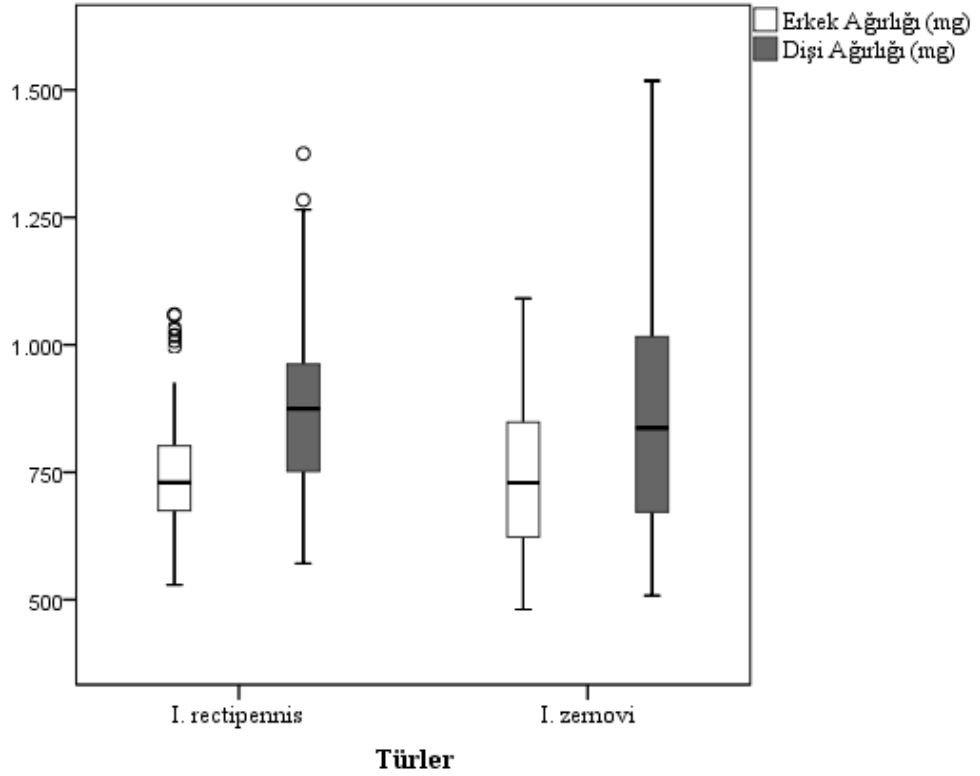


**Şekil 4.4** *I. rectipennis* (5 tür) ve *I. zernovi* (4 tür) tür gruplarında yapılan tüm çiftleşmelerdeki erkek ağırlığı (mg) ile sperm sayısı (mg) arasındaki ilişkiyi gösteren doğrusal regresyon



**Şekil 4.5** *I. rectipennis* (5 tür) ve *I. zernovi* (4 tür) tür gruplarında yapılan tüm çiftleşmelerdeki ampulla ağırlığı (mg) ile sperm sayısı (mg) arasındaki ilişkiyi gösteren doğrusal regresyon

*I. rectipennis* ve *I. zernovi* tür grupları içinde yer alan tüm türlere ait dişi ve erkeklerin vücut ağırlıkları karşılaştırılmıştır. *I. rectipennis* (N= 123) ve *I. zernovi* (N=114) tür grupları içinde yer alan dişilerin vücut ağırlıkları tür gruplarına göre karşılaştırıldığında anlamlı farklılık bulunmamıştır (T-Test, t= 0.359, df=235, p=0.424). *I. rectipennis* (N= 123) ve *I. zernovi* (N=114) tür grupları içinde yer alan erkeklerin vücut ağırlıkları tür gruplarına göre karşılaştırıldığında anlamlı farklılık bulunmamıştır (T-Test, t= 0.801, df=235, p=0.720) (Şekil 4.6).



**Şekil. 4.6** *I. rectipennis* ve *I. zernovi* tür gruplarının grup içi ve gruplar arası, erkek ve dişi vücut ağırlıklarının (mg) karşılaştırması

Çizelge 4.1'de iki tür grubu arasındaki spermatofor, spermatofilaks ve ampulla ağırlıkları ile ampullanın içerdiği sperm sayısı ( $10^4$ ) arasındaki ilişki karşılatırılmıştır. *I. rectipennis* ve *I. zernovi* tür grupları arasında spermatofor (p=0.071) ve spermatofilaks (p=0.165) açısından istatistiki olarak anlamlı bir farklılık bulunamamıştır. Ancak iki tür grubu arasında ampulla (p<0.001) ve sperm (p<0.001) sayısı açısından anlamlı bir farklılık görülmektedir.

**Çizelge 4.1** *I. rectipennis* ve *I. zernovi* tür gruplarının çiftleşme yatırımları açısından karşılaştırılması (GLM df= 1,132, N=132)

Değişken	F	p
<b>Spermatofor</b>		
Model	14.518	<0.001
Tür Grubu	3.316	0.071
Vücut Büyüklüğü (PC1)	28.934	<0.001
<b>Spermatophylax</b>		
Model	122.362	<0.001
Tür Grubu	-18.259	0.165
Vücut Büyüklüğü (PC1)	21.353	<0.001
<b>Ampulla</b>		
Model	14.256	<0.001
Tür Grubu	7.042	<0.009
Vücut Büyüklüğü (PC1)	28.500	<0.001
<b>Sperm Sayısı</b>		
Model	85.756	<0.001
Tür Grubu	118.636	<0.001
Vücut Büyüklüğü (PC1)	0.335	0.564

#### 4.4 Spermatofor ve Vücut Büyüklüğü Arasındaki İlişkiler

Düğün hediyesi beslenmesinin görüldüğü böceklerde ve çalıçekirgelerinde yapılan deneysel çalışmalar incelediğinde çiftleşmeye katılan dişi ve erkeklerin vücut büyüklüğünün birçok parametre açısından araştırıldığı görülmektedir (Whitman, 2008). Böceklerde yaşamsal özelliklerin tür içinde ve türler arasında vücut boyutuyla ilişkili olduğu birçok kez ifade edilmiştir (Roff, 1992; Roff, 2002; Stearns, 1992). Vücut büyüklüğünün spermatofor yatırımı üzerine etkileri de bilindiği için erkek ve dişinin çeşitli vücut bölümlerinden alınan detaylı ölçümlerle hem dişi ve erkekler arasındaki eşeyssel dimorfizmin boyutu hemde vücut boyutunun spermatofor yatırımı üzerindeki etkileri belirlenmeye çalışılmıştır (EK 3, EK 4, EK 5 ve EK 6).

##### 4.4.1 Vücut Büyüklük Parametrelerinin Elde Edilmesi

Her iki tür grubundan alınan detaylı morfolojik ölçümler Temel Bileşenler Analizine (TBA) tabi tutulmuştur. Dişi ve erkeklerin morfoloji yapıları karşılaştırıldığında, erkeklerde oviopozitorun olmayışı, serkus ve subgenital plaka morfolojilerindeki uyumsuzluklar nedeniyle TBA'ya dahil edilmemiştir. Dişi ve erkeklerde karşılaştırılabilir morfolojik ölçümlerden elde edilen fastigium, pronotum ve arka femura ait veriler kullanılarak TBA bileşenleri elde edilmiştir (EK 3, EK 4, EK 5 ve EK 6).

#### 4.4.1.1 *Isophya zernovi* Tür Grubuna Ait Değerlendirmeler

*I. zernovi* tür grubuna ait dört türden toplam 198 bireyden ölçüm alınmıştır (dişi N=99, erkek N=99) (*I. zernovi*, *I. bicarinata*, *I. autumnalis* ve *I. karadenizensis*). *I. zernovi* türünün dişi ve erkeklerinden ortak ölçülebilen morfolojik özellikleri birlikte ele alındığında PC1, PC2 ve PC3 olmak üzere üç adet TBA bileşeni elde edilmiştir (Çizelge 4.2).

**Çizelge 4.2.** *I. zernovi* tür grubu dişi ve erkeklerine ait morfolojik verilere ilişkin TBA analizi ve elde edilmiş bileşenler (N=198)

	Bileşenler		
	PC1	PC2	PC3
Eigen Değeri	7.702	3.339	1.042
Varyans Yüzdesi	51.345	22.260	6.948
Kümülatif Yüzde	51.345	73.605	80.552

TBA analizinden elde edilen bileşenler incelendiğinde PC1'in ve PC2'nin PC3'e göre türler bazında istetikselsel olarak daha anlamlı bir morfolojik farklılaşmayı açıkladığı görülmüştür (Çizelge 4.2, PC1 Eigen değeri= 7.702, PC2 Eigen değeri= 3.339, PC3 Eigen değeri= 1.042).

*I. zernovi* tür grubu dişi ve erkeklerine ait morfolojik verilerden elde edilen TBA bileşenleri Tek Yönlü Varyans (Anova) analizine tabi tutulduğunda türler arasında PC1 skorları açısından anlamlı farklılık olduğu görülmüştür (Çizelge 4.3) (Posthoc-Tamhane,  $p < 0.001$ ).

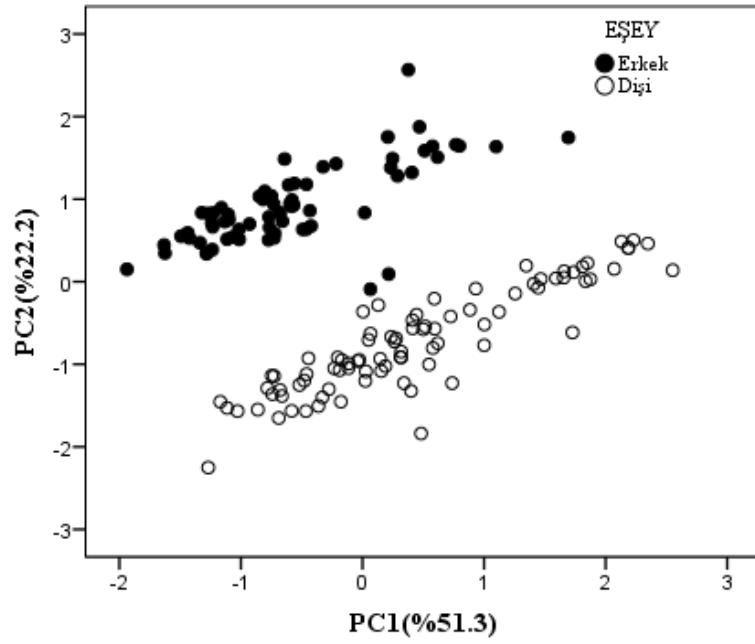
**Çizelge 4.3.** *I. zernovi* tür grubuna ait morfolojik verilere ilişkin TBA analizinden elde edilen bileşenlerin Anova analizi (N=164)

Bileşenler	df	Ortalamanın Karesi	F	p
PC1	3	33.129	93.823	<0.001
PC2	3	9.319	11.194	<0.001
PC3	3	16.829	24.701	<0.001

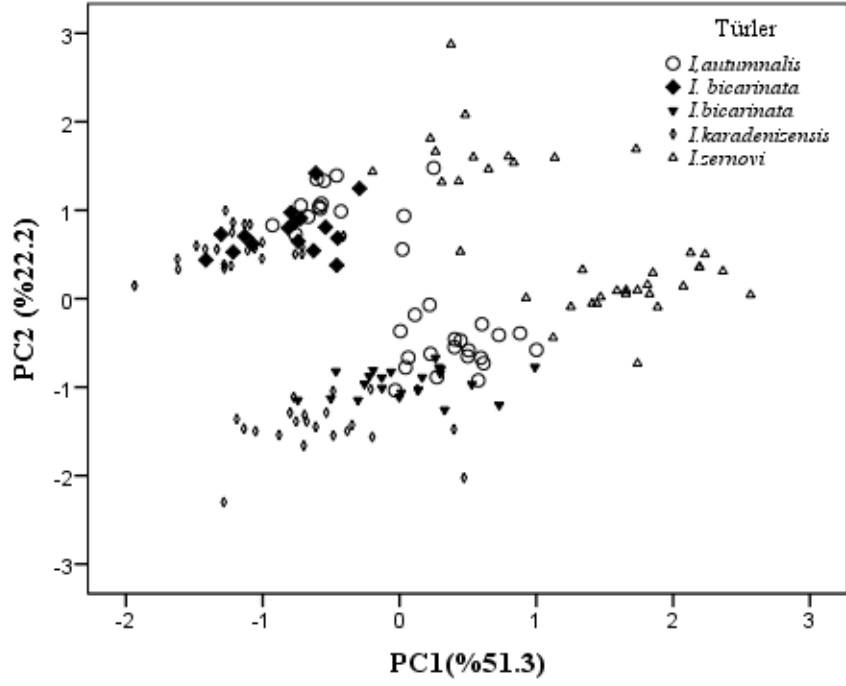
*I. zernovi* grubundaki türlerden elde edilen üç temel bileşen skorunun (PC1, PC2 ve PC3) eşeylere göre analizi yapıldığında her üç bileşenin de morfolojik ayrımını anlamlı bir şekilde açıkladığı görülmüştür (Çizelge 4.3). TBA analizinde göre morfolojik ölçümler açısından elde edilen PC1 ve PC2 skorları açısından türler arasında ve eşeyler arasında belirgin bir ayrım olduğu saptanmıştır (Şekil 4.7 ve 4.8). *I. zernovi* tür grubunda yer alan tüm dişi ve erkeklerden alınan morfolojik verilere

göre elde edilmiş PC1 skorlarına göre dişi ve erkekler karşılaştırıldığında eşeyler arasında istatistiki olarak belirgin farklılık görülmüştür (Şekil 4.9) (T-test,  $t=-6.948$ ,  $df=151$ ,  $p<0.001$ ) (Erkek=67, Dişi=86).

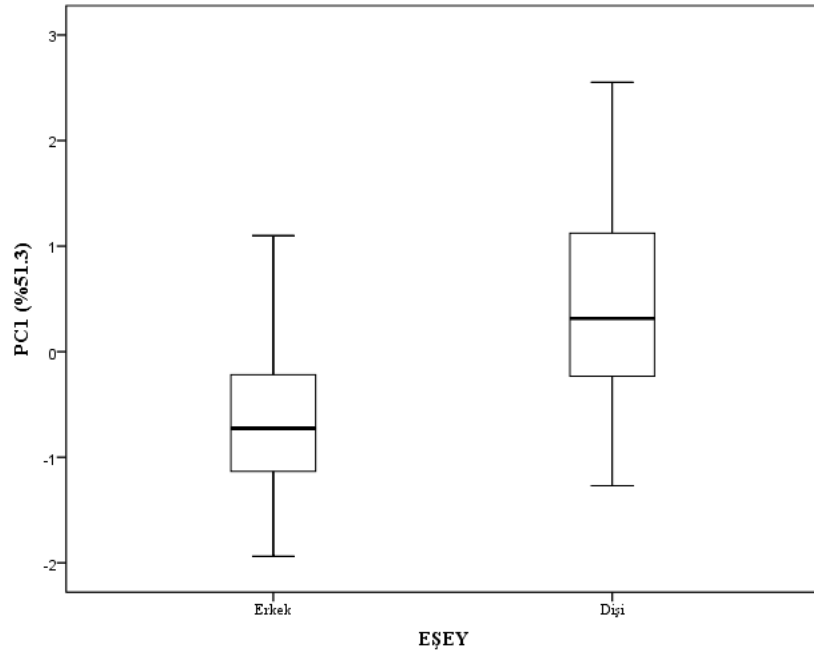
*I. zernovi* tür grubunda yer alan tüm dişi ve erkeklerden alınan morfolojik verilere göre elde edilmiş PC1 skorlarının tür grubunda yer alan türlere göre kıyaslandığında, türler arasında önemli derecede farklılık olduğu görülmüştür (Şekil 4.10) (Posthoc-Tamhane,  $p<0.001$ ) (Tek yönlü Varyans Analizi,  $F_{3,149}= 93.82$ ,  $p<0.001$ ).



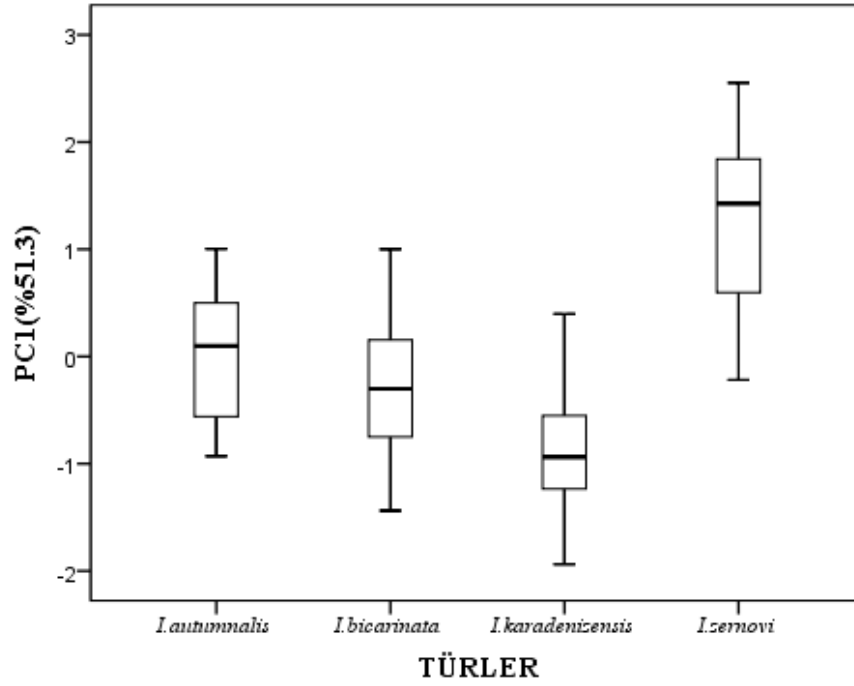
**Şekil 4.7** *I. zernovi* tür grubunda yer alan dişi ve erkek bireylere ait morfolojik verilere ilişkin TBA analizi ve elde edilmiş bileşenlerin dağılımının eşeyler arasındaki durumu (N=164)



**Şekil 4.8** *I. zernovi* tür grubunda yer alan türlerde dişi ve erkekler için morfolojik verilere ilişkin TBA analizi ve elde edilmiş bileşenlerin dağılımı (N=164)



**Şekil 4.9** *I. zernovi* tür grubunda yer alan tüm dişi ve erkeklerden alınan morfolojik verilere göre elde edilmiş PC1 skorlarına göre tür gruplarının eşeysel dimorfizmi (N=164).



**Şekil 4.10** *I. zernovi* tür grubunda yer alan tüm dişi ve erkeklerden alınan morfolojik verilere göre elde edilmiş PC1 skorlarına göre türlerin eşeysel dimorfizmi (N=164).

#### 4.4.1.2 *Isophya rectipennis* Tür Grubuna Ait Değerlendirmeler

*I. rectipennis* tür grubuna ait beş türden toplam 188 bireyden ölçüm alınmıştır (Dişi=94, Erkek=94) (*I. rectipennis*, *I. ilkazi*, *I. nervosa*, *I. stenocauda stenocauda*, *I. stenocauda obenbergeri*). Tür grubunun dişi ve erkeklerinden ortak ölçülebilen morfolojik özellikleri birlikte ele alındığında PC1, PC2 ve PC3 olmak üzere üç adet TBA bileşeni elde edilmiştir (Çizelge 4.4).

**Çizelge 4.4** *I. rectipennis* tür grubu dişi ve erkeklerine ait morfolojik verilere ilişkin TBA analizi ve elde edilmiş bileşenler (N=160).

	Bileşenler		
	PC1	PC2	PC3
<b>Eigen Değeri</b>	7.277	3.530	1.386
<b>Varyans Yüzdesi</b>	48.510	23.531	9.238
<b>Kümülatif Yüzde</b>	48.510	72.041	81.279

TBA analizinden elde edilen bileşenler analiz edildiğinde göre PC1'in PC2 ve PC3'e göre türler bazında daha anlamlı bir morfolojik farklılaşmayı açıkladığı görülmüştür (Çizelge 4.4, PC1 Eigen değeri= 7.277, PC2 Eigen değeri= 3.530, PC3 Eigen değeri= 1.386).

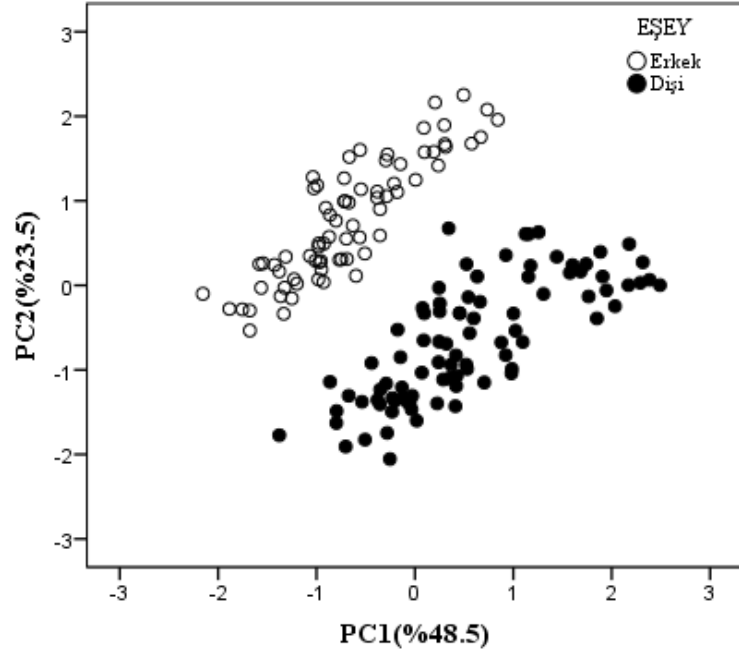


*I. rectipennis* tür grubu dişi ve erkeklerine ait morfolojik verilerden elde edilen TBA bileşenleri Tek Yönlü Varyans (ANOVA) analizine tabi tutulduğunda türler arasında anlamlı farklılık olduğu görülmüştür (Çizelge 4.5). Tamhane (Posthoc) verilerine göre PC1 skorları açısından *I. ilkazi* ile *I. nervosa*, *I. rectipennis* ve *I. stenocauda stenocauda* arasında önemli bir farklılık görülürken (Posthoc-Tamhane,  $p<0.001$ ), *I. ilkazi* türü ile *I. stenocauda obenbergeri* arasında bir farklılık görülmemiştir. PC1 skorlarına göre *I. nervosa* ile *I. ilkazi*, *I. stenocauda obenbergeri* ve *I. stenocauda stenocauda* arasında önemli farklılık görülürken (Posthoc-Tamhane,  $p<0.001$ ), *I. nervosa* ile *I. rectipennis* arasında önemli bir farklılığa rastlanılmamıştır. *I. rectipennis* ile *I. ilkazi* arasında, *I. stenocauda stenocauda* ve *I. stenocauda obenbergeri* türleri arasında PC1 skorlarına göre farklılaşma görülmüştür (Posthoc-Tamhane,  $p<0.001$ ) fakat *I. rectipennis* ile *I. nervosa* arasında bir farklılık görülmemektedir. *I. stenocauda stenocauda* ile *I. zernovi* grubunda yer alan tüm türler arasında PC1 skorlarına göre önemli farklılık bulunmuştur (Posthoc-Tamhane,  $p<0.001$ ) (Şekil 4.10).

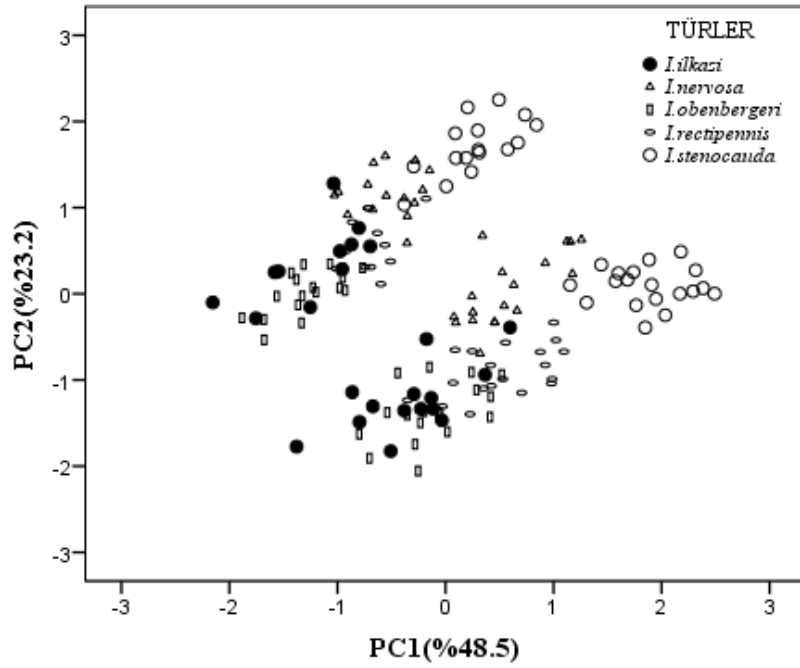
**Çizelge 4.5.** *I. rectipennis* tür grubuna ait morfolojik verilere ilişkin TBA analizinden elde edilen bileşenlerin Anova analizi (N=160).

Bileşenler	df	Ortalamanın Karesi	F	p
PC1	4	19.277	36.277	<0.001
PC2	4	15.225	23.966	<0.001
PC3	4	11.966	16.647	<0.001

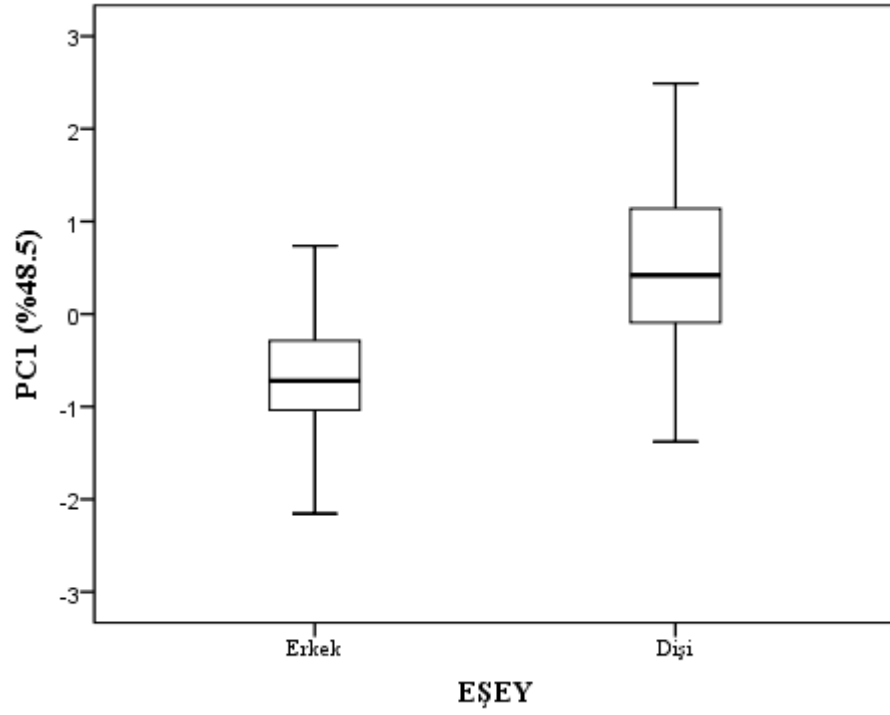
TBA analizinde göre morfolojik ölçümlerden elde edilen PC1 ve PC2 skorlarına göre türler arasında ve eşeyler arasında belirgin bir ayrım olduğu saptanmıştır (Şekil 4.11 ve 4.12). *I. rectipennis* tür grubunda yer alan tüm dişi ve erkeklerden alınan morfolojik verilere göre elde edilmiş PC1 skorlarına göre dişi ve erkekler karşılaştırıldığında eşeyler arasında belirgin farklılık görülmüştür (Şekil 4.13) (T test, Erkek (N)=73, Dişi (N)=88,  $t= -9.962$ ,  $df= 159$ ,  $p<0.001$ ). *I. rectipennis* tür grubunda yer alan tüm dişi ve erkeklerden alınan morfolojik verilere göre elde edilmiş PC1 skorlarının tür grubunda yer alan türlere göre kıyaslandığında, tüm türler arasında önemli derecede farklılık olduğu görülmüştür (Şekil 4.14) (Tamhane,  $p<0.001$ ). (Tek yönlü Varyans Analizi,  $F_{4,156}= 36.277$ ,  $p<0.001$ ).



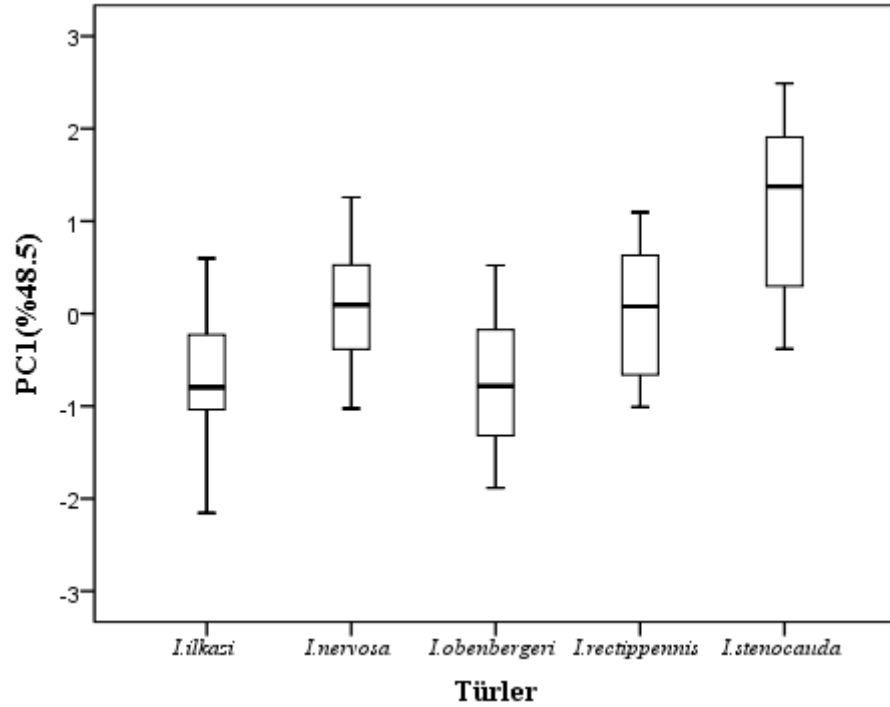
Şekil 4.11 *I. rectipennis* tür grubunda yer alan tüm dişi ve erkeklere ait morfolojik verilere ilişkin TBA analizi ve elde edilmiş bileşenlerin dağılımını eşeyler arasındaki durumu (N=160)



Şekil 4.12 *I. rectipennis* tür grubunda yer alan türlerde dişi ve erkeklere ait morfolojik verilere ilişkin TBA analizi ve elde edilmiş bileşenlerin dağılımını eşeyler arasındaki durumu (N=160)



**Şekil 4.13** *I. rectipennis* tür grubunda yer alan tüm dişi ve erkeklerden alınan morfolojik verilere göre elde edilmiş PC1 skorlarına göre tür gruplarının eşeysel dimorfizmi (N=160)



**Şekil 4.14** *I. rectipennis* tür grubunda yer alan tüm dişi ve erkeklerden alınan morfolojik verilere göre elde edilmiş PC1 skorlarına göre türlerin eşeysel dimorfizmi (N=160)

#### 4.4.1.3 *Isophya zernovi* ve *Isophya rectipennis* Tür Grubu Erkeklerine Ait Değerlendirmeler

*I. rectipennis* ve *I. zernovi* tür gruplarına ait dokuz türden toplam 193 bireyden ölçüm alınmıştır (*I. rectipennis* grubu erkek N=94, *I. zernovi* grubu erkek N=99) *I. rectipennis* ve *I. zernovi* tür gruplarının erkeklerinden ortak ölçülebilen morfolojik özellikleri birlikte ele alındığında PC1, PC2 ve PC3 olmak üzere üç adet TBA bileşeni elde edilmiştir (Çizelge 4.6). TBA analizinden elde edilen bileşenler analiz edildiğinde göre PC1'in ve PC2 ve PC3'e göre türler bazında daha anlamlı bir morfolojik farklılaşmayı açıkladığı görülmüştür (Çizelge 4.6, PC1 Eigen değeri= 10.727, PC2 Eigen değeri= 3.177, PC3 Eigen değeri= 1.835).

**Çizelge 4.6** *I. zernovi* ve *I. rectipennis* tür grubu erkeklerine ait morfolojik verilere ilişkin TBA analizi ve elde edilmiş bileşenler (N=134)

	Bileşenler		
	PC1	PC2	PC3
<b>Eigen Değeri</b>	10.727	3.177	1.835
<b>Varyans Yüzdesi</b>	48.759	14.439	8.339
<b>Kümülatif Yüzde</b>	48.759	63.198	71.536

*I. zernovi* ve *I. rectipennis* tür gruplarında yer alan erkeklere ait morfolojik verilerden elde edilen TBA bileşenleri Tek Yönlü Varyans (ANOVA) analizine tabi tutulduğunda türler arasında anlamlı farklılık olduğu görülmüştür (Çizelge 4.7).

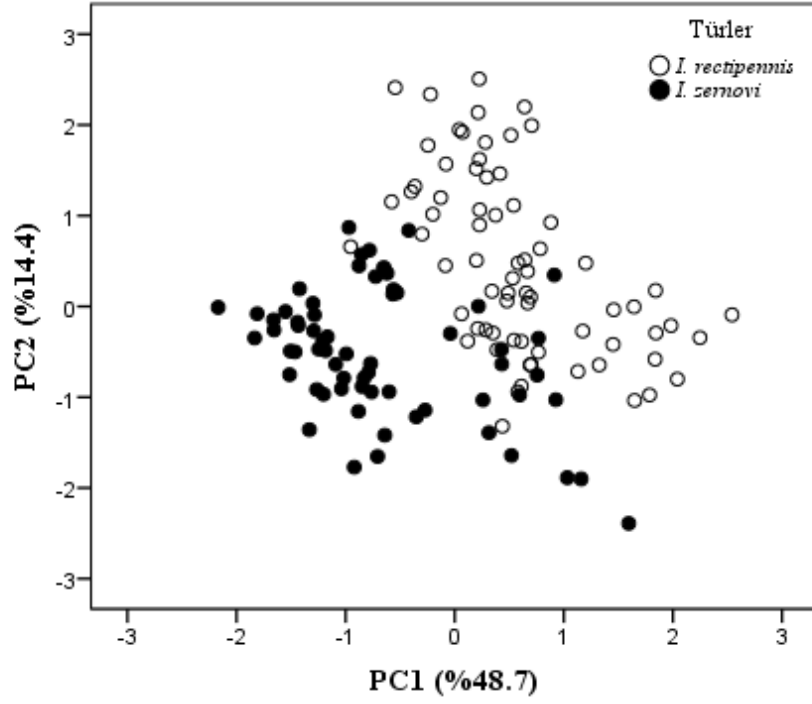
TBA analizinden elde edilen PC1 skorlarına göre *I. ilkazi* ile *I. stenocauda stenocauda*, *I. autumnalis*, *I. karadenizensis* ve *I. bicarinata* arasında anlamlı bir farklılık bulunurken (Posthoc-Tamhane,  $p<0.001$ ) diğer türler arasında önemli bir farklılık bulunmamıştır. PC1 skorları açısından *I. nervosa* ile *I. stenocauda stenocauda*, *I. stenocauda obenbergeri*, *I. autumnalis*, *I. karadenizensis* ve *I. bicarinata* türleri arasında anlamlı farklılık bulunurken (Posthoc-Tamhane,  $p<0.001$ ), *I. ilkazi*, *I. rectipennis* ve *I. zernovi* türleri açısından bir farklılaşma görülmemektedir. PC1 skorları açısından *I. rectipennis* ile *I. stenocauda stenocauda*, *I. autumnalis*, *I. karadenizensis* ve *I. bicarinata* türleri arasında anlamlı bir farklılık bulunurken (Posthoc-Tamhane,  $p<0.001$ ), *I. rectipennis* ile *I. nervosa*, *I. ilkazi*, *I. stenocauda obenbergeri*, *I. zernovi* türleri arasında farklılık bulunmamıştır. PC1 skorları açısından *I. stenocauda stenocauda* ile *I. zernovi* ve *I. rectipennis* tür

grubunda yer alan tüm türler arasında anlamlı farklılık bulunmuştur (Posthoc-Tamhane,  $p<0.001$ ). PC1 skorları açısından türü ile *I. ilkazi* ve *I. rectipennis* arasında anlamlı bir farklılık görülmezken, *I. stenocauda obenbergeri* ile diğer türler arasında anlamlı farklılık görülmektedir (Posthoc-Tamhane,  $p<0.001$ ). PC1 sokorları açısından *I. autumnalis* ile *I. bicarinata* arasında bir farklılaşma bulunamamıştır fakat *I. autumnalis* ile *I. ilkazi*, *I. nervosa*, *I. rectipennis*, *I. stenocauda stenocauda*, *I. karadenizensis* ve *I. zernovi* arasında anlamlı farklılık bulunmuştur (Posthoc-Tamhane,  $p<0.001$ ). PC1 skorları açısından *I. karadenizensis* ile *I. zernovi* ve *I. rectipennis* tür grubunda yer alan tüm türler arasında anlamlı farklılık bulunmaktadır (Posthoc-Tamhane,  $p<0.001$ ). PC1 skorları açısından *I. zernovi* ile *I. stenocauda stenocauda*, *I. stenocauda obenbergeri*, *I. autumnalis*, *I. karadenizensis*, *I. zernovi* ve *I. bicarinata* türleri arasında anlamlı farklılık bulunmuştur (Posthoc-Tamhane,  $p<0.001$ ). PC1 skorları açısından *I. bicarinata* ile *I. zernovi* ve *I. rectipennis* tür grubunda yer alan tüm türler arasında anlamlı farklılık bulunmuştur (Posthoc-Tamhane,  $p<0.001$ ).

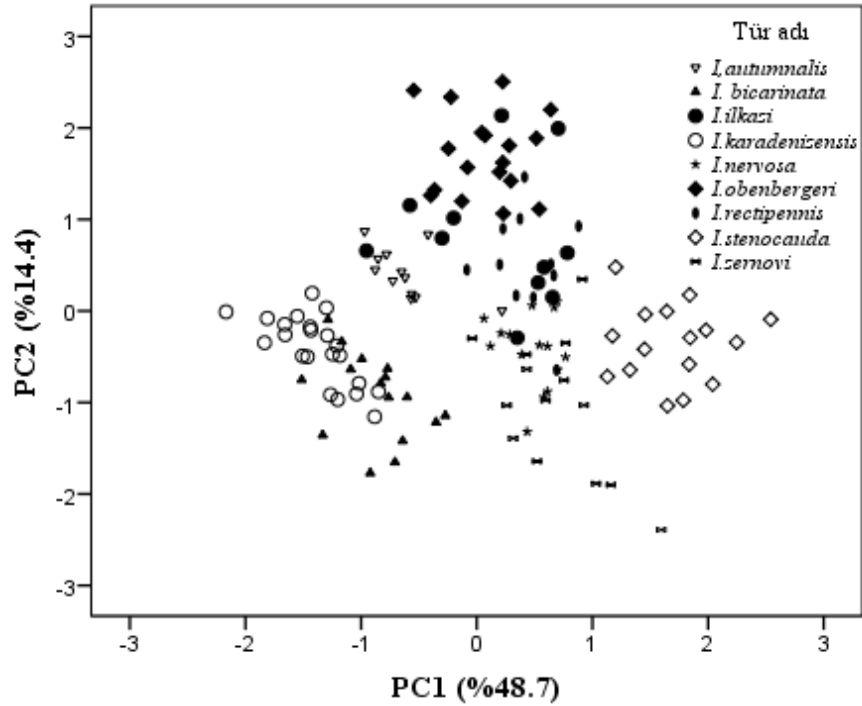
**Çizelge 4.7** *I. zernovi* ve *I. rectipennis* tür grubu erkeklerine ait morfolojik verilere ilişkin TBA analizinden elde edilen bileşenlerin Anova analizi (N=134)

Bileşenler	df	Ortalamının Karesi	F	p
PC1	8	14.694	112.538	<0.001
PC2	8	12.867	52.189	<0.001
PC3	8	9.562	20.950	<0.001

TBA analizinde göre *I. zernovi* ve *I. rectipennis* tür grubundaki tüm erkeklerden alınan morfolojik ölçümlerden elde edilen PC1 ve PC2 skorlarına göre tür grupları arasında ve herbir tür grubundaki türler arasında belirgin bir ayrışım olduğu saptanmıştır (Şekil 4.15 ve 4.16).

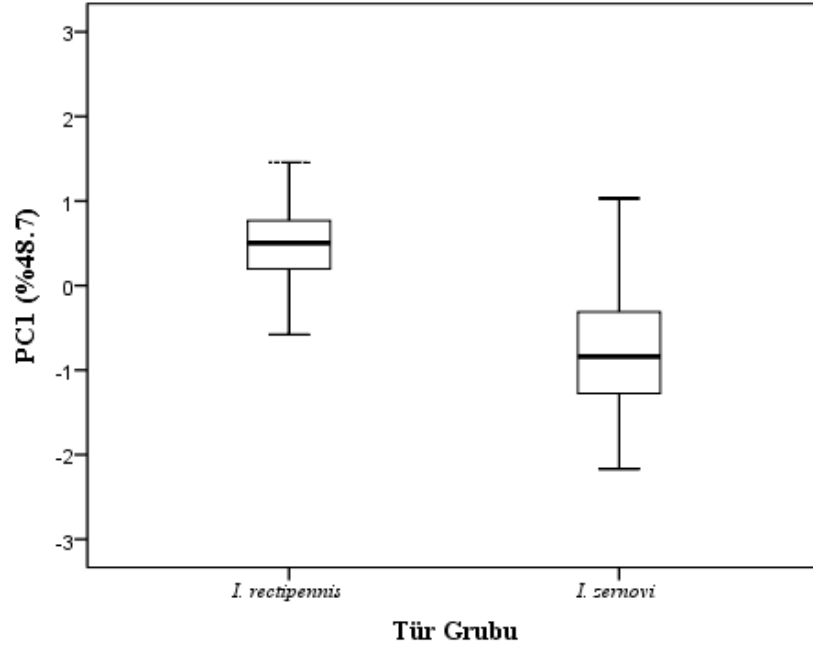


Şekil 4.15 *I. zernovi* ve *I. rectipennis* tür grubu erkeklerine ait morfolojik verilere ilişkin TBA analizi ve elde edilmiş bileşenlerin dağılımını gruplar arasındaki durumu (N=134)



Şekil 4.16 *I. zernovi* ve *I. rectipennis* tür grubundaki her bir türün erkeklerine ait morfolojik verilere ilişkin TBA analizi ve elde edilmiş bileşenler (N=134)

*I. zernovi* ve *I. rectipennis* tür gruplarında yer alan erkeklerden elde edilen PC1 skorlarına göre karşılaştırma yapıldığında her iki tür grubu erkeklerinin birbirinden ayrıştığı görülmektedir (T test, *I. zernovi* erkek N=64, *I. rectipennis* erkek N=71,  $t=9.306$ ,  $df= 133$ ,  $p<0.001$ ) (Şekil 4.17).



**Şekil. 4.17** *I. zernovi* ve *I. rectipennis* tür grubunda yer alan erkeklerden alınan morfolojik verilere göre elde edilmiş PC1 skorlarına göre tür gruplarının eşeyssel dimorfizmi (N=135)

#### 4.4.1.4 *Isophya zernovi* ve *I. rectipennis* Tür Grubu Dişilerine Ait Değerlendirmeler

*I. rectipennis* ve *I. zernovi* tür gruplarına ait dokuz türden toplam 193 bireyden ölçüm alınmıştır (*I. rectipennis* grubu dişi N=94, *I. zernovi* grubu dişi N=95) *I. rectipennis* ve *I. zernovi* tür gruplarının dişilerinden ortak ölçülebilen morfolojik özellikleri birlikte ele alındığında PC1, PC2, PC3 ve PC4 olmak üzere dört adet TBA bileşeni elde edilmiştir (Çizelge 4.8). TBA analizinden elde edilen bileşenler analiz edildiğinde göre PC1'in PC2, PC3 ve PC4'e göre türler bazında daha anlamlı bir morfolojik farklılaşmayı açıkladığı görülmüştür (Çizelge 4.8, PC1 Eigen değeri= 10.589, PC2 Eigen değeri= 2.963, PC3 Eigen değeri= 1.468, PC4 Eigen değeri=1.060).

**Çizelge 4.8** *I. zernovi* ve *I. rectipennis* tür grubu dişilerine ait morfolojik verilere ilişkin TBA analizi ve elde edilmiş bileşenler (N=135)

	<b>Bileşenler</b>			
	<b>PC1</b>	<b>PC2</b>	<b>PC3</b>	<b>PC4</b>
<b>Eigen Değeri</b>	10.589	2.963	1.468	1.060
<b>Varyans Yüzdesi</b>	50.424	14.110	6.992	5.047
<b>Kümülatif Yüzde</b>	50.424	64.534	71.526	76.574

*I. zernovi* ve *I. rectipennis* tür gruplarında yer alan dişilere ait morfolojik verilerden elde edilen TBA bileşenleri Tek Yönlü Varyans (Anova) analizine tabi tutulduğunda türler arasında anlamlı farklılık olduğu görülmüştür (Çizelge 4.9).

TBA analizinden elde edilen PC1 skorlarına göre *I. ilkazi* ile *I. nervosa*, *I. stenocauda stenocauda*, *I. karadenizensis* ve *I. zernovi* türleri arasında anlamlı farklılık bulunurken (Posthoc-Tamhane,  $p<0.001$ ), *I. ilkazi* ile *I. rectipennis*, *I. stenocauda obenbergeri*, *I. autumnalis* ve *I. bicarinata* türleri arasında farklılığa rastlanmamıştır. PC1 skorlarına göre *I. nervosa* ile *I. zernovi* türü arasında anlamlı bir farklılık yokken, *I. nervosa* ile *I. zernovi* ve *I. rectipennis* tür grubunda yer alan diğer türler arasında anlamlı farklılık bulunmuştur (Posthoc-Tamhane,  $p<0.001$ ).

PC1 skorlarına göre *I. rectipennis* ile *I. ilkazi* dışındaki tüm türler arasında anlamlı farklılık bulunmuştur (Posthoc-Tamhane,  $p<0.001$ ). PC1 skorlarına göre *I. stenocauda stenocauda* ile iki tür grubu içerisinde yer alan tüm türler açısından anlamlı farklılık bulunmuştur (Posthoc-Tamhane,  $p<0.001$ ). PC1 skorlarına göre *I. stenocauda obenbergeri* ile *I. ilkazi* dışındaki tüm türler açısından anlamlı farklılık bulunmuştur (Posthoc-Tamhane,  $p<0.001$ ).

**Çizelge 4.9** *I. zernovi* ve *I. rectipennis* tür grubu dişilerine ait morfolojik verilere ilişkin TBA analizinden elde edilen bileşenlerin Anova analizi (N=134)

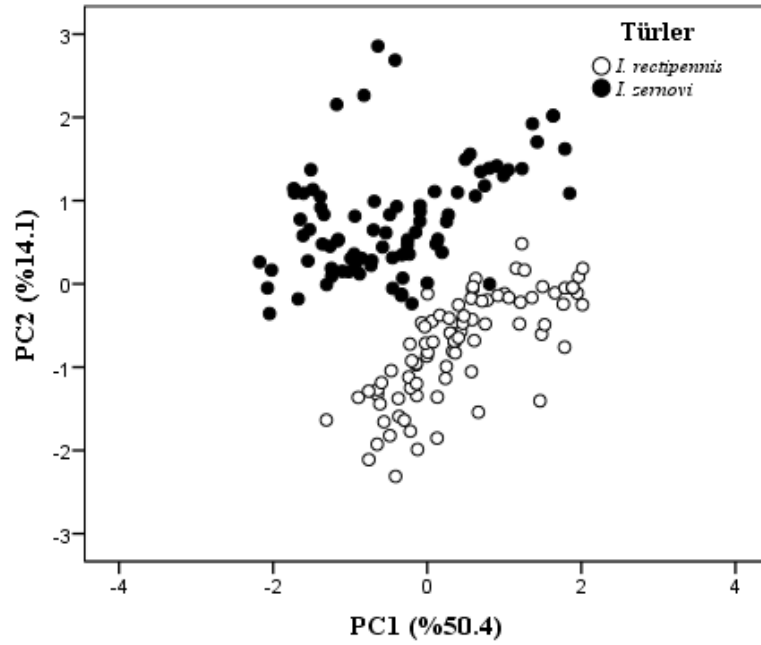
<b>Bileşenler</b>	<b>df</b>	<b>Ortalamanın Karesi</b>	<b>F</b>	<b>p</b>
<b>PC1</b>	8	18.060	122.835	<0.001
<b>PC2</b>	8	16.333	69.991	<0.001
<b>PC3</b>	8	10.923	21.679	<0.001
<b>PC4</b>	8	7.497	11.103	<0.001

PC1 skorlarına göre *I. autumnalis* ile *I. ilkazi* ve *I. stenocauda obenbergeri* dışındaki türler arasında anlamlı farklılık bulunmuştur (Posthoc-Tamhane,  $p<0.001$ ). PC1 skorlarına göre *I. karadenizensis* ile *I. rectipennis* ve *I. zernovi* tür grubunda yer alan tüm türler açısından anlamlı farklılık bulunmuştur (Posthoc-Tamhane,  $p<0.001$ ).

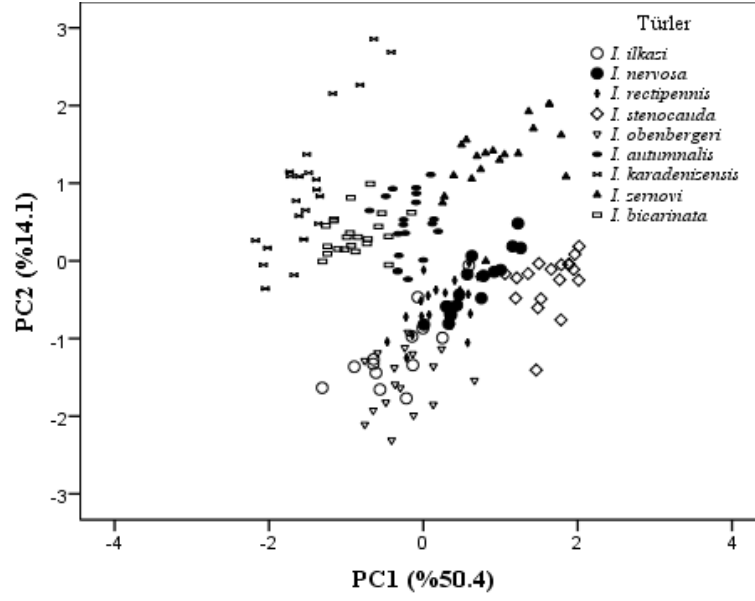


PC1 skorlarına göre *I. zernovi* ile *I. rectipennis* ve *I. zernovi* tür grubunda yer alan tüm türler açısından anlamlı farklılık bulunmuştur (Posthoc-Tamhane,  $p<0.001$ ). PC1 skorlarına göre *I. bicarinata* ile *I. ilkazi* dışındaki *I. rectipennis* ve *I. zernovi* tür grubunda yer alan tüm türler açısından anlamlı farklılık bulunmuştur (Posthoc-Tamhane,  $p<0.001$ ).

TBA analizinde göre *I. zernovi* ve *I. rectipennis* tür grubundaki tüm dişilerden alınan morfolojik ölçümlerden elde edilen PC1 ve PC2 skorlarına göre tür grupları arasında ve her bir tür grubundaki türler arasında belirgin bir ayrışım olduğu saptanmıştır (Şekil 4.18 ve 4.19).

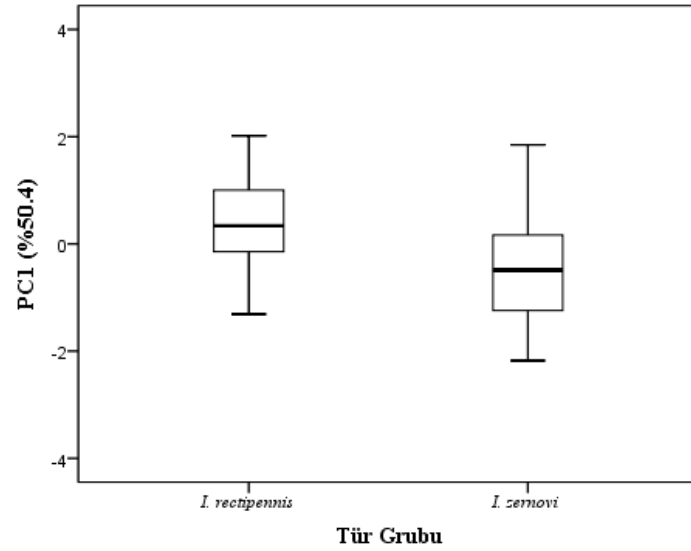


**Şekil 4.18** *I. zernovi* ve *I. rectipennis* tür grubu dişilerine ait morfolojik verilere ilişkin TBA analizi ve elde edilmiş bileşenlerin dağılımını gruplar arasındaki durumu (N=135)



**Şekil 4.19** *I. zernovi* ve *I. rectipennis* tür grubundaki her bir türün dişilerine ait morfolojik verilere ilişkin TBA analizi ve elde edilmiş bileşenler (N=135)

*I. zernovi* ve *I. rectipennis* tür gruplarında yer alan dişilerden elde edilen PC1 skorlarına göre karşılaştırma yapıldığında her iki tür grubu dişilerinin birbirinden ayrıştığı görülmektedir (T test, *I. zernovi* dişi N=83, *I. rectipennis* dişi N=86,  $t=6.177$ ,  $df= 167$ ,  $p<0.001$ ) (Şekil 4.20).



**Şekil 4.20** *I. zernovi* ve *I. rectipennis* tür grubunda yer alan dişilerden alınan morfolojik verilere göre elde edilmiş PC1 skorlarına göre tür gruplarının eşeyssel dimorfizmi (N=169)

#### 4.4.1.5 *Isophya zernovi* ve *Isophya rectipennis* Tür Grubunun Dişi ve Erkeklerine Ait Değerlendirmeler

*I. rectipennis* ve *I. zernovi* tür gruplarına ait dokuz türden toplam 386 bireyden ölçüm alınmıştır (*I. rectipennis* grubu N=188, *I. zernovi* grubu N=198) *I. rectipennis* ve *I. zernovi* tür gruplarının dişilerinden ortak ölçülebilen morfolojik özellikleri birlikte ele alındığında PC1, PC2 ve PC3 olmak üzere üç adet TBA bileşeni elde edilmiştir (Çizelge 4.10). TBA analizinden elde edilen bileşenler analiz edildiğinde göre PC1'in ve PC2 PC3'e göre türler bazında daha anlamlı bir morfolojik farklılaşmayı açıkladığı görülmüştür (Çizelge 4.10, PC1 Eigen değeri= 7.202, PC2 Eigen değeri= 3.331, PC3 Eigen değeri= 1.516).

**Çizelge 4.10** *I. zernovi* ve *I. rectipennis* tür grubunda yer alan tüm dişi ve erkekler için ait morfolojik verilere ilişkin TBA analizi ve elde edilmiş bileşenler (N=386)

	Bileşenler		
	PC1	PC2	PC3
<b>Eigen Değeri</b>	7.202	3.331	1.516
<b>Varyans Yüzdesi</b>	48.010	22.209	10.105
<b>Kümülatif Yüzde</b>	48.010	70.220	80.325

*I. zernovi* ve *I. rectipennis* tür gruplarında yer alan tüm dişi ve erkekler için ait morfolojik verilerden elde edilen TBA bileşenleri Tek Yönlü Varyans (Anova) analizine tabi tutulduğunda türler arasında anlamlı farklılık olduğu görülmüştür (Çizelge 4.11).

TBA analizinden elde edilen PC1 skorlarına göre *I. ilkazi* ile *I. nervosa*, *I. rectipennis*, *I. stenocauda stenocauda*, *I. karadenizensis* ve *I. zernovi* türü arasında anlamlı farklılık bulunurken (Posthoc-Tamhane,  $p<0.001$ ), diğer türler açısından farklılığa rastlanmamıştır. PC1 skorlarına göre *I. nervosa* ile *I. ilkazi* dışındaki tüm türler açısından anlamlı farklılık bulunmuştur (Posthoc-Tamhane,  $p<0.001$ ). PC1 skorlarına göre *I. rectipennis* ile *I. nervosa* dışındaki tüm türler ile arasında anlamlı farklılık bulunmuştur (Posthoc-Tamhane,  $p<0.001$ ). PC1 skorları açısından *I. stenocauda stenocauda* ile *I. zernovi* dışındaki tüm türler açısından anlamlı farklılık bulunmuştur (Posthoc-Tamhane,  $p<0.001$ ). PC1 skorlarına göre *I. stenocauda obenbergeri* ile *I. ilkazi* ve *I. autumnalis* dışındaki tüm türler arasında anlamlı farklılık bulunmuştur (Posthoc-Tamhane,  $p<0.001$ ). PC1 skorlarına göre *I.*

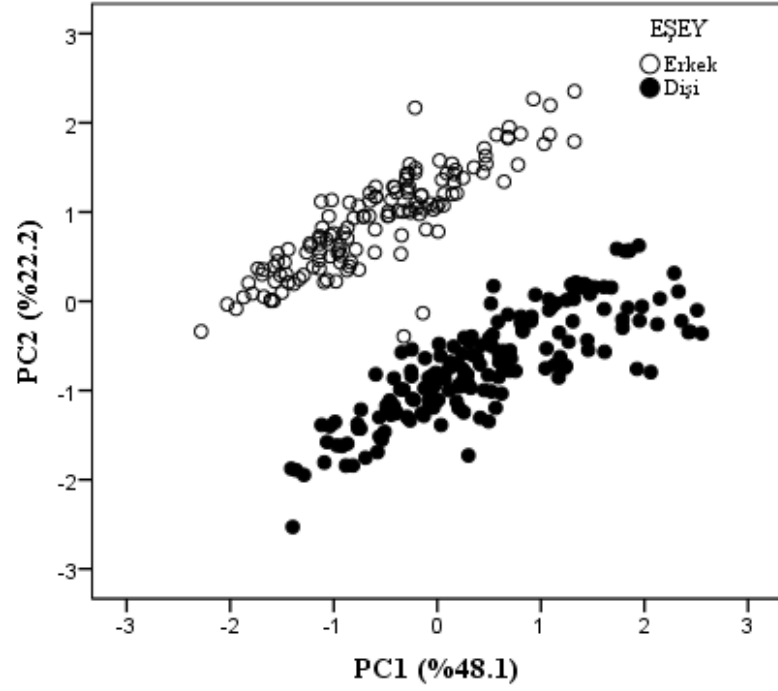
*autumnalis* ile *I. ilkazi* ve *I. stenocauda obenbergeri* dışındaki tüm türler arasında anlamlı farklılık bulunmuştur (Posthoc-Tamhane,  $p<0.001$ ).

**Çizelge 4.11** *I. zernovi* ve *I. rectipennis* tür grubundaki erkek ve dişilerine ait morfolojik verilere ilişkin TBA analizinden elde edilen bileşenlerin Anova analizi (N=386)

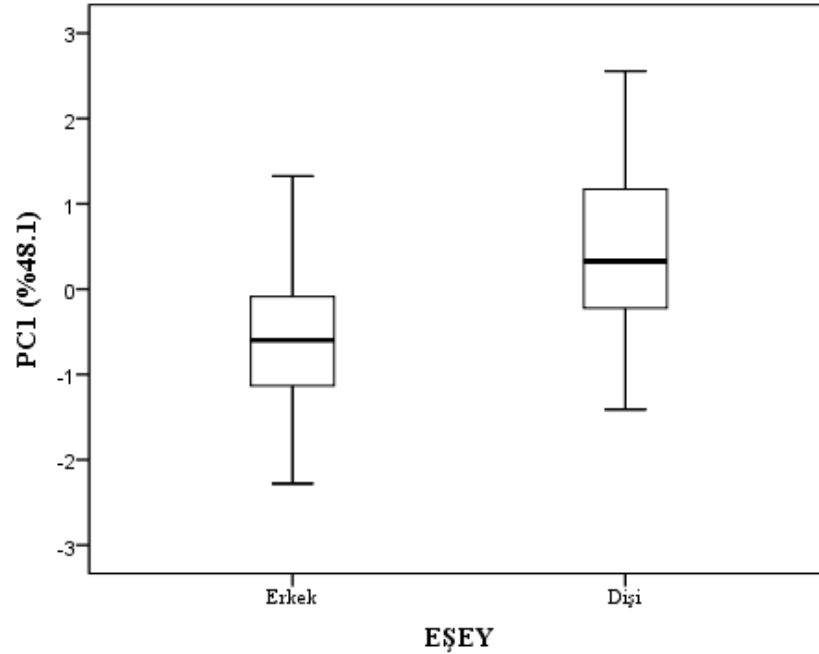
Bileşenler	df	Ortalamanın Karesi	F	p
PC1	8	24.200	61.815	<0.001
PC2	8	8.674	10.860	<0.001
PC3	8	27.322	88.255	<0.001

PC1 skorlarına göre *I. karadenizensis* ile tüm türler arasında anlamlı farklılık bulunmuştur (Posthoc-Tamhane,  $p<0.001$ ). PC1 skorlarına göre *I. zernovi* ile *I. stenocauda stenocauda* dışındaki tüm türler arasında anlamlı farklılık bulunmuştur (Posthoc-Tamhane,  $p<0.001$ ). PC1 skorlarına göre *I. bicarinata* ile *I. nervosa*, *I. rectipennis*, *I. stenocauda stenocauda*, *I. stenocauda obenbergeri*, *I. karadenizensis* ve *I. zernovi* arasında anlamlı farklılık bulunurken (Posthoc-Tamhane,  $p<0.001$ ), diğer türler açısından farklılığa rastlanmamıştır.

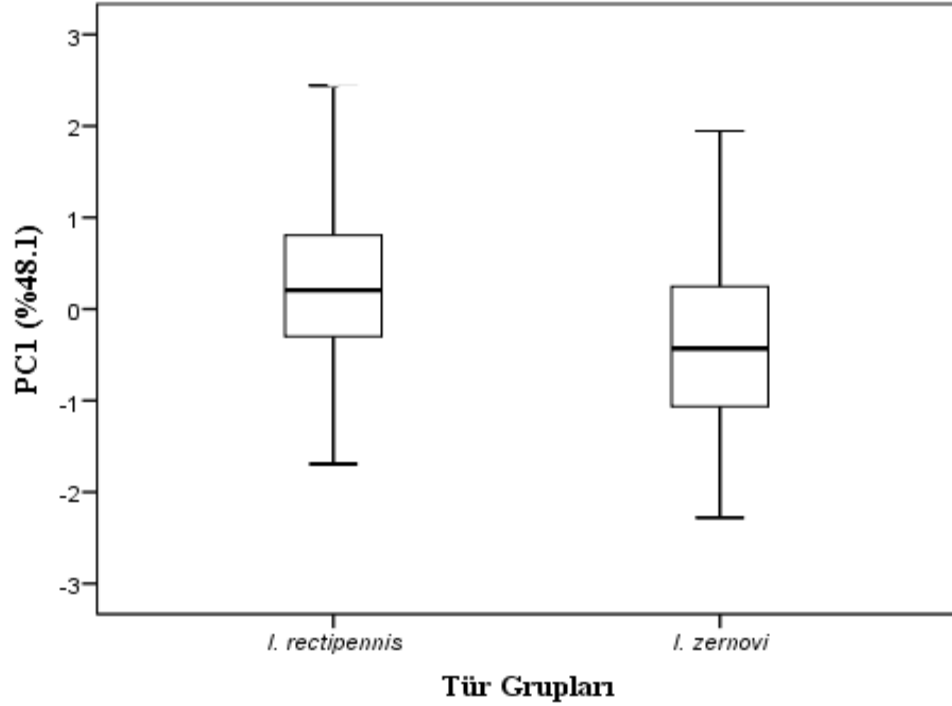
TBA analizinde göre *I. zernovi* ve *I. rectipennis* tür grubundaki tüm bireylerden alınan morfolojik ölçümlerden elde edilen PC1 ve PC2 skorlarına göre erkek ve dişiler arasında belirgin bir ayrışım olduğu saptanmıştır (Şekil 4.21). *I. zernovi* ve *I. rectipennis* tür gruplarında yer alan dişi ve erkeklerden elde edilen PC1 skorlarına göre karşılaştırma yapıldığında dişilerin ve erkeklerin birbirinden ayrıştığı görülmektedir (T test, dişi N=174, erkek N=140,  $t=-10.557$ ,  $df= 312$ ,  $p<0.001$ ) (Şekil 4. 22). *I. zernovi* ve *I. rectipennis* tür grubunda yer alan tüm bireylere ait morfolojik verilerin tür gruplarına göre PC1 skorları karşılaştırıldığında *I. zernovi* ve *I. rectipennis* tür gruplarının birbirinden ayrıştığı görülmektedir (T test, *I. rectipennis* N=161, *I. zernovi* N=153,  $t=6.120$ ,  $df= 312$ ,  $p<0.001$ ) (Şekil 4.23).



**Şekil 4.21** *I. zernovi* ve *I. rectipennis* tür grubunda yer alan tüm dişi ve erkeklere ait morfolojik verilere ilişkin TBA analizi ve elde edilmiş bileşenlerin dağılımını gruplar arasındaki durumu (N=386)



**Şekil 4.22** *I. zernovi* ve *I. rectipennis* tür grubunda yer alan tüm dişi ve erkeklerden alınan morfolojik verilere göre elde edilmiş PC1 skorlarına göre erkek ve dişilerin eşeysel dimorfizmi (erkek N= 140, dişi N=174)



**Şekil 4.23** *I. zernovi* ve *I. rectipennis* tür grubunda yer alan tüm dişi ve erkeklerden alınan morfolojik verilere göre elde edilmiş PC1 skorlarına göre tür gruplarının eşeyssel dimorfizmi (N=313)

#### 4.4.2 Vücut Büyüklüğü ile Spermatofor Yatırımı Arasındaki İlişkiler

*I. rectipennis* ve *I. zernovi* tür grubunda bulunan bireylerin grup bazında spermatofor yatırımlarına dair ilişkiler Çizelge 4.12 ve Çizelge 4.13 verilmiştir.

**Çizelge 4.12** *I. rectipennis* tür grubunda yer alan erkek ve dişi ağırlıkları ile spermatofor ve içerikleri arasındaki ilişkiler

BİLEŞENLER	EA	DA	SPF	SPFLX	AMP	SP*10 <sup>4</sup>	PC1
EA (gr)	1	0.661**	0.787**	0.751**	0.674**	0.433**	0.906**
DA (gr)	0.661**	1	0.459**	0.439**	0.373**	0.304**	0.723**
SPF (gr)	0.787**	0.459**	1	0.985**	0.739**	0.410**	0.727**
SPFLX (gr)	0.751**	0.439**	0.985**	1	0.619**	0.364**	0.697**
AMP (gr)	0.674**	0.373**	0.739**	0.619**	1	0.447**	0.585**
SP*10 <sup>4</sup>	0.433**	0.304**	0.410**	0.364**	0.447**	1	0.459**
PC1	0.906**	0.723**	0.727**	0.697**	0.585**	0.459**	1

\*\*P<0.01, Pearson Korelasyon Analizi

**Çizelge 4.13** *I. zernovi* tür grubunda yer alan erkek ve dişi ağırlıkları ile spermatofor ve içerikleri arasındaki ilişkiler

BİLEŞENLER	EA	DA	SPF	SPFLX	AMP	SP*10 <sup>4</sup>	PC1
EA (gr)	1	0.821**	0.696**	0.622**	0.660**	0.279**	0.872**
DA (gr)	0.821**	1	0.619**	0.558**	0.616**	0.300**	0.807**
SPF (gr)	0.696**	0.619**	1	0.967**	0.786**	0.427**	0.593**
SPFLX (gr)	0.622**	0.558**	0.967**	1	0.635**	0.345**	0.548**
AMP (gr)	0.660**	0.616**	0.786**	0.635**	1	0.548**	0.558**
SP*10 <sup>4</sup>	0.279**	0.300**	0.427**	0.345**	0.548**	1	0.073
PC1	0.872**	0.807**	0.593**	0.548**	0.558**	0.073	1

\*\* p<0.01, Pearson Korelasyon Analizi

Vücut büyüklüğü ve spermatofor yatırımı arasındaki ilişkinin tür grubu açısından belirlenmesi kadar *Isophya* cinsi içerisinde durumun belirlenmesi de önemlidir. Bu amaçla *Isophya* cinsini temsilen 9 türün çiftleşme ve morfolojik verilerinin birlikte değerlendirilmiş erkeklerin çiftleşmedeki stratejik yatırımları belirlenmeye çalışılmıştır (Çizelge 4.14).

**Çizelge 4.14** *I. rectipennis* ve *I. zernovi* grubunda yer alan erkek ve dişi ağırlıkları ile spermatofor ve içerikleri arasındaki ilişkiler.

BİLEŞENLER	EA	DA	SPF	SPFLX	AMP	SP*10 <sup>4</sup>	PC1
EA (gr)	1	0.763**	0.731**	0.673**	0.656**	0.097	0.774**
DA (gr)	0.763**	1	0.545**	0.495**	0.526**	0.101	0.706**
SPF (gr)	0.731**	0.545**	1	0.974**	0.754**	0.189**	0.597**
SPFLX (gr)	0.673**	0.495**	0.974**	1	0.606**	0.108	0.585**
AMP (gr)	0.656**	0.526**	0.754**	0.606**	1	0.345**	0.474**
SP*10 <sup>4</sup>	0.097	0.101	0.189**	0.108	0.345**	1	-0.477**
PC1	0.774**	0.706**	0.597**	0.585**	0.474**	-0.477**	1

\*\* p<0.01, Pearson Korelasyon Analizi

#### 4.5 Ejakulat Koruma Hipotezine Yönelik Değerlendirmeler

Tez çalışmasında *I. zernovi* ve *I. rectipennis* grubu türlerine ait spermatofilaks ağırlığı, ampulla ağırlığı ve sperm sayısı arasındaki ilişkiler herbir tür için araştırılmıştır. *I. zernovi* ve *I. rectipennis* grup bazında ilişkiler incelendiğinde ejakulat koruma hipotezine uygunluk gösteren türler Çizelge 4.15’de gösterilmiştir (*I. karadenizensis* (*I.k*), *I. zernovi* (*I.z*), *I. bicarinata* (*I.b*), *I. autumnalis* (*I.a*), *I. rectipennis* (*I.p*), *I. stenocauda stenocauda* (*I.s.s*), *I. stenocauda obenbergeri* (*I.s.o*), *I. ilkazi* (*I.i*), *I. nervosa* (*I.n*)).

**Çizelge 4.15** *I. rectipennis* ve *I. zernovi* türlerinden ejakulat koruma hipotezine uygunluk gösteren türlerin çizelgesi

Değişkenler	<i>Isophya zernovi</i> Grubu				<i>Isophya rectipennis</i> Grubu				
	<i>I.k</i>	<i>I.z</i>	<i>I.b</i>	<i>I.a</i>	<i>I.r</i>	<i>I.s.s</i>	<i>I.s.o</i>	<i>I.i</i>	<i>I.n</i>
Spflx/Amp			✓+		✓+	✓+		✓+	✓+
Spflx/Sp			✓+						
Amp/Sp		✓+	✓+	✓+	✓+			✓+	✓+

#### 4.5.1 *Isophya zernovi* Grubuna Ait Spermatofor Yatırımı

Tür grubuna ait her bir tür çiftleşme denemelerine başlamadan önce hassas terazi yardımıyla tartılmış ve genellikle dişilerin erkek bireylerden daha ağır oldukları görülmüştür. *I. zernovi* tür grubundan; *I. zernovi*'den 32, *I. bicarinata*'dan 29, *I. karadenizensis*'den 30 ve *I. autumnalis*'den ise 27 olmak üzere toplamda 118 başarılı çiftleşme gerçekleştirilmiştir.

#### *Isophya karadenizensis*

*I. karadenizensis*'de spermatofor ve içerikleri arasındaki ilişkilerin belirlenmesi amacıyla Pearson Korelasyon analizi yapılmıştır. Erkek ağırlığı (gr), spermatofor, spermatofilaks, ampulla ve sperm sayısı arasındaki ilişkiler Çizelge 4.16' da verilmiştir.

**Çizelge 4.16** *Isophya karadenizensis*'de yapılan tüm çiftleşmelere ait spermatofor içeriği arasındaki ilişkiler (N=30 dişi, N=30 erkek).

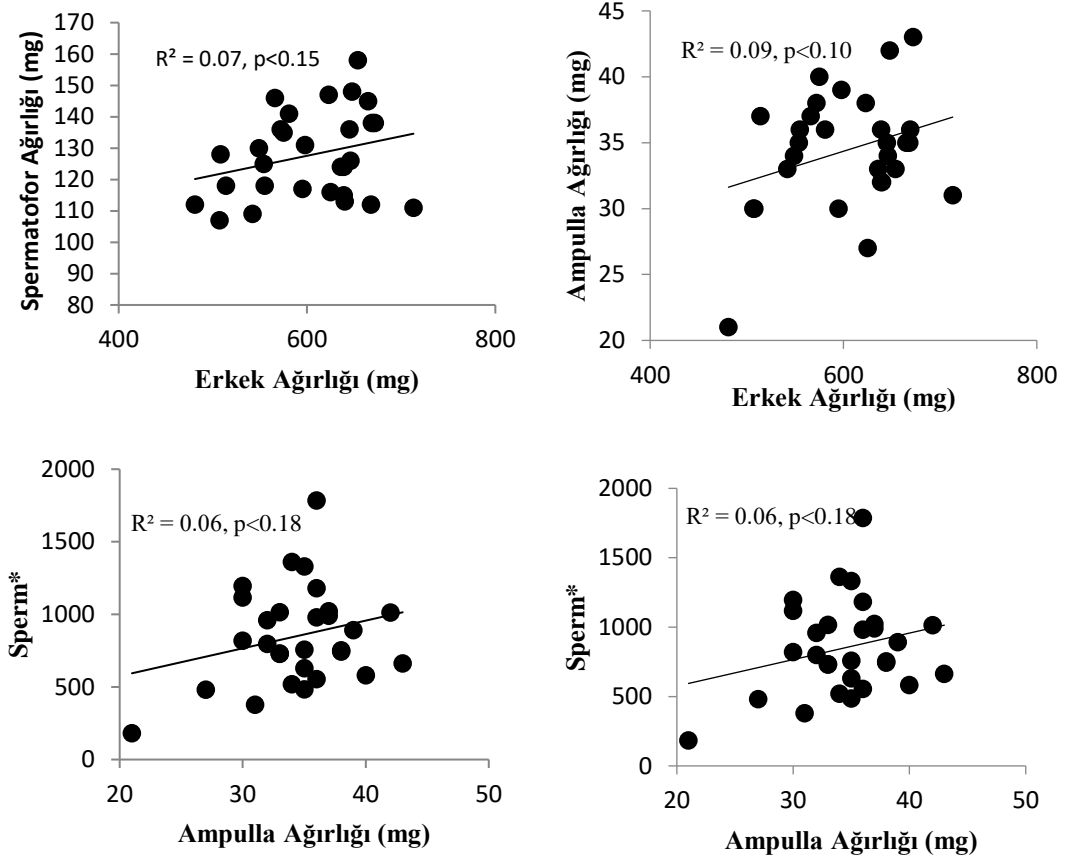
Değişkenler	EA	SPF	SPFLX	AMP	SP*10 <sup>4</sup>
EA (gr)	1	0.175	0.152	0.109	-0.469**
SPF (gr)	0.175	1	0.953**	0.577**	0.021
SPFLX (gr)	0.152	0.953**	1	0.329	-0.069
AMP (gr)	0.109	0.577**	0.329	1	0.328
SP*10 <sup>4</sup>	-0.469**	0.021	-0.069	0.328	1

\*\*p<0.01, \*p<0.05, Pearson Korelasyon Analizi

Çizelge 4.16 incelendiğinde spermatofor ağırlığı ile erkek ağırlığı arasında anlamlı bir ilişki görülmemektedir. Erkek ağırlığı ile sperm sayısı arasında negatif ilişki olduğu görülmektedir (r=-0.469, p<0.01, n=30). Buna göre ağır erkekler çiftleşmelerinde dişilere daha az sperm transferinde bulunmaktadırlar. Yapılan analizde spermatofor ağırlığı ile ampulla ağırlığı arasında pozitif ilişki olduğu görülmektedir (r=0.577, p<0.01, n=30). Bu verilere göre erkekler ağır spermatofor transferinde bulunurken aynı zamanda daha ağır bir ampullayı dişiye nakledebilirler.



Fakat ampullanın ağırlığı ile içerdiği sperm arasında bu tür için anlamlı bir ilişki görülmemektedir (Şekil 4.24).



Şekil 4.24 *I. karadenizensis*' e ait spermatofor verilerinin vücut ağırlığı ve ampulla ağırlığı arasındaki ilişkiler (N=30).

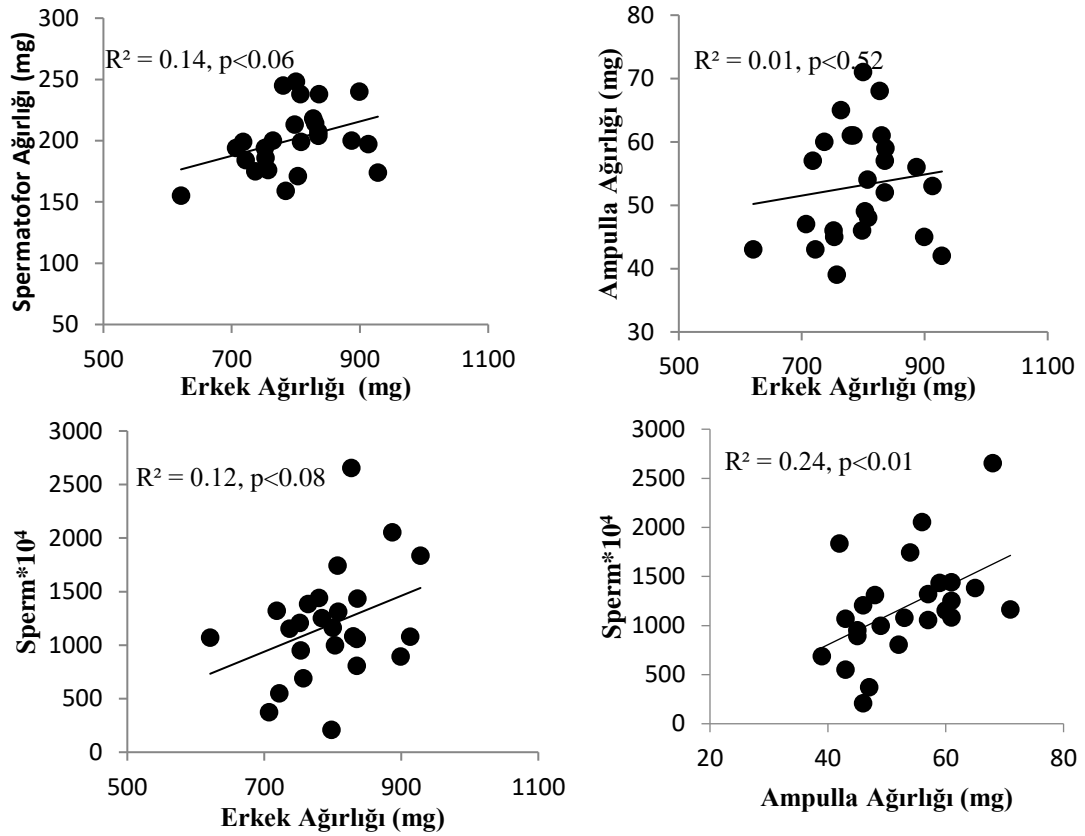
### *Isophya autumnalis*

*I. autumnalis*'te spermatofor ve içerikleri arasındaki ilişkilerin belirlenmesi amacıyla Pearson Korelasyon analizi yapılmıştır. Erkek ağırlığı (gr), spermatofor, spermatofilaks ve ampulla ağırlığı ve sperm sayısı arasındaki ilişkiler Çizelge 4.17' de incelendiğinde *I. autumnalis*'te erkek ağırlığı ile spermatofor ağırlığı, spermatofilaks ağırlığı, ampulla ağırlığı ve dişiye nakledilen sperm sayısı arasında anlamlı bir ilişki görülmemektedir.

**Çizelge 4.17** *Isophya autumnalis*'de spermatofor içeriği arasındaki ilişkiler (N=25 dişi, N=25 erkek)

Değişkenler	EA	SPF	SPFLX	AMP	SP*10 <sup>4</sup>
EA (gr)	1	0.374	0.322	0.134	0.351
SPF (gr)	0.374	1	0.940**	0.455*	0.184
SPFLX(gr)	0.322	0.940**	1	0.152	0.009
AMP (gr)	0.134	0.455*	0.152	1	0.493*
SP*10 <sup>4</sup>	0.351	0.184	0.009	0.493*	1

\*\*p<0.01, \*p<0.05, Pearson Korelasyon Analizi



**Şekil 4.25** *I. autumnalis*'e ait spermatofor verilerinin vücut ağırlığı ve ampulla ağırlığı arasındaki ilişkiler (N=25).

Bu sonuçlara göre *I. autumnalis*'de erkek ağırlığının spermatofor ve içeriklerinin düzenlenmesinde bir etkisinin olmadığı görülmektedir. Veriler incelendiğinde spermatofor ağırlığı ile ampulla ağırlığı arasındaki güçlü pozitif yönlü ilişki dikkati çekmektedir ( $r=0.455$ ,  $p<0.01$ ,  $n=25$ ). Dolayısıyla *I. autumnalis*'de spermatofor ağırlığı arttıkça dişilere daha ağır bir ampulla transferi gerçekleşmektedir. Türün spermatofor içerikleri incelendiğinde sperm sayısı ile ampulla arasındaki güçlü ilişki de dikkati çekmektedir ( $r=0.493$ ,  $p<0.01$ ,  $n=25$ ). Erkekler dişilere ağır spermatofor verdiklerinde aynı zamanda daha ağır bir ampulla ve fazla miktarda sperm transferinde bulunmaktadır (Şekil 4.25).

### *Isophya bicarinata*

*I. bicarinata*'da spermatofor ve içerikleri arasındaki ilişkilerin belirlenmesi amacıyla Pearson Korelasyon Analizi yapılmıştır. Erkek ağırlığı (gr), spermatofor, spermatofilaks, ampulla ve sperm sayısı arasındaki ilişkiler Çizelge 4.18'de verilmiştir.

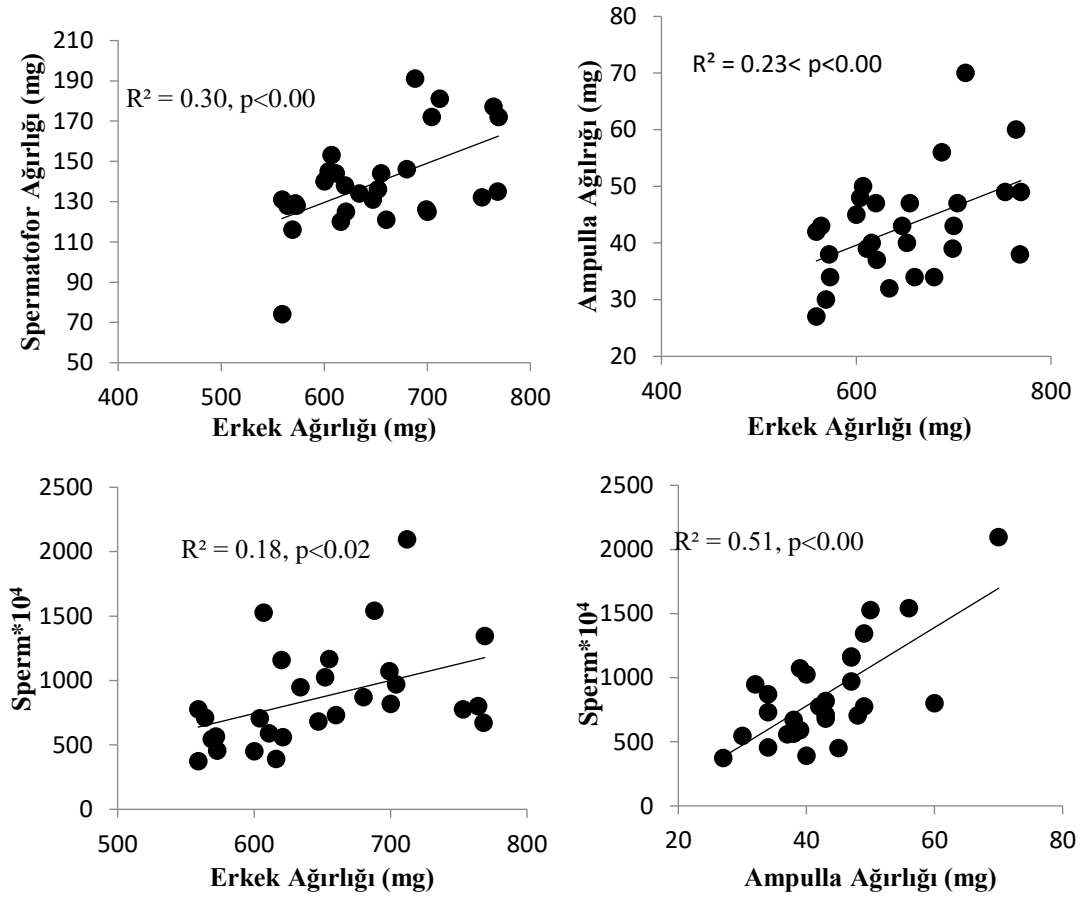
**Çizelge 4.18** *Isophya bicarinata*'da spermatofor içeriği arasındaki ilişkiler (N=27 dişi, N=27 erkek)

Değişkenler	EA	SPF	SPFLX	AMP	SP*10 <sup>4</sup>
EA (gr)	1	0.502**	0.493**	0.436*	0.392*
SPF (gr)	0.502**	1	0.921**	0.787**	0.696**
SPFLX (gr)	0.493**	0.921**	1	0.517**	0.536**
AMP (gr)	0.436*	0.787**	0.517**	1	0.693**
SP*10 <sup>4</sup>	0.392*	0.696**	0.536**	0.693**	1

\*\*p<0.01, \*p<0.05, Pearson Korelasyon Analizi

Çizelge 4.18 incelendiğinde *I. bicarinata*'da erkek ağırlığı ile spermatofor ağırlığı (r=0.502, p<0.01, n=27) ve spermatofilaks ağırlığı (r=0.493, p<0.01, n=27) arasında güçlü bir ilişki görülürken erkek ağırlığı ile ampulla ağırlığı (r=0.436, p<0.05, n=27) ve sperm sayısı (r=0.392, p<0.05, n=27) arasında daha zayıf bir ilişki görülmektedir. *I. bicarinata*'da spermatofor ve içerikleri arasındaki güçlü ilişkiler dikkat çekmektedir. Spermatofor ve ampulla arasındaki güçlü ilişki (r=0.787, p<0.01, n=27), benzer olarak spermatofor ve sperm sayısı (r=0.696, p<0.01, n=27) arasında da görülmektedir.

Dolayısıyla *I. bicarinata*'da erkekler ağır bir spermatofor oluşturduklarında aynı zamanda ağır bir ampulla oluştururlar ve fazla sayıda spermi de dişilere aktarmış olurlar. Korelasyon analizi verileri, *I. bicarinata*'da ampulla ile sperm sayısı arasında güçlü ve anlamlı bir ilişki olduğunu göstermektedir (r=0.693, p<0.01, n=27), artan ampulla ağırlığı bu türde artan sperm sperm sayısını destekler görünmektedir (Şekil 4.26).



Şekil 4.26 *I. bicarinata*'ya ait spermatofor verilerinin vücut ağırlığı ve ampulla ağırlığı arasındaki ilişkiler (N=28).

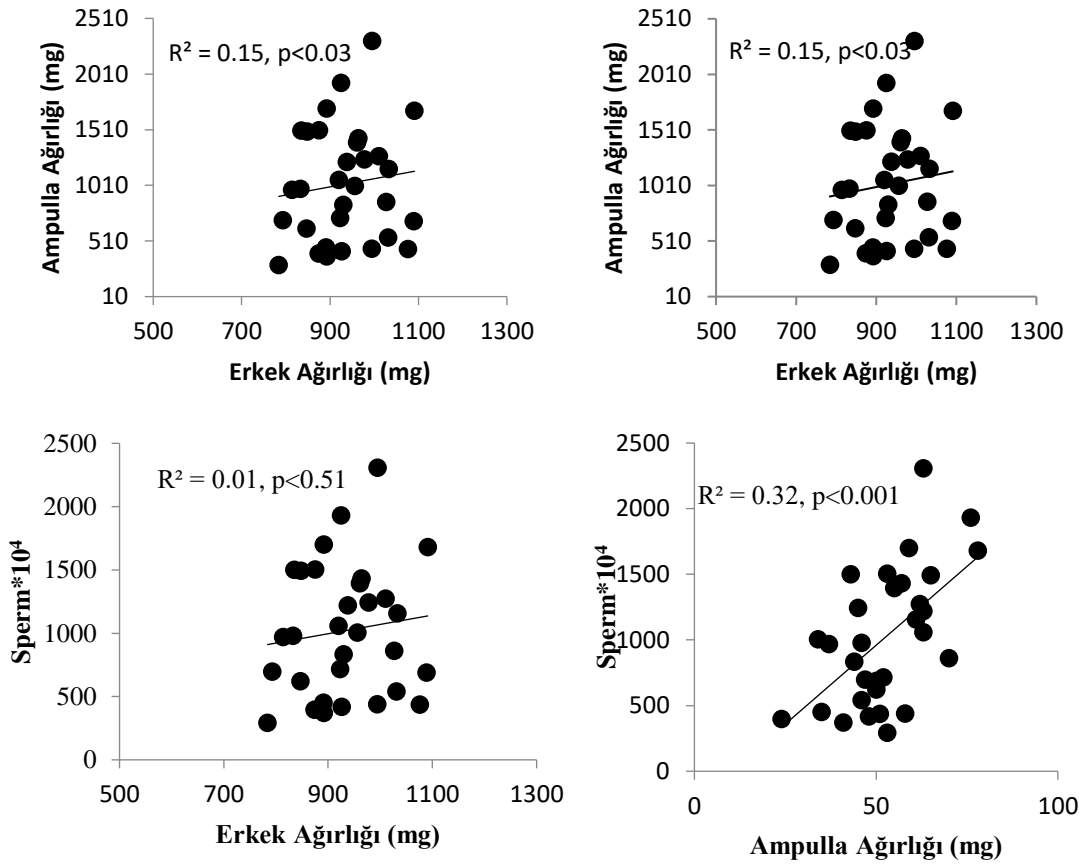
### *Isophya zernovi*

*I. zernovi*'de spermatofor ve içerikleri arasındaki ilişkilerin belirlenmesi amacıyla Pearson Korelasyon Analizi yapılmıştır. Erkek ağırlığı (gr), spermatofor, spermatofilaks ve ampulla ağırlığı ve sperm sayısı arasındaki ilişkiler Çizelge 4.19' da incelendiğinde erkeğin vücut ağırlığı ile spermatofor ağırlığı ( $r=0.564$ ,  $p<0.01$ ,  $n=31$ ) ve spermatofilaks ağırlığı ( $r=0.514$ ,  $p<0.01$ ,  $n=31$ ) arasında güçlü bir ilişki görülürken, erkek ağırlığı ile ampulla ağırlığı ( $r=0.388$ ,  $p<0.05$ ,  $n=31$ ) arasında zayıf bir ilişki görülmektedir.

**Çizelge 4.19** *Isophya zernovi*'de spermatofor içeriği arasındaki ilişkiler (N=31 dişi, N=31 erkek)

Değişkenler	EA	SPF	SPFLX	AMP	SP*10 <sup>4</sup>
EA (gr)	1	0,564**	0,514**	0,388*	0,121
SPF (gr)	0,564**	1	0,918**	0,607**	0,320
SPFLX (gr)	0,514**	0,918**	1	0,331	0,170
AMP (gr)	0,388*	0,607**	0,331	1	0,566**
SP*10 <sup>4</sup>	0,121	0,320	0,170	0,566**	1

\*\*p<0.01, \*p<0.05, Pearson Korelasyon Analizi



**Şekil 4.27** *I. zernovi*'ye ait spermatofor verilerinin vücut ağırlığı ve ampulla ağırlığı arasındaki ilişkiler (N=31)

Dolayısıyla ağır olan erkekler çiftleşmelerinde daha ağır spermatofor, spermatofilaks ve ampullayı dişilere transfer etmektedirler. Spermatofor ağırlığı ile spermatofilaks ağırlığı arasında ( $r=0.918$ ,  $p<0.01$ ,  $N=31$ ) güçlü pozitif bir ilişki vardır ve aynı ilişki spermatofor ağırlığı ile ampulla ağırlığı arasında ( $r=0.607$ ,  $p<0.01$ ,  $n=31$ ) da görülmektedir. *I. zernovi*'de yapılan çiftleşmelere göre ampulla ağırlığı ile dişilere transfer edilen sperm sayısı arasında ( $r= 0.566$ ,  $p<0.01$ ,  $n=31$ ) da

pozitif bir ilişki görülmekte dolayısıyla erkekler daha ağır bir ampulla ile dişilere daha fazla sperm transferinde bulunmaktadırlar (Şekil.4.27).

#### 4.5.2 *Isophya rectipennis* Grubu

##### *Isophya nervosa*

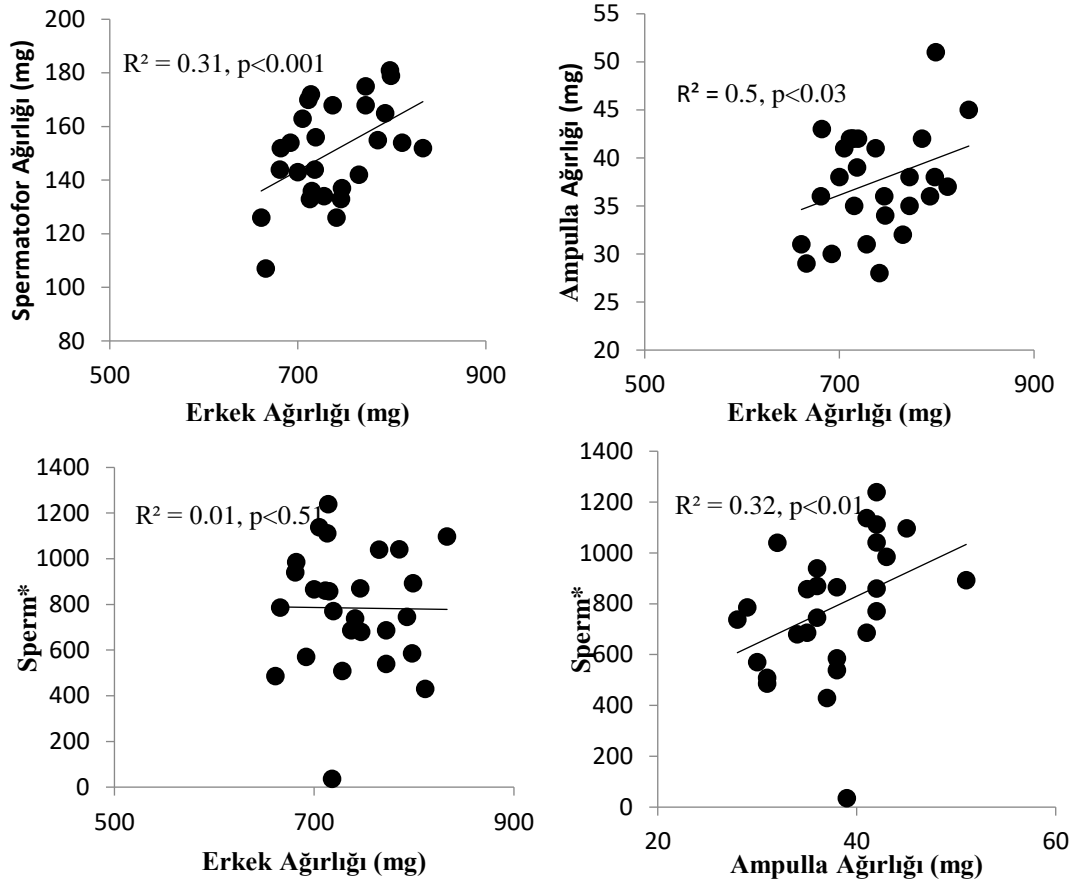
*I. nervosa*'da spermatofor ve içerikleri arasındaki ilişkilerin belirlenmesi amacıyla Pearson Korelasyon Analizi yapılmıştır. Erkek ağırlığı (gr), spermatofor, spermatofilaks, ampulla ve sperm sayısı arasındaki ilişkiler Çizelge 4.20'de verilmiştir.

**Çizelge 4.20** *Isophya nervosa*'da spermatofor içeriği arasındaki ilişkiler (27 Dişi, 27 Erkek)

Değişkenler	EA	SPF	SPFLX	AMP	SP*10 <sup>4</sup>
EA (gr)	1	0.486*	0.452*	0.328	-0.011
SP (gr)	0.486*	1	0.965**	0.615**	0.085
SPFLX (gr)	0.452*	0.965**	1	0.397*	-0.009
AMP (gr)	0.328	0.615**	0.397*	1	0.381*
SP*10 <sup>4</sup>	-0.011	0.085	-0.009	0.381*	1

\*\*p<0.01, \*p<0.05, Pearson Korelasyon Analizi

Çizelge 4.20'deki veriler incelendiğinde erkek ağırlığı ile spermatofor arasında ( $r=0.486$ ,  $p<0.05$ ,  $n=27$ ) ve erkek ağırlığı ile spermatofor arasında ( $r=0.452$ ,  $p<0.05$ ,  $n=27$ ) zayıf ilişki görülmektedir. *I. nervosa*'da ağır erkekler dişilere nispeten ağır spermatofor ve beraberinde spermatofilaks transferinde bulunurlar. Veriler incelendiğinde çiftleşme sırasında üretilen spermatofor ile spermatofilaks ağırlığı ( $r=0.965$ ,  $p<0.01$ ,  $n=27$ ) arasında güçlü bir ilişki görülürken aynı ilişkiye spermatofor ve ampulla ( $r=0.615$ ,  $p<0.05$ ,  $n=27$ ) arasında da rastlanmaktadır. *I. nervosa*'da ampulla ve dişiyeye transfer edilen sperm arasında ( $r=0.381$ ,  $p<0.05$ ,  $n=27$ ) zayıf da olsa bir ilişkinin görülmesi, artan ampulla ağırlığıyla dişiyeye transfer edilen sperm sayısının da artacağına işaret etmektedir (Şekil 4.28).



Şekil 4.28 *I. nervosa*'ya ait spermatofor verilerinin vücut ağırlığı ve ampulla ağırlığı arasındaki ilişkiler (N=27).

### *Isophya rectipennis*

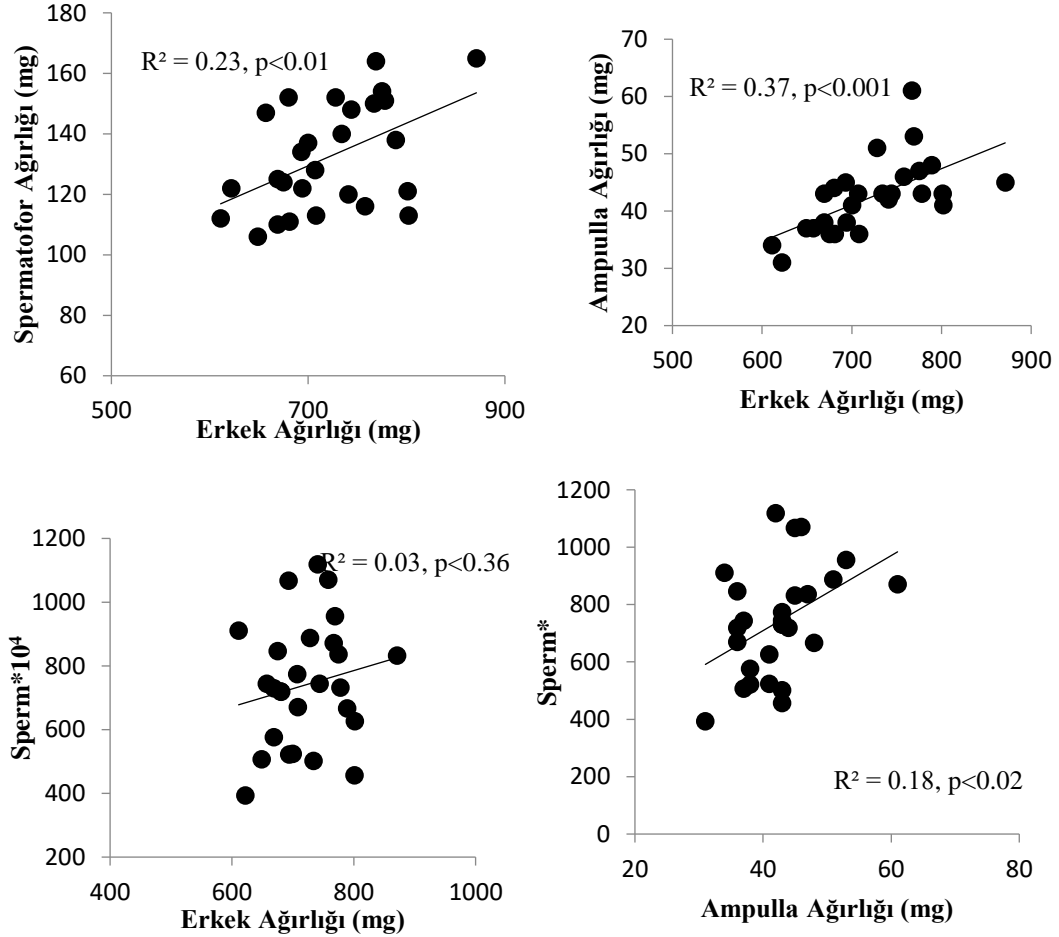
*I. rectipennis*'te spermatofor ve içerikleri arasındaki ilişkilerin belirlenmesi amacıyla Pearson Korelasyon Analizi yapılmıştır. Erkek ağırlığı (gr), spermatofor, spermatofilaks ve ampulla ağırlığı ve sperm sayısı arasındaki ilişkiler Çizelge 4.21' de verilmiştir.

Çizelge 4.21 *Isophya rectipennis*'de spermatofor içeriği arasındaki ilişkiler (27 Dişi, 27 Erkek)

Değişkenler	EA	SP	SPFLX	AMP	SP*10 <sup>4</sup>
EA (gr)	1	0.485*	0.326	0.613**	0.181
SPF(gr)	0.485*	1	0.951**	0.639**	0.250
SPFLX(gr)	0.326	0.951**	1	0.386*	0.146
AMP (gr)	0.613**	0.639**	0.386*	1	0.430*
SP*10 <sup>4</sup>	0.181	0.250	0.146	0.430*	1

\*\*p<0.01, \*p<0.05, Pearson Korelasyon Analizi

Çizelge 4.21 incelendiğinde, erkeğin vücut ağırlığı ile spermatofor arasında ( $r=0.485$ ,  $p<0.05$ ,  $n=27$ ) zayıf bir ilişki görülürken, spermatofor ve ampulla arasında ( $r=0.613$ ,  $p<0.01$ ,  $n=27$ ) güçlü bir ilişki görülmektedir. Dolayısıyla erkekler çiftleşmelerinde ağır bir spermatoforla birlikte ağır ampullayı da dişilere transfer etmektedirler. Çiftleşme verileri incelendiğinde spermatofor ile spermatofilaks arasında ( $r=0.951$ ,  $p<0.01$ ,  $n=27$ ) ve spermatofor ile ampulla arasında ( $r=0.639$ ,  $p<0.01$ ,  $n=27$ ) güçlü ilişkiler görülmektedir. *I. rectipennis*'de spermatofilaks ile ampulla ağırlığı arasında pozitif ilişki vardır ( $r=0.386$ ,  $p<0.05$ ,  $n=27$ ). Ampulla ağırlığı ile sperm sayısı arasında pozitif ilişki vardır ( $r=0.430$ ,  $p<0.05$ ,  $n=27$ ). *I. rectipennis*'de erkekleri ağır ampulla oluşturarak dişilere daha fazla sperm transferinde bulunurlar (Şekil 4.29).



Şekil 4.29 *I. rectipennis*'e ait spermatofor verilerinin vücut ağırlığı ve ampulla ağırlığı arasındaki ilişkiler (N=27)



### *Isophya stenocauda stenocauda*

*I. stenocauda stenocauda*'da spermatofor ve içerikleri arasındaki ilişkilerin belirlenmesi amacıyla Pearson Korelasyon Analizi yapılmıştır. Erkek ağırlığı (gr), spermatofor, spermatofilaks, ampulla ve sperm sayısı arasındaki ilişkiler Çizelge 4.22' de verilmiştir.

**Çizelge 4.22** *Isophya stenocauda stenocauda* türünde spermatofor içeriği arasındaki ilişkiler (25 Dişi, 25 Erkek)

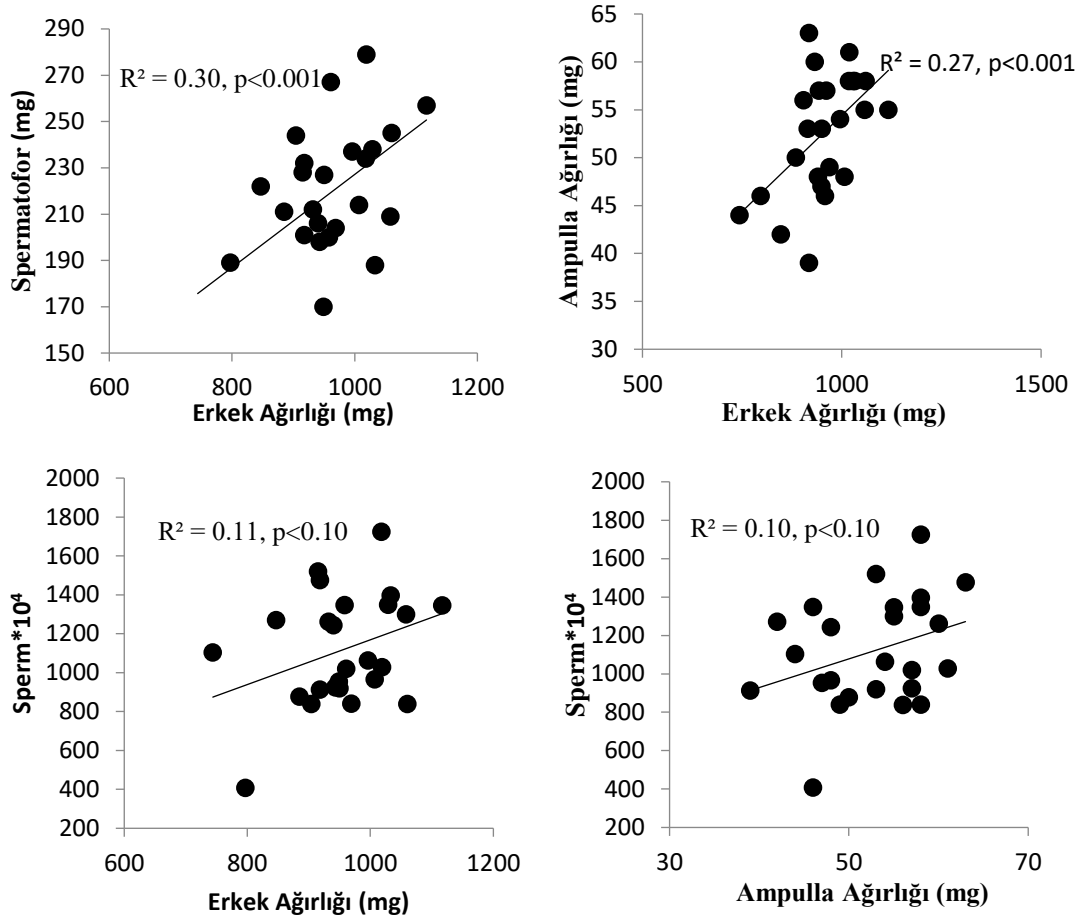
Değişkenler	EA	SPF	SPFLX	AMP	Sp*10 <sup>4</sup>
EA (gr)	1	0.549**	0.502*	0.526**	0.334
SPF (gr)	0.549**	1	0.985**	0.583**	0.151
SPFLX (gr)	0.502*	0.985**	1	0.444*	0.091
AMP (gr)	0.526**	0.583**	0.444*	1	0.330
Sp*10 <sup>4</sup>	0.334	0.151	0.091	0.330	1

\*\*p<0.01, \*p<0.05, Pearson Korelasyon Analizi

\*(Sperm\*10<sup>4</sup>).

Çizelge 4.22 incelendiğinde *I. stenocauda stenocauda*'da erkeğin ağırlığı ile spermatofor arasında ( $r=0.549$ ,  $p<0.01$ ,  $n=25$ ), erkeğin ağırlığı ile spermatofilaks arasında ( $r=0.502$ ,  $p<0.05$ ,  $n=25$ ) ve erkeğin ağırlığı ile ampulla arasında ( $r=0.526$ ,  $p<0.01$ ,  $n=25$ ) pozitif ilişki olduğu görülmüştür. Tüm bu veriler göz önünde bulundurulduğunda erkek ağırlığı arttıkça spermatofor ve içeriklerindeki benzer şekilde arttığı ifade edilebilir. Çiftleşmelerde oluşturulan spermatofor ağırlığı ile spermatofilaks ağırlığı arasında ( $r=0.985$ ,  $p<0.01$ ,  $n=25$ ) ve spermatofor ile ampulla arasında ( $r=0.583$ ,  $p<0.01$ ,  $n=25$ ) pozitif yönde güçlü ilişkilerin varlığı dikkati çekmektedir.

Spermatofilaks ağırlığı ile üretilen ampulla arasında ( $r=0.444$ ,  $p<0.05$ ,  $n=25$ ) zayıf bir ilişkinin varlığı tespit edilen veriler arasındadır. *I. stenocauda stenocauda*'da sperm sayısı ile erkek ağırlığı arasında ve spermatofor içerikleri arasında anlamlı bir ilişki gözlenmemiştir.



**Şekil 4.30** *I. stenocauda stenocauda*'ya ait spermatozor verilerinin vücut ağırlığı ve ampulla ağırlığı arasındaki ilişkiler (N=25)

### *Isophya stenocauda obenbergeri*

*I. stenocauda obenbergeri*'de spermatozor ve içerikleri arasındaki ilişkilerin belirlenmesi amacıyla Pearson Korelasyon Analizi yapılmıştır. Erkek ağırlığı (gr), spermatozor, spermatozilaks ve ampulla ağırlıkları ve sperm sayısı arasındaki ilişkiler Çizelge 4.23'de verilmiştir.

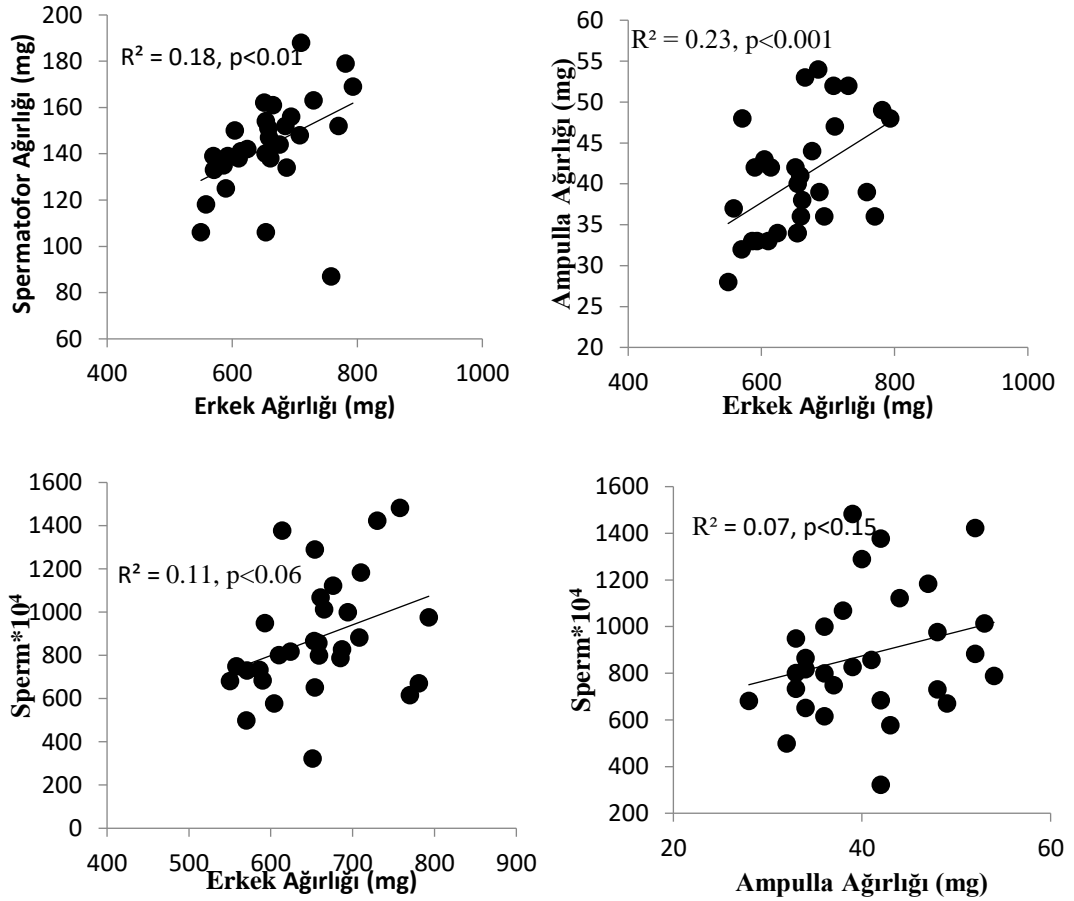
**Çizelge 4.23** *Isophya stenocauda obenbergeri*'de spermatozor içeriği arasındaki ilişkiler (30 Dişi, 30 Erkek)

Değişkenler	EA	SPF	SPFLX	AMP	SP*10 <sup>4</sup>
EA (gr)	1	0.435*	0.275	0.480**	0.345
SPF (gr)	0.435*	1	0.928**	0.473**	-0.162
SPFLX (gr)	0.275	0.928**	1	0.129	-0.306
AMP (gr)	0.480**	0.473**	0.129	1	0.266
SP*10 <sup>4</sup>	0.345	-0.162	-0.306	0.266	1

\*\*p<0.01, \*p<0.05, Pearson Korelasyon Analizi

Çizelge 4.23 incelendiğinde erkek ağırlığı ile spermatofor ağırlığı arasında ( $r=0.435$ ,  $p<0.05$ ,  $n=30$ ) pozitif yönde zayıf bir ilişki görünürken, erkek ağırlığı ile ampulla ağırlığı arasında ( $r=0.480$ ,  $p<0.01$ ,  $n=30$ ) arasında pozitif yönde daha güçlü bir ilişki görünmektedir. *I. stenocauda obenbergeri*'de spermatofor ve spermetofilaks ağırlığı arasında ( $r=0.928$ ,  $p<0.01$ ,  $n=30$ ), spermatofor ile ampulla ağırlıkları arasında ( $r=0.473$ ,  $p<0.01$ ,  $n=30$ ) güçlü pozitif yönde ilişkiler bulunmuştur.

Ampulla ağırlığı ile erkek ağırlığı arasında ( $r=0.480$ ,  $p<0.01$ ,  $n=30$ ), ampulla ağırlığı ile spermatofor ağırlıkları arasında ( $r=0.473$ ,  $p<0.01$ ,  $n=30$ ) pozitif yönlü güçlü ilişkiler bulunmuştur. *I. stenocauda obenbergeri*'de erkeklerin oluşturdukları sperm sayısı ile erkek ağırlığı arasında ya da spermatofor içerikleri arasında herhangi bir ilişkiye rastlanılmamıştır.



**Şekil 4.31** *I. stenocauda obenbergeri* 'ye ait spermatofor verilerinin vücut ağırlığı ve ampulla ağırlığı arasındaki ilişkiler (N=30)

### *Isophya ilkazi*

*I. ilkazi*'de spermatofor ve içerikleri arasındaki ilişkilerin belirlenmesi amacıyla Pearson Korelasyon Analizi yapılmıştır. Erkek ağırlığı (gr), spermatofor, spermatofilaks ve ampulla ağırlıkları ve sperm sayısı arasındaki ilişkiler Çizelge 4.24'de verilmiştir.

**Çizelge 4.24** *Isophya ilkazi*'de spermatofor içeriği arasındaki ilişkiler (14 Dişi, 14 Erkek)

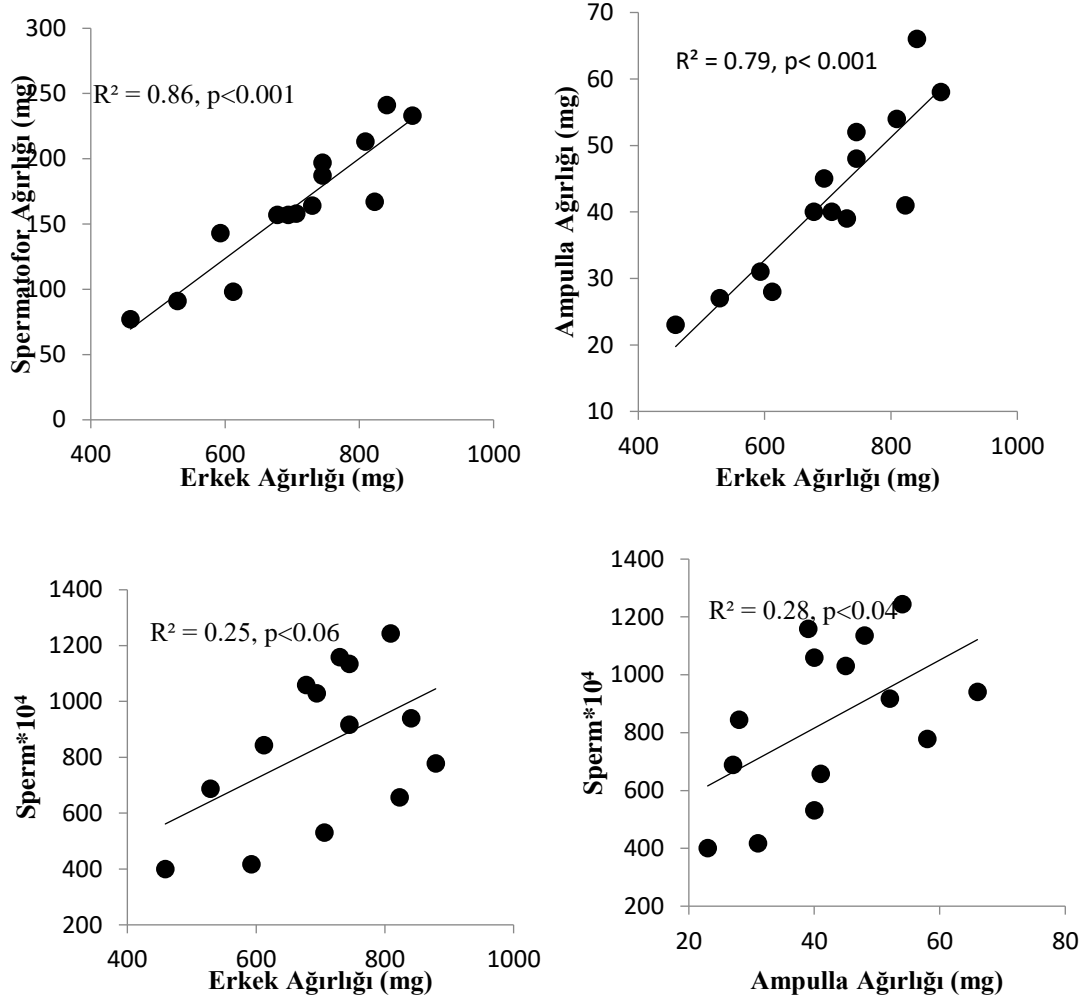
Değişkenler	Erkek (gr)	Spermatofor (gr)	Spermatofilaks(gr)	Ampulla (gr)	Sperm*10 <sup>4</sup>
EA(gr)	1	0.928**	0.931**	0.893**	0.508
SPF (gr)	0.928**	1	0.996**	0.972**	0.499
SPFLX (gr)	0.931**	0.996**	1	0.949**	0.476
AMP (gr)	0.893**	0.972**	0.949**	1	0.537*
SP*10 <sup>4</sup>	0.508	0.499	0.476	0.537*	1

\*\*p<0.01, \*p<0.05, Pearson Korelasyon Analizi

\*(Sperm\*10<sup>4</sup>).

Çizelge 4.24 incelendiğinde erkeğin ağırlığı ile spermatofor içerikleri arasında pozitif ilişkilere rastlanılmıştır; erkek ağırlığı ile spermatofor arasında ( $r=0.928$ ,  $p<0.01$ ,  $n=14$ ), erkek ağırlığı ile spermatofilaks arasında ( $r=0.931$ ,  $p<0.01$ ,  $n=14$ ), erkek ağırlığı ile ampulla ağırlığı arasında ( $r=0.893$ ,  $p<0.01$ ,  $n=14$ ) güçlü ilişkiler bulunmuştur.

Spermatofor ağırlığı ile spermatofilaks arasında ( $r=0.996$ ,  $p<0.01$ ,  $n=14$ ) ve spermatofor ile ampulla ağırlığı arasında ( $r=0.972$ ,  $p<0.01$ ,  $n=14$ ) pozitif yönde güçlü bir ilişki bulunmuştur. *Isophya ilkazi*'de ampulla ağırlığı ile sperm sayısı arasında da pozitif yönlü zayıf bir ilişki vardır ( $r=0.537$ ,  $p<0.05$ ,  $n=14$ ). Erkekler artan ampulla ağırlığı ile paralel olarak daha fazla sayıda spermi dişilere transfer ederler.



Şekil 4.32 *I. ilkazi* 'ye ait spermatofor verilerinin vücut ağırlığı ve ampulla ağırlığı arasındaki ilişkiler (N=14)

#### 4.6 Tür gruplarındaki Türlerin Spermatofor Yatırımlarının Karşılaştırılması

##### 4.6.1 *Isophya zernovi* Grubunda Yer Alan Türlerin Spermatofor Yatırımları

*Isophya zernovi* tür grubuna ait türlerden 118 başarılı çiftleşme verisi alınabilmiştir. Türler arasındaki farklılığı anlayabilmek adına Tek Yönlü varyans (Anova) analizi yapılmış ve sonuçlar Çizelge 4.25'te verilmiştir.

Çizelge 4.25 *Isophya zernovi* grubuna ait türlerin karşılaştırılması (ANOVA, N=118)

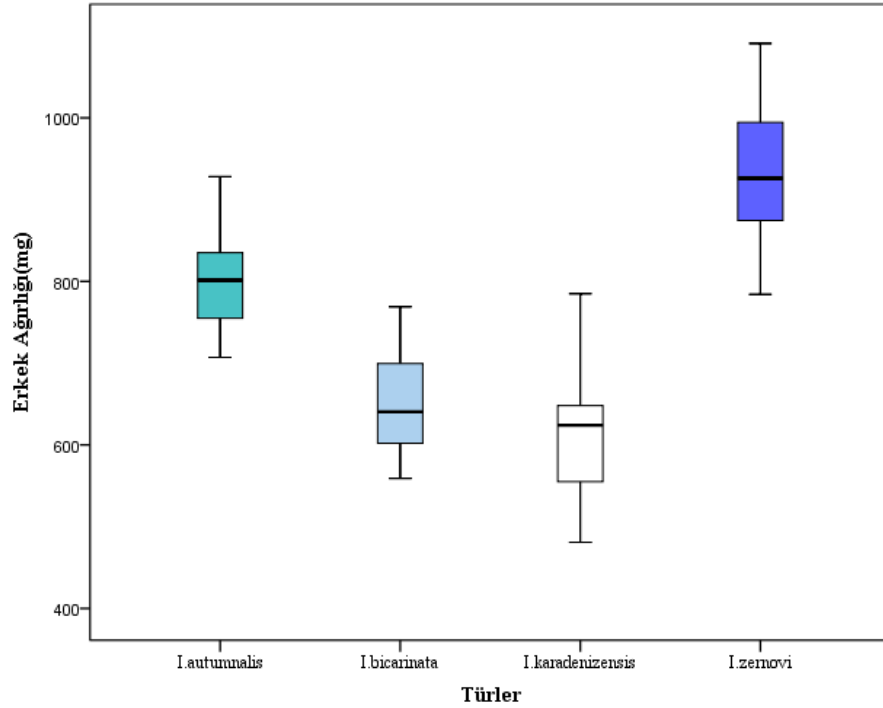
Değişkenler	Ortalamanın Karesi	F	p
Erkek Ağırlığı(mg)	661644.987	123.978	0.001
Dişi Ağırlığı(mg)	1459818.799	125.995	0.001
Spermatofor Ağırlığı(mg)	33681.177	50.568	0.001
Ampulla Ağırlığı (mg)	2396.637	30.911	0.001
Sperm Sayısı*10 <sup>4</sup>	724869.948	3.573	0.016

Elde edilen veriler dikkate alındığında çiftleşmelerde kullanılan erkek ve dişilerin vücut ağırlıkları karşılaştırıldığında türler arasında belirgin farklılıklar olduğu görülmüştür (Erkek:  $F_{123.995}$ ,  $p < 0.001$ , Dişi:  $F_{125.995}$ ,  $p < 0.001$ ) (Çizelge 4.25). *I. zernovi* grubunda yer alan türlerin erkek ağırlıkları detaylı karşılaştırıldığında *I. autumnalis* ile *I. zernovi* tüm türlerden farklılaşmıştır (Posthoc-Tukey,  $p < 0.001$ ). *I. karadenizensis* ise *I. autumnalis* ve *I. zernovi* 'den erkek ağırlığı açısından farklılaşırken *I. bicarinata*'nın da *I. autumnalis* ve *I. zernovi*'den farklılaştığı görülmektedir (Posthoc-Tukey,  $p < 0.001$ ) (Şekil 4.33). *I. bicarinata* 'nın erkeklerinin diğer türler ile karşılaştırıldığında daha ağır olduğu, *I. karadenizensis*'in erkeklerinin ise en hafif vücut ağırlığına sahip olan tür olduğu görülmektedir (Şekil 4.33). Tür grubunda çiftleşmeden önceki dişi ağırlıkları karşılaştırıldığında tüm türlerin farklılaştığı görülmektedir (Posthoc-Tamhane,  $p < 0.001$ ) (Şekil 4.34). *I. zernovi* grubunda yer alan dişilerin ortalama ağırlıklarına bakıldığında ise *I. zernovi*'de dişilerin diğer türlere oranla daha ağır oldukları, *I. karadenizensis*'de ise daha hafif oldukları görülmektedir.

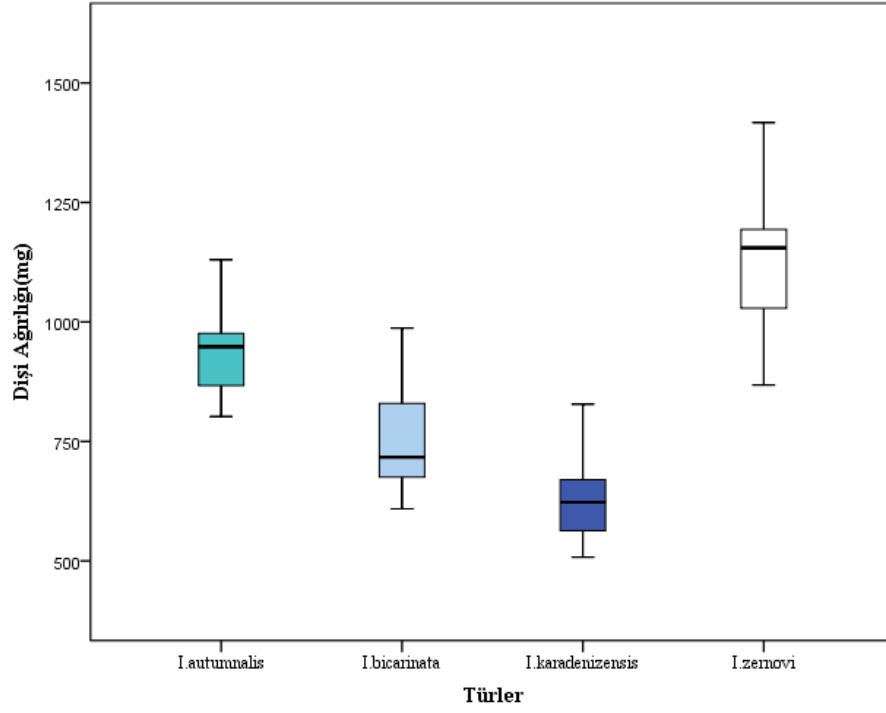
Çiftleşmeler sırasında erkeklerin dişilere transfer ettikleri spermatoforun ağırlıkları arasında da türler arasında belirgin farklılıklar bulunmuştur ( $F_{3,50.568}$ ,  $p < 0.001$ ) (Çizelge 4.25). Türler arasında spermatofor ağırlıkları karşılaştırıldığında *I. autumnalis* ile *I. karadenizensis* ve *I. bicarinata* arasında (Posthoc-Tamhane,  $p < 0.001$ ), *I. karadenizensis* ile *I. autumnalis* ve *I. zernovi* arasında (Posthoc-Tamhane,  $p < 0.001$ ), *I. bicarinata* ile *I. autumnalis* ve *I. zernovi* arasında (Posthoc-Tamhane,  $p < 0.001$ ), *I. zernovi* ile *I. karadenizensis* ve *I. bicarinata* arasında (Posthoc-Tamhane,  $p < 0.001$ ) farklılaşmalar bulunmuştur. Türler arasındaki spermatofor ağırlıklarının ortalamasına bakıldığında ise *I. autumnalis*'in en ağır spermatofora sahip olduğu görülürken, en hafif spermatofor ortalamasına ise *I. karadenizensis*'de rastlanmaktadır (Şekil. 4.35).

Spermatoforun sperm içeren bölümü olan ampullanın ağırlığı incelendiğinde *I. zernovi* grubu türleri içerisinde önemli bir farklılığa sahiptir ( $F_{3,30.911}$ ,  $p < 0.001$ ) (Çizelge 4.25). Türler arasındaki detaylı ampulla ağırlıkları arasındaki ilişki incelendiğinde *I. autumnalis* ile *I. karadenizensis* ve *I. bicarinata* arasında (Posthoc-Tamhane,  $p < 0.001$ ), *I. karadenizensis* ile tüm türler arasında (Posthoc-Tamhane,  $p < 0.001$ ), *I. bicarinata* ile *I. karadenizensis* ve *I. autumnalis* arasında (Posthoc-

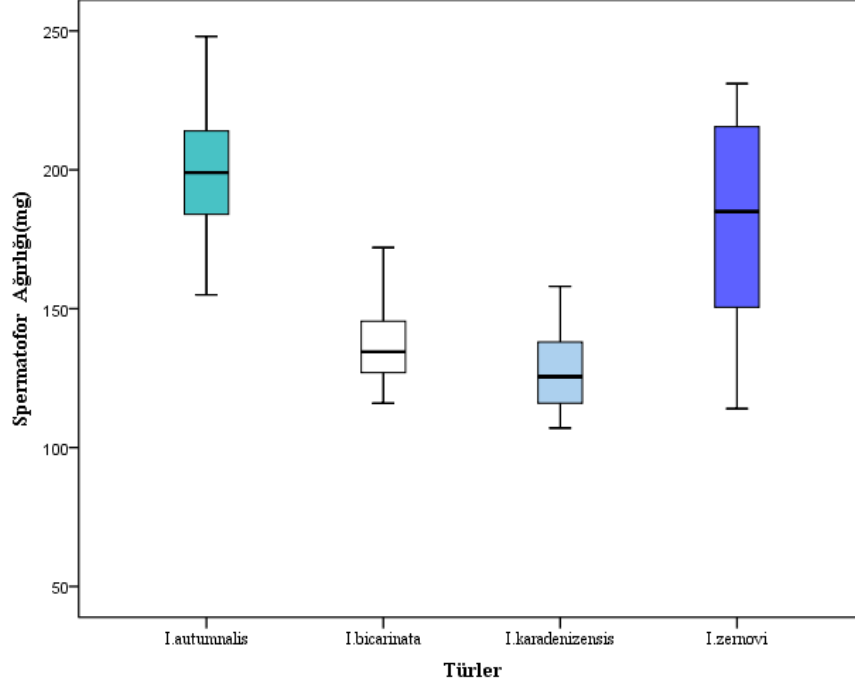
Tamhane,  $p<0.001$ ), *I. zernovi* ile *I. karadenizensis* arasında (Posthoc-Tamhane,  $p<0.001$ ) farklılaşma görülmektedir. *I. zernovi*'de ampulla ağırlığının diğer 3 türe oranla daha ağır olduğu, *I. karadenizensis*'de ise daha en hafif ağırlığa sahip olduğu görülmektedir (Şekil 4.36). Türler arasında dişilere transfer edilen sperm sayılarının karşılaştırılması incelendiğinde, *I. zernovi* grubundaki türler arasında sperm sayısı açısından belirgin farklılaşma görülmemektedir ( $F_{3,573}$ ,  $p=0.016$ ) (Çizelge 4.25) (Şekil 3.37).



**Şekil 4.33** *I. zernovi* grubu türlerinde çiftleşmeden önceki erkek vücut ağırlıklarının durumu (*I. autumnalis*, N=27; *I. bicarinata*, N=29, *I. karadenizensis*, N=30, *I. zernovi*, N=32).

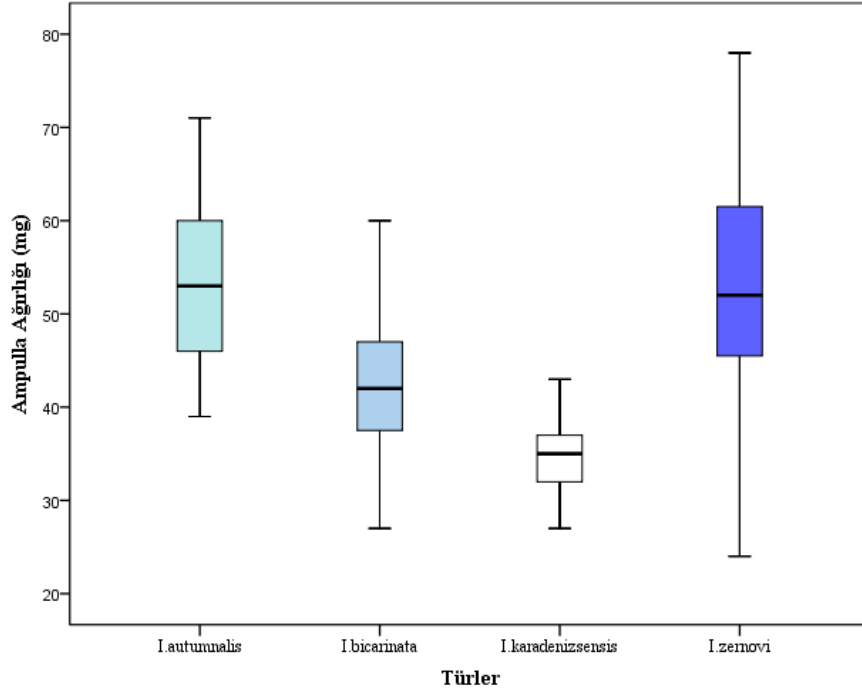


**Şekil 4.34** *I. zernovi* grubu türlerinde çiftleşmeden önceki dişi vücut ağırlıklarının durumu (*I. autumnalis*, N=27; *I. bicarinata*, N=29, *I. karadenizensis*, N=30, *I. zernovi*, N=32)

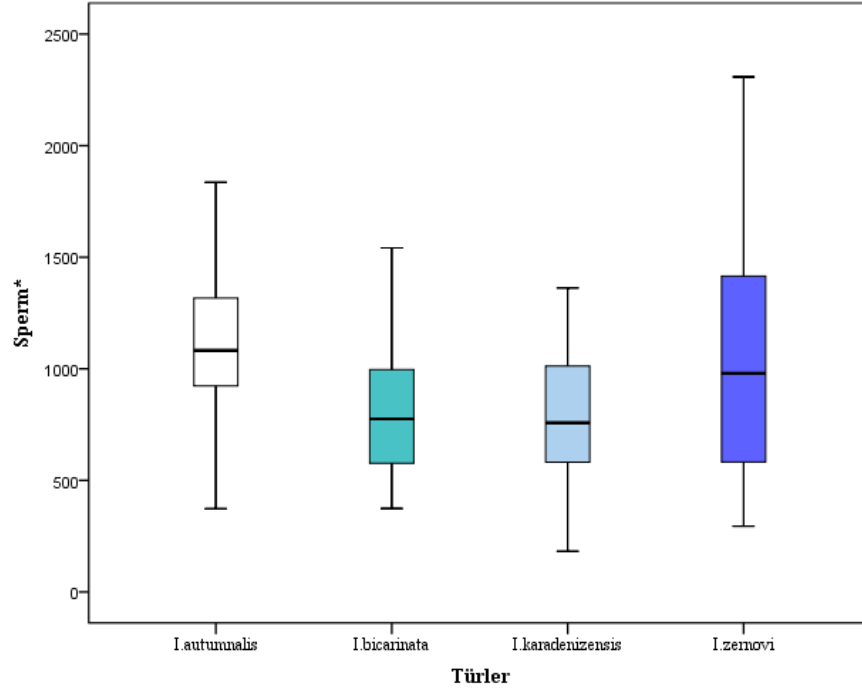


**Şekil 4.35** *I. zernovi* grubu türlerinde çiftleşme sırasında transfer edilen spermatofor ağırlıklarının durumu (*I. autumnalis*, N=27; *I. bicarinata*, N=29, *I. karadenizensis*, N=30, *I. zernovi*, N=32)



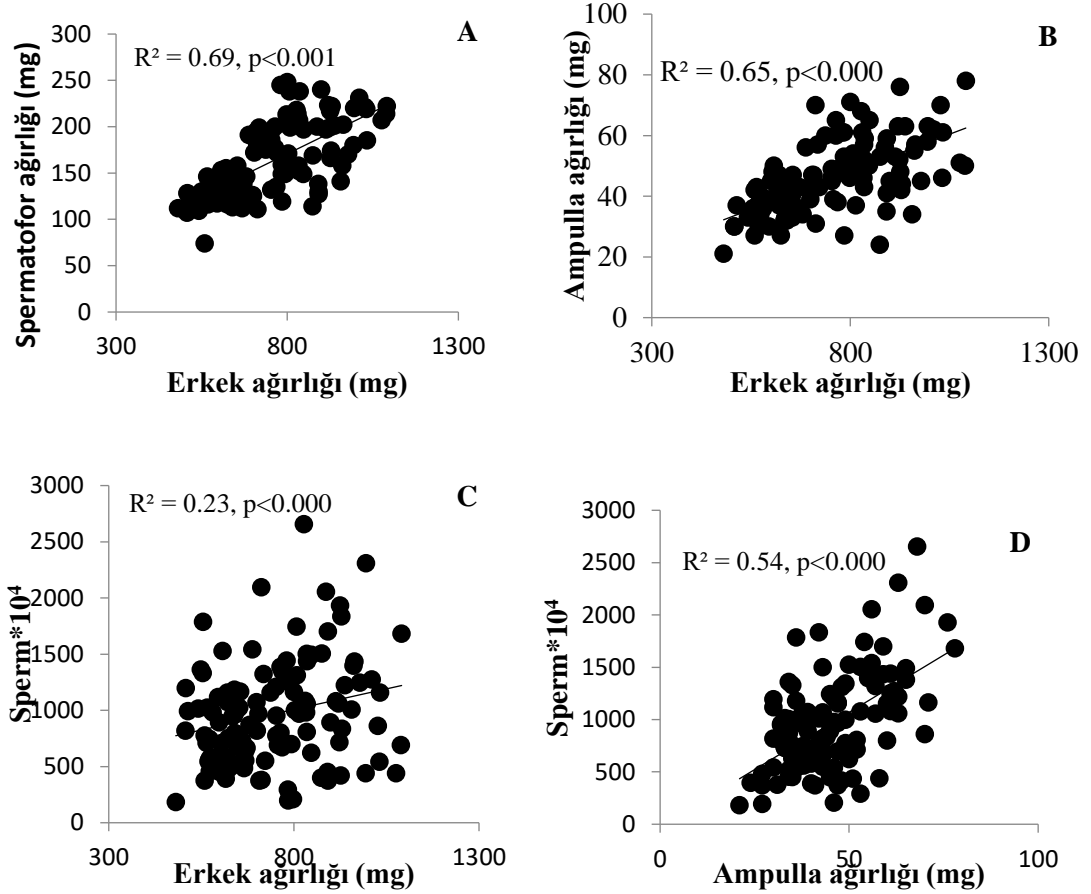


**Şekil 4.36** *I. zernovi* grubu türlerinde çiftleşme sırasında transfer edilen ampulla ağırlıklarının durumu (*I. autumnalis*, N=27; *I. bicarinata*, N=29, *I. karadenizensis*, N=30, *I. zernovi*, N=32)



**Şekil 4.37** *I. zernovi* grubu türlerinde çiftleşme sırasında transfer edilen sperm sayısının durumu (*I. autumnalis*, N=27; *I. bicarinata*, N=29, *I. karadenizensis*, N=30, *I. zernovi*, N=32)

*I. zernovi* grubundaki türlerin çiftleşme verilerinin tamamı incelendiğinde çiftleşmeye katılan erkeklerin ağırlığı arttıkça ürettikleri spermatofor ağırlığının da arttığı görülmektedir ( $R^2=0.69$ ,  $p<0.001$ , doğrusal regresyon) (Şekil 4.38 A). Yapılan analizler incelendiğinde erkek ağırlığı ile ampulla ağırlığı arasında da güçlü bir ilişki görülmekte, erkek ağırlığı arttıkça ampulla ağırlığı da artmaktadır ( $R^2=0.69$ ,  $p<0.001$ , doğrusal regresyon) (Şekil 4.38 B). *I. zernovi* grubunda yer alan türlerde artan erkek ağırlığı az da olsa sperm artışını desteklemektedir ( $R^2=0.23$ ,  $p<0.001$ , doğrusal regresyon) (Şekil 4.38 C). Erkeklerin dişilere aktardıkları spermatofor ağırlığı ile ilişkili olarak ampulla ağırlığı arttıkça sperm artışının olduğu tespit edilmiştir ( $R^2=0.54$ ,  $p<0.001$ , doğrusal regresyon) (Şekil 4.38 D).



**Şekil 4.38** *I. zernovi* grubuna ait türlerin tamamına ait spermatofor verilerinin vücut ağırlığı ve ampullayla olan ilişkileri (*I. autumnalis*, N=27; *I. bicarinata*, N=29, *I. karadenizensis*, N=30, *I. zernovi*, N=32)

#### 4.6.2 *Isophya rectipennis* Grubunda Yer Alan Türlerin Spermatofor Yatırımları

*I. rectipennis* tür grubundan; *I. rectipennis* türünden 27, *I. nervosa* türünden 27, *I. ilkazi* türünden 14, *I. stenocauda stenocauda* türünden 25 ve *I. stenocauda obenbergeri* türünden 30 başarılı çiftleşme olmak üzere toplam 123 başarılı çiftleşme elde edilmiştir. Türler arasındaki farklılığı anlayabilmek adına Tek Yönlü Varyans (ANOVA) analizi yapılmış ve sonuçlar Çizelge 4.20’de verilmiştir. Elde edilen veriler dikkate alındığında çiftleşmelerde kullanılan erkek ve dişilerin vücut ağırlıkları karşılaştırıldığında genel olarak türler arasında farklılık olduğu görülmüştür (Erkek:  $F_{62.830}$ ,  $p<0.001$ , Dişi:  $F_{46.068}$ ,  $p<0.001$ ) (Çizelge 4.26) (Şekil 4.39 ve Şekil 4.40). *I. rectipennis* grubundaki erkeklerin vücut ağırlıkları karşılaştırıldığında *I. ilkazi* ve *I. nervosa* arasında (Posthoc-Tamhane,  $p<0.001$ ), *I. nervosa* ile *I. stenocauda stenocauda* ve *I. stenocauda obenbergeri* arasında (Posthoc-Tamhane,  $p<0.001$ ), *I. rectipennis* ile *I. stenocauda stenocauda* arasında (Posthoc-Tamhane,  $p<0.001$ ), *I. stenocauda stenocauda* ile tüm türler arasında (Posthoc-Tamhane,  $p<0.001$ ) istatistiki olarak anlamlı farklılık olduğu tespit edilmiştir (Şekil 4.39). Türler arasındaki dişi vücut ağırlıkları ele alındığında ise *I. ilkazi* ve *I. stenocauda stenocauda* arasında (Posthoc-Tukey,  $p<0.001$ ), *I. nervosa* ile *I. stenocauda stenocauda* ve *I. stenocauda obenbergeri* arasında (Posthoc-Tukey,  $p<0.001$ ), *I. rectipennis* ile *I. stenocauda stenocauda* ve *I. stenocauda obenbergeri* arasında (Posthoc-Tukey,  $p<0.001$ ), *I. stenocauda stenocauda* ile tüm türler arasında (Posthoc-Tukey,  $p<0.001$ ), *I. obenbergeri* ile *I. nervosa*, *I. rectipennis* ve *I. stenocauda stenocauda* arasında istatistiki olarak anlamlı farklılıklar bulunmuştur (Posthoc-Tukey,  $p<0.001$ ) (Şekil 4.40).

**Çizelge 4.26** *Isophya rectipennis* tür grubuna ait türlerin spermatofor yatırımının karşılaştırılması

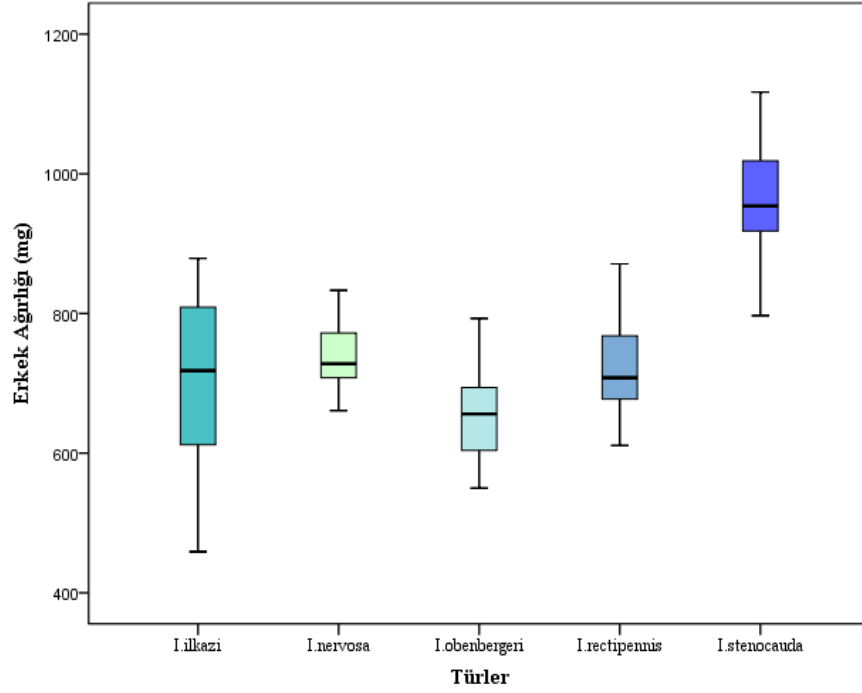
<i>Isophya rectipennis</i> grubu türleri arasında			
Değişkenler	Ortalamanın Karesi	F	p
Erkek Ağırlığı (mg)	340178.716	62.830	0.001
Dişi Ağırlığı (mg)	515632.558	46.068	0.001
Spermatofor Ağırlığı(mg)	28917.848	40.263	0.001
Ampulla Ağırlığı(mg)	822.215	15.466	0.001
Sperm*10 <sup>4</sup>	546097.602	8.156	0.001

Çiftleşme sırasında erkek tarafından oluşturulan spermatofor ağırlıkları açısından türler arasında önemli farklılık görülmektedir ( $F_{40.263}$ ,  $p < 0.001$ ) (Çizelge 4.26). Spermatofor ağırlığı açısından türler arasındaki farklılığın derecesi detaylı olarak incelendiğinde, *I. nervosa* ile *I. stenocauda stenocauda* arasında (Posthoc-Tamhane,  $p < 0.001$ ), *I. rectipennis* ile *I. stenocauda stenocauda* arasında (Posthoc-Tamhane,  $p < 0.001$ ), *I. stenocauda stenocauda* ile *I. nervosa*, *I. rectipennis* ve *I. stenocauda obenbergeri* arasında (Posthoc-Tamhane,  $p < 0.001$ ), *I. obenbergeri* ile *I. stenocauda stenocauda* arasında (Posthoc-Tamhane,  $p < 0.001$ ), farklılaşmalar görülmüştür (Şekil 4. 41).

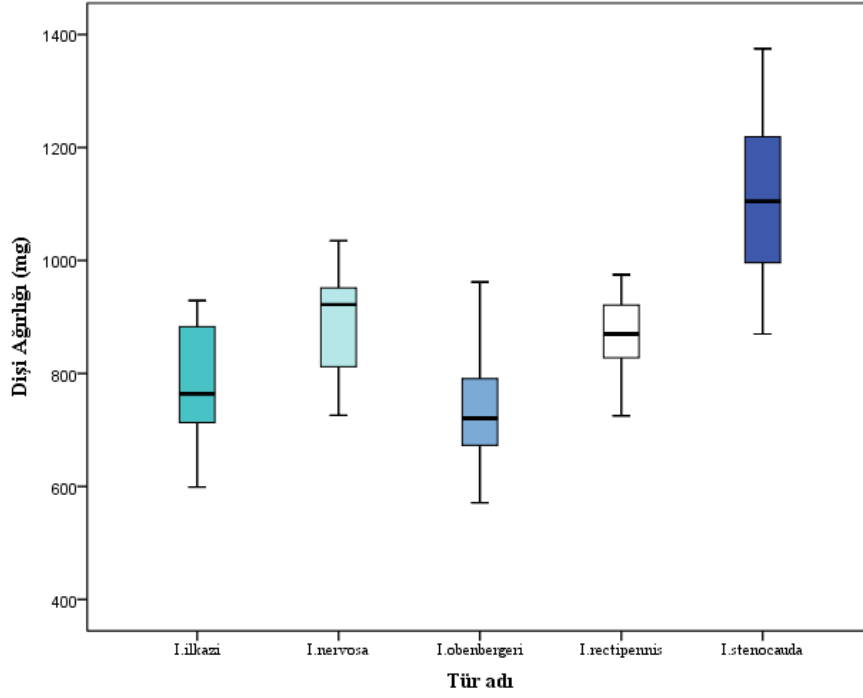
*I. stenocauda stenocauda* alttüründeki ortalama spermatofor ağırlığı diğer türlere oranla oldukça yüksektir, *I. rectipennis* türünde ise spermatofor ağırlığı *I. stenocauda stenocauda* türüne daha yakın seyretmektedir. *I. nervosa*, *I. ilkazi* ve *I. stenocauda obenbergeri* türlerinde ortalama spermatofor ağırlıkları birbirine yakın seyrederken, en düşük spermatofor ağırlığına *I. stenocauda obenbergeri* alttürünün sahip olduğu görülmektedir (Şekil. 4.41). *I. ilkazi* türünde ilaveten spermatofor ağırlığının diğer türlerle kıyaslandığında farklılaşmadığı da görülmüştür.

*I. rectipennis* tür grubu içerisinde yer alan türler arasında ampulla ağırlıkları açısından da önemli farklılıklar görülmektedir ( $F_{15.466}$ ,  $p < 0.001$ ) (Çizelge 4.25). Türler arasında ampulla ağırlıkları açısından detaylı kıyaslamalar yapıldığında, *I. nervosa* ile *I. stenocauda stenocauda* arasında (Posthoc-Tamhane,  $p < 0.001$ ), *I. rectipennis* ile *I. stenocauda stenocauda* arasında (Posthoc-Tamhane,  $p < 0.001$ ), *I. stenocauda stenocauda* ile *I. rectipennis*, *I. stenocauda stenocauda* ve *I. stenocauda obenbergeri* arasında (Posthoc-Tamhane,  $p < 0.001$ ) farklılaşmalar olduğu görülmektedir (Şekil 4.42). *I. stenocauda stenocauda* alttüründe ampulla ağırlığının ortalama olarak diğer türlere oranla daha ağır seyrederken, *I. nervosa* türünde ise ampullanın daha küçük olduğu görülmektedir. *I. stenocauda* ve *I. rectipennis* diğer üç türden belirgin şekilde farklı olduğu tespit edilmiştir. Özellikle *I. rectipennis*'te spermatofor ağırlığı diğer türlerden daha küçükken ampulla ağırlığı bazı türlerden daha büyüktür. *I. ilkazi*'de ampulla ağırlığı grubun ortalaması civarında olduğu ve diğer türlerden önemli derecede farklılaşmadığı görülmektedir.

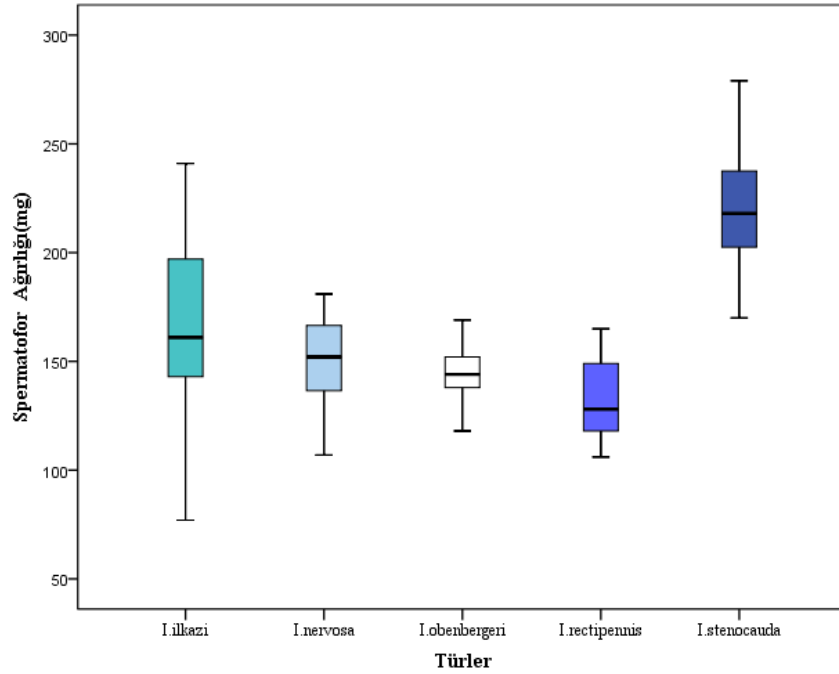
Türler arasında sperm sayısı açısından karşılaştırma yapıldığında bazı türler açısından önemli farklılıklar olduğu görülmektedir ( $F_{8,156}$ ,  $p < 0.001$ ) (Çizelge 4.25). Sperm yatırımı açısından *I. stenocauda stenocauda* ile *I. nervosa* ve *I. rectipennis* türleri açısından önemli farklılaşmanın olduğu görülmektedir (Posthoc-Tukey,  $p < 0.001$ ) (Şekil 4.43). *I. ilkazi* ve *I. stenocauda obenbergeri* de sperm sayısı açısından önemli bir farklılaşma bulunamamıştır.



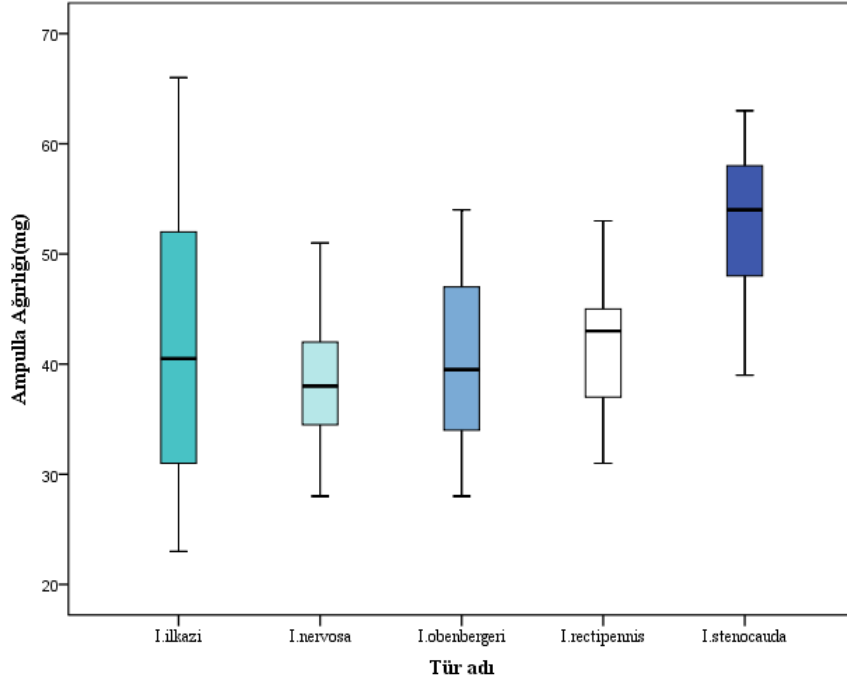
**Şekil 4.39** *I. rectipennis* grubu türlerinde çiftleşmeden önceki erkek vücut ağırlığının durumu (*I. nervosa*, N=27, *I. ilkazi*, N=14, *I. obenbergeri*, N=30, *I. stenocauda*, N=25, *I. rectipennis*, N= 27)



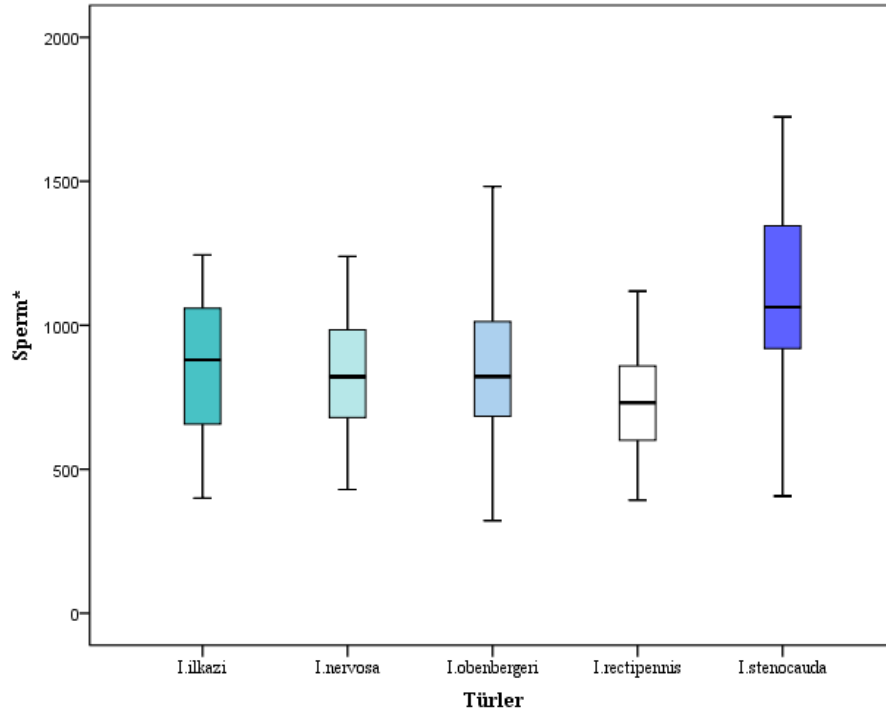
**Şekil 4.40** *I. rectipennis* grubu türlerinde çiftleşmeden önceki dişi vücut ağırlığının durumu (*I. nervosa*, N=27, *I. ilkazi*, N=14, *I. obenbergeri*, N=30, *I. stenocauda*, N=25, *I. rectipennis*, N= 27)



**Şekil 4.41** *I. rectipennis* grubu türlerinde spermatofor ağırlığına (erkek) ilişkin durumu (*I. nervosa*, N=27, *I. ilkazi*, N=14, *I. obenbergeri*, N=30, *I. stenocauda*, N=25, *I. rectipennis*, N= 27)

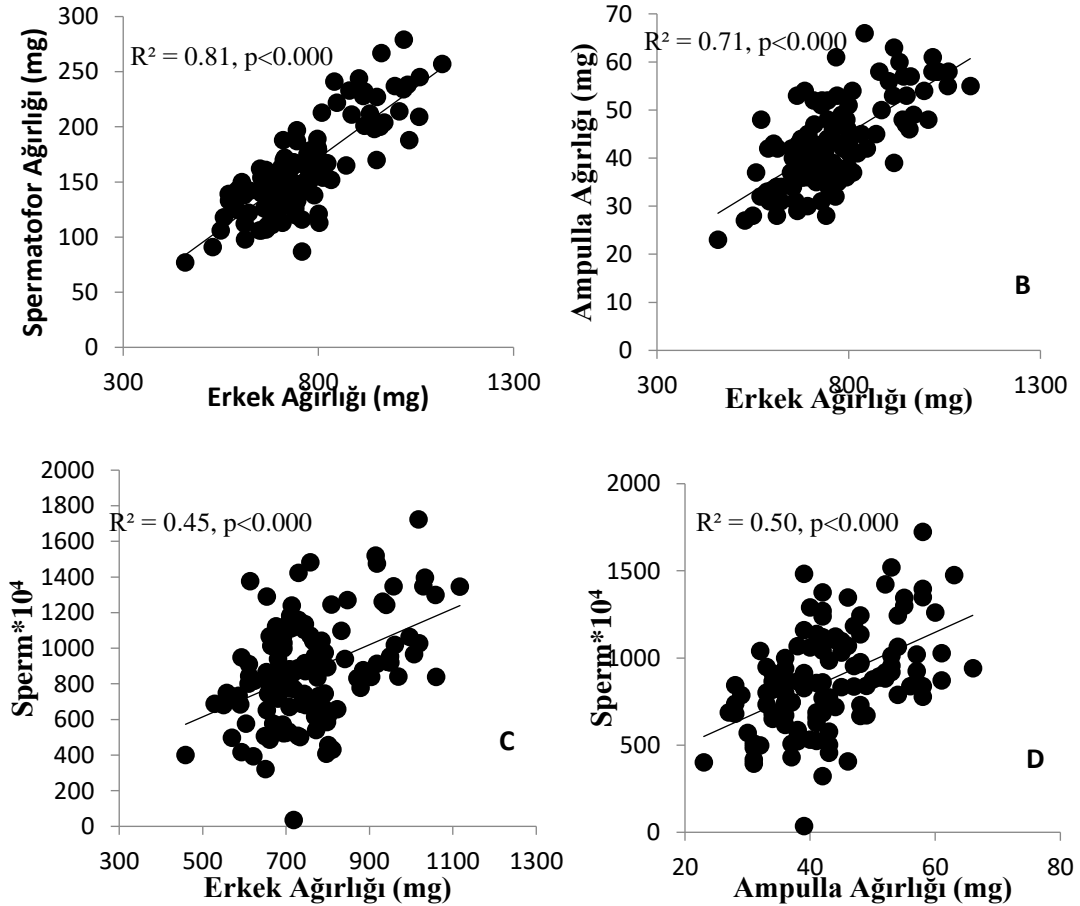


**Şekil 4.42** *I. rectipennis* grubu türlerinde ampulla ağırlığına (erkek) ilişkin durumu (*I. nervosa*, N=27, *I. ilkazi*, N=14, *I. obenbergeri*, N=30, *I. stenocauda*, N=25, *I. rectipennis*, N= 27)



**Şekil 4.43** *I. rectipennis* grubu türlerinde sperm sayısına ilişkin durumu (*I. nervosa*, N=27, *I. ilkazi*, N=14, *I. obenbergeri*, N=30, *I. stenocauda*, N=25, *I. rectipennis*, N= 27)

*I. rectipennis* grubundaki türlerin çiftleşme verilerinin tamamı incelendiğinde çiftleşmeye katılan erkeklerin ağırlığı arttıkça ürettikleri spermatofor ağırlığının da arttığı görülmektedir ( $R^2=0.81$ ,  $p<0.001$ , Doğrusal Regresyon) (Şekil 4.44 A). Yapılan istatikselsel analizler incelendiğinde erkek ağırlığı ile ampulla ağırlığı arasında da güçlü bir ilişki görülmektedir ve erkek vücut ağırlığı arttıkça ampulla ağırlığı da artmaktadır ( $R^2=0.71$ ,  $p<0.001$ , Doğrusal Regresyon) (Şekil 4.44 B). *I. zernovi* grubunda yer alan türlerde artan erkek vücut ağırlığı az da olsa sperm artışını desteklemektedir ( $R^2=0.45$ ,  $p<0.001$ , Doğrusal Regresyon) (Şekil 4.44 C). Erkeklerin dişilere aktardıkları spermatofor ağırlığı ile ilişkili olarak artan ampulla ağırlığı sperm artışını bu tür grubunda desteklemektedir ( $R^2=0.50$ ,  $p<0.001$ , Doğrusal Regresyon) (Şekil 4.44 D).



**Şekil 4.44** *I. rectipennis* grubuna ait türlerin tamamına ait spermatofor verilerinin vücut ağırlığı ve ampulla ile olan ilişkileri (*I. ilkazi*, N=14; *I. nervosa*, N=27, *I. rectipennis*, N=27, *I. stenocauda stenocauda*, N=25, *I. stenocauda obenbergeri*, N=30)



## 5. TARTIŞMA ve SONUÇ

Birçok böcek grubunda yapılan çalışmalar incelendiğinde erkekler dişilere çiftleşme sırasında veya çiftleşmeden hemen sonra düğün hediyesi olarak nitelendirilen çeşitli ürünleri/hediyeleri sunarlar (Vahed, 1998; Gwynne, 2010; Fedorka ve Sevgili, 2014). Bu hediyeler uzunanteni çekirgelerde (Ensifera) spermatofor olarak isimlendirilmekte ve çiftleşme sırasında erkek tarafından dışinin genital açıklığına transferi gerçekleşmektedir (Wedell, 1993; Vahed, 1998; Gwynne, 2001). Tettigonidlerde yapılan davranış çalışmaları incelendiğinde, spermatofor ağırlığının tür içinde ve türler arasında geniş bir varyasyona sahip olduğu (Wedell, 1993; Vahed ve Gilbert, 1996; McCartney ve ark., 2008) ve spermatofor ağırlığının türler arasında oldukça değişken olmakla birlikte ve genellikle erkeğin vücut ağırlığı/büyüklüğü ile pozitif ilişkili olduğu görülmektedir (Wedell, 1993; Vahed, 1998; McCartney ve ark. 2008; Sevgili ve ark., 2015).

Tez çalışması kapsamında *I. zernovi* ve *I. rectipennis* tür gruplarında yer alan dokuz türe ait çiftleşme verileri alınarak türler ve tür grupları arasında detaylı analizlere tabi tutulmuştur. *I. zernovi* ve *I. rectipennis* tür gruplarından toplamda 241 başarılı çiftleşme elde edilmiştir. Her iki tür grubunda yer alan 9 türe ait çiftleşme yatırımları incelendiğinde en düşük yatırım *I. rectipennis*'de görülmüş olup erkekler vücut ağırlıklarının %18.38'ini spermatofor olarak oluştururken, en yüksek oran ise *I. karadenizensis*'te bulunmuştur ve bu türde erkekler vücut ağırlıklarının % 26.93'ünü spermatofor olarak dişilere nakletmişlerdir. *I. zernovi* grubunda spermatoforun vücut ağırlığına oranı %23.36 bulunurken *I. rectipennis* grubunda bu oran %21.24 olarak hesaplanmıştır. İncelenen 9 türe ait spermatofor oranı ise %22.19 olarak bulunmuş olup incelenen *Isophya* cinsine ait türlerde spermatofor yatırımının yüksek olduğu görülmektedir. Barbitistini tribusuna ait türler dikkate alındığında spermatoforun erkeğin vücut ağırlığına oranı % 2 ile (*Anonconotus alpinus*, Vahed 2002) %40 arasında (*Ephippiger ephippiger*, Wedell ve Ritchie 2004) değişen bir varyasyona sahip olduğu görülmektedir. *Isophya* cinsine yakın akraba olan *Poecilimon* cinsi sıklıkla model organizma olarak çalışılmış ve bu cinse ait birçok türün spermatofor yatırımı incelendiğinde spermatofor yatırımının cins içerisinde genellikle yüksek düzeyde/degree sahip olduğu, en küçük spermatofor ağırlığının *P. laevissimus*'da dahi erkeğin vücut ağırlığının %6.1'ini oluşturduğu bildirilmiştir

(McCartney ve ark., 2008). Bununla birlikte bazı çalı çekirgesi türlerinde spermatofor yatırımı çok daha küçük olabilmektedir. Örneğin *Mecopoda elongata* (Orthoptera: Tettigoniidae) ve *Meconema thalassinum* (Orthoptera: Tettigoniidae) türlerinde erkek bireyler, nadiren vücut ağırlığının %1'i kadar spermatofor oluşturmaktadır, bazen de hiç spermatofor oluşturmamaktadır (McCartney ve ark., 2008). Barbitistini (Tettigoniidae: Phaneropterinae) tribusundan çekirge cinslerine ait türlerin spermatofor verileri dikkate alındığında ise, cinsler arasında, erkeğin vücut ağırlığına göre spermatofor yatırımlarının değiştiği görülmektedir (Çizelge 5.1) (Sevgili ve ark., 2015). Uzun antenli çekirgelerden Barbitistini tribüsüne ait (Phaneropterinae) *Isophya* ve *Poecilimon* cinslerine ait türlerin mevcut spermatofor verilerine bakıldığında, yaklaşık 90 türe sahip *Isophya* cinsinde çok az sayıda türün çalışıldığı anlaşılmaktadır. Bugüne kadar yapılmış çalışmalarda *I. amplipennis*, *I. pavelii*, *I. speciosa*, *I. sikorai*, *I. kraussi* ve *I. horon* (Sevgili, 2018) türlerine ilişkin bazı spermatofor verilerine ilave olarak (*I. sikorai* dışında incelenen örnek sayısının çok az olduğu ve dar kapsamlı verilere ulaşılabildiği görülmektedir (Can, 1959; Voigt ve ark., 2005; Uma ve Sevgili, 2015)). Tez çalışmasına konu olan dokuz türün (*I. karadenizensis*, *I. bicarinata*, *I. zernovi*, *I. autumnalis*, *I. rectipennis*, *I. ilkazi*, *I. nervosa*, *I. obenbergeri* ve *I. stenocauda*) verileri de eklenerek *Isophya* cinsine ait onbeş türün çiftleşme yatırımlarına ait ortalamaların oluşturulmasıyla birlikte *Isophya* cinsinin *Leptophyes* (Vahed ve Gilbert, 1996), *Poecilimon* (McCartney ve ark., 2008), *Phonochorion* (Sevgili ve ark., 2015) ve *Polysarcus* (Vahed ve Gilbert, 1996) cinsleriyle spermatofor yatırımlarının karşılaştırılması Çizelge 5.1'de verilmiştir.

**Çizelge 5.1** Barbitistini (Tettigoniidae: Phaneropterinae) tribüsüne dahil çekirge cinslerine ait türlerin literatürde verilmiş spermatofor verilerinin cins düzeyindeki özeti (Sevgili ve ark., 2015'ten değiştirilmiş)

Cinsler	EA (mg)	SPF (mg)	SPFX (mg)	AMP (mg)	SP*10 <sup>4</sup>	%SPF
<i>Leptophyes</i> (4)	250	39	32	6	694	15.61
<b><i>Isophya</i>(15)</b>	<b>760</b>	<b>163</b>	<b>120</b>	<b>41</b>	<b>5546</b>	<b>21.61</b>
<i>Poecilimon</i> (37)	794	140	106	22	5576	17.72
<i>Phonochorion</i> (2)	1074	125	98	23	2119	11.70
<i>Polysarcus</i> (1)	1688	239	221	48	3620	14.21

Yapılan araştırmalar değerlendirildiğinde ülkemizde yayılış gösteren türlerin büyük bir kısmına ilişkin veri bulunmadığı görülmüştür. Diğer taraftan Palearktik'te 140' dan fazla türe sahip *Poecilimon* cinsine ait sadece 40 kadar türün spermatofor yapılarınının çalışılmış olması da önemli bir eksiklik olarak görülmektedir (McCartney ve ark., 2008).

Cinsler ve türler arasında spermatofor yatırımını belirleyen en önemli etkenin vct büyüklüğü/ağırlığı bilinmektedir. Dolayısıyla erkeklerin normalde daha büyük vcda sahip cinslerde oransal olarak daha ağır spermatofor oluşturmaları beklenirken mevcut sonuçlar bu hipotezi desteklememektedir (Sevgili ve ark. 2015). *Leptophyes* cinsi vct ağırlığı ortalamasının dört katı kadar daha ağır olan *Phonochorion* cinsi türlerinde oransal olarak çok daha kk spermatofor üretildiği görülmektedir. Her bir cinsin kendi içerisinde spermatofor yatırımı bağlamında özgün genetik bir yapıya sahip olduğu anlaşılmaktadır. Diğer yandan cins içerisindeki geniş varyasyon da türe özgü genetik faktörlerin varlığını destekler. Örneğin *Poecilimon* cinsi içerisinde eşeyin çiftleşmeye hazır eşeyi arama stratejileri dişinin erkeğin ağrı sesine cevap verebilme durumuna bağlı olarak değişmektedir (McCartney ve ark. 2012). Çiftleşme için harcanan maliyet (fizyolojik) ve riskler (predasyon, parazit vb) spermatofor yatırımının cins içerisinde esneklik (plasticity) gösteren bir özellik olarak evrilmesine yol açmıştır. Bu durum farklı eşey arama stratejiler için çalışılan tüm *Poecilimon* türlerindeki spermatofor ve içeriklerinin tamamı için de geçerli değildir (Sevgili, 2022). Ancak türlerde çiftleşme sıklığı, yaş, çiftleşme durumu gibi özellikler de spermatofor yatırımını etkileyen diğer önemli unsurlardır.

Çiftleşme davranışı ve üreme kararı evrimsel uyum gücünün önemli anahtarlarıdır ve erkekler için spermatoforun maliyeti oldukça yüksektir. Spermatoforun besinsel değeri oldukça yüksektir hatta *Isophya kraussi*'de olduğu gibi dişiler sadece çiftleşme döneminde tükettikleri spermatofor ile hayatta kalabilirler (Voigt ve ark., 2005). Özellikle iftleşme için gerekli kaynaklar sınırlı olduğunda erkeğin ürettiği ejakulatı çiftleşmeleri arasında stratejik olarak paylaştırması beklenir (Lehmann, 2009; Lehmann, 2012). Erkeklerin iftleşmelerde spermatofor ve içeriklerini dişinin kalitesi ve sperm rekabeti arasındaki ilişkiye göre de ayarladığı yapılan çalışmalarda bildirilmiştir (Reinhold ve ark., 2002). Teorik

modellere göre erkeklerin dişinin kalitesine göre sperm paylaşımı yapmalarını ön görürken yapılan deneysel çalışmalar gösteriyor ki erkeklerin özelliklerinin (yaş, ağırlık, vücut büyüklüğü, çiftleşme statüsü gibi) spermatofor ve sperm paylaşım stratejileri üzerinde oldukça etkilidir (Wedell ve Cook, 1999b). Örneğin *I. skorai*'de spermatoforun boyutu ve sperm sayısı yaş, sperm rekabeti ve dişinin kalitesi gibi çeşitli faktörlerden etkilendiği ifade edilmiştir (Sevgili ve ark., 2015).

### **5.1 Spermatofor Yatırımının Tür Grupları Bazında Evrimi ve Davranışsal Parametrelerin Karşılaştırılması**

*Isophya* cinsi hakkında yapılan morfolojik, biyoakustik ve moleküler çalışmalar incelendiğinde monofiletik tür grupları şeklinde (10 tür grubu) bir dallanma gösterdiği görülmektedir (Sevgili, 2004; Sevgili ve ark., 2006; Chobanov ve ark., 2017; Sevgili, 2018; Sevgili, 2020).

Tez çalışması kapsamında *I. zernovi* (*I. autumnalis*, *I. zernovi*, *I. bicarinata* ve *I. karadenizensis*) ve *I. rectipennis* (*I. rectipennis*, *I. ilkazi*, *I. nervosa*, *I. stenocauda stenocauda* ve *I. stenocauda obenbergeri*) tür gruplarına ait toplam dokuz türe diyagnostik karakterine ait morfolojik yapıların ölçümü yapılmıştır. Ayrıca, her bir türe ait çiftleştirme çalışmalarından elde edilen spermatofor ve içeriklerine ait (spermatofilaks, ampulla ağırlığı ve sperm sayısı) veriler değerlendirilmiştir. Monofiletik iki tür grubu olan *I. zernovi* ve *I. rectipennis* türleri hep birlikte grup bazında değerlendirildiğinde morfolojik ölçümlerden elde edilen PC1 bileşeni ile spermatofor ve içerikleri (spermatofilaks, ampulla ağırlığı ve sperm sayısı) arasındaki yatırım ilişkileri incelendiğinde spermatofor ve spermatofilaks açısından bir farklılaşmanın olmadığı görülmüştür. Ancak ampulla ve sperm sayısı gibi özellikler bakımından tür grupları arasında farklılık olduğu saptanmış ve bu durum üreme davranışında etkili biyoakustik parametreler gibi doğrudan üremeye ilgili özelliklerin de grup bazında ayrışmaya uğrayabildiğine işaret etmektedir. Çalışmalarında morfoloji ve biyoakustik farklılaşma en temel iki fenotipik özelliktir. Ancak bu iki özelliğin türlerde birlikte evrilmiş olduğu anlamına gelmemektedir. Örneğin Tettigoniidae familyasından *Parapholdioptera* ve *Eupholdioptera* cinslerinde erkeklerin çağrı sesleri birbirlerine oldukça benzer iken genital morfolojileri son derece farklılaşmıştır (Heller, 2005). Bu çalışmaya konu olan *Isophya* cinsinde ise özellikle erkek çağrı sesleri türler arasında belirgin bir

farklılaşmaya uğramıştır (Sevgili, 2004; Sevgili ve ark. 2006). Allopatrik ve simpatrik popülasyonlarda, biyoakustik ve genital morfolojik özelliklerin evriminin türler arasında oldukça varyasyonel olduğu bilinmektedir (Heller, 2005). Spermatofor ve içeriğinin oluşturulması fizyolojik ve dış çevresel özelliklerin etkisi altında şekillenirken, üreme başarısını arttıracak davranışsal stratejilerin şekillendirebileceği bir esneklik gösterir. O nedenle spermatofor özelliklerinin türler veya tür grupları arasında morfoloji ve ses gibi prezigotik izolasyonda rol alan özelliklere göre farklılaşmalarının daha belirgin olması beklenemez.

Farklı coğrafi bölgelerin habitatlarında ve iklimsel özelliklerinde evrimleşmiş popülasyonlarda eşeyssel seçilimle ilgili davranışsal ve üremeye ait özellikler de belirli seçimler sonucu atasal popülasyonlarda farklılaşma olması beklenen bir sonuçtur. *Isophya* cinsi içerisinde tür gruplarının farklılaşması yaklaşık 5 milyon yıl öncesinde (Pliyosen) başlamış tür grupları içerisindeki ayrışma/türleşme özellikle Avrupa ve Anadolu'da popülasyonları belirli bölgelerde izole kalmasına neden olan veya bazı popülasyonların yayılış alanlarını daha güneye genişletmesine neden olan Pleistosen buzul/buzularası dönemlerinde (Hewitt, 2000) (Yaklaşık 2 milyon yıl önce) başlamıştır (Chobanov ve ark., 2017). Nispeten yakın zamanlarda ayrılan *Isophya* türlerinde genel olarak allopatrik türleşme yaygın olsa da farklı tür gruplarına ait bazı türler aynı alanda yayılış gösterir ve fenolojileri de büyük ölçüde benzerdir (örn. Ilgaz Dağı, *I. ilkazi*, *I. obenbergeri* ve *I. staneki* türleri). Ancak bu tür yayılış gösteren türlerde biyoakustik ve genetik karakterler, türlerin ayırımında önemli araçlardır (Chobanov ve ark., 2017; Sevgili, 2004). Ancak spermatofora ait özellikler, tür düzeyinde çok belirgin olarak ayrışmamıştır. Çünkü spermatofor büyüklüğü ve sperm sayıları hem genetik hem de çevresel faktörlerin (beslenme, vücut büyüklüğü, stratejik çiftleşme davranışı ve aktif eşey oranı gibi) etkisi altında değişebilen esnekliğe sahiptir. Asıl bireyin genetik özellikleri önemli olup spermatofor büyüklüğü büyük ölçüde X kromozomu üzerindeki genlerle belirlenen vücut büyüklüğü parametresinden etkilenmektedir (Reinhold, 1994). Reinhold (1994) yaptığı çalışmada *Poecilimon veluchianus*'un iki alt türü arasında spermatofor büyüklüğü açısından fark olsa da testis büyüklükleri arasında fark olmadığını bildirmiştir. O halde özgün genetik faktörlerin ifadesinde, çevresel faktörler (karşı eşeyin durumu, rekabet, eşey oranı vs.) ve bireyin fizyolojik durumu (beslenme

durumu, parazitli olup olmaması vs.) gibi etkenler ile spermatofor ve içeriğinin ayarlanması gerçekleştirilmektedir. Diğer taraftan *Gryllus* (Orthoptera: Gryllidae) cinsine ait türde yapılan çalışmada seminal sıvı proteinleri ile ilgili olarak, erkek aksesuar bezlerinde ifade edilen 22 genin spermatofor veya seminal sıvıdaki proteinleri kodlayan genler olduğu tespit edilmiştir (Andre ve ark., 2008). Bu tür çalışmalar spermatofilaks ve ejakulat özelliklerinin birbirinden ayrı genlerle kontrol edildiğini ve zigotun şekillenmesinde sadece yumurta ve spermin değil dişiye spermle birlikte transfer edilen seminal sıvı proteinlerinin de çok önemli olduğunu göstermektedir.

Sonuç olarak, spermatofor ve içeriklerinin, türler ve monofiletik tür grupları arasında belirgin bir şekilde farklılaşmadığı tespit edilmiştir. Ancak, döllemede aktif rol alan spermlerin (bu çalışmada sperm sayılarını ele aldık) ve onları taşıyan ampulla ağırlığının tür grupları bazında istatistiksel bir farklılaşmanın olması bazı fizyolojik parametrelerin de evrimsel tür grupları bazında şekillenebileceğine işaret etmektedir. Elde yeterli veri olmasa da tamamen kurakçıl ortama adapte olmuş *Isophya sikorai*'nin Karadeniz bölgesindeki türlerden çok belirgin bir şekilde sperm sayılarının az oluşu belki de iklimsel ve habitat farklılıklarının üreme parametrelerindeki farklılaşmada çok daha etkili olabileceğini göstermektedir. *Ephippiger diurnus*'un (Orthoptera: Tettigoniidae) sekiz ayrı popülasyonunda yapılan araştırmada birkaç bölge spermatofor büyüklüğü bakımından birbirlerinden çok farklı iken bazı bölgeler arasında önemli bir farklılık tespit edilmemiştir (Barbosa ve ark. 2017). Bu durumda türün o bölgelerdeki popülasyon yoğunluğu, predasyon riski gibi çevresel etkiler dışında erkeğin ses oluşturma ve bağışıklık için harcadığı enerjiyle de değiş-tokuş yapma zorunluğu ile açıklanabilmektedir. Zira yüksek düzeyde su ve protein içeren spermatofilaksın üretimi yüksek maliyet gerektirmektedir (Vahed, 1998; Lewis ve ark., 2012).

## **5.2 Spermatofor Yatırımını Belirleyen En Önemli Faktör Vücut Büyüklüğü/Ağırlığıdır**

Vücut büyüklüğü birçok hayvan grubunda olduğu gibi böceklerde de önemli biyolojik özelliklerden birisidir. Vücut büyüklüğü çekirgelerde üreme başarısı (Gwynne ve ark., 1984; Fedorka ve ark., 2007; McCartney ve ark., 2008; Sevgili ve ark., 2015; Uma ve Sevgili, 2015), düşük predasyon riski (Whitman, 2008) ve

bağışıklık (Rantala ve Roff, 2005; Sevgili, 2019) gibi birçok hayati fonksiyonu etkilemektedir. Kısa gelişim periyoduna sahip bazı çekirgeler Bergmann Kuralı'na uygun olarak yüksek ve daha soğuk alanlarda yaşayanların vücut büyüklükleri fazla olurken (Blanckenhorn ve Demont, 2004), çekirgeler ve birçok farklı böcek grubunda bu kuralın tersine alçak ve daha sıcak bölgelerdeki popülasyonlarda vücut büyüklüğünün daha fazla olduğu saptanmıştır (Blanckenhorn ve Demont, 2004; Eweleit ve Reinhold, 2014; Whitman, 2008; Shelomi, 2012). Tez kapsamında çalışılan türlerin önemli bir kısmı yüksek dağ popülasyonlarıdır. Bu türler güneydeki türlerle karşılaştırıldığında (*I. mesinensis*, *I. salmani*, *I. rodsjankoi* ve *I. splendida* gibi) hemen hemen benzer vücut büyüklüğüne sahiptirler. Fakat çok daha sıcak bölgede yayılış gösteren (Güneydoğu Anadolu) ve baharın ilk aylarında (Mart-Nisan) erginleşen *I. skorai* cinsin diğer türlerine oranla daha küçük vücut büyüklüğüne sahip bir türdür (Uma ve Sevgili, 2015).

Yapılan araştırmalar incelendiğinde *Isophya* türleri kapsamında yükseklik ve sığa bağlı vücut büyüklüğü parametrelerinin Bergmann veya Rensch kuralına uyup uymadığı bütünsel olarak araştırılmamıştır. Fakat yakın cinslerden biri olan *Poecilimon* cinsine ait *P. veluchianus*, Ramme iki alt türü üzerinde yapılan çalışmada vücut büyüklüğünün bu iki kurala da uymadığı ve ekolojik koşulların (yükseklik, sıcaklık, besin bulunabilirliği, popülasyon yoğunluğu gibi) vücut büyüklüğünde etkili olduğu ifade edilmiştir (Eweleit ve Reinhold, 2014). Bununla birlikte, Çıplak ve ark. (2008) yaptıkları çalışmada *Poecilimon birandi* popülasyonlarının vücut büyüklüğü parametresi bakımından Bergmann kuralına uyduğu bildirilmiştir. Diğer taraftan eşeyssel dimorfizm açısından hayvanların çoğunda olduğu gibi böceklerde genel olarak dişiler erkeklere oranla daha küçük vücut ölçülerine sahiptirler. Bu araştırmada çalışılan *Isophya* cinsine ait türlerin tamamında dişiler erkeklerden belirgin olarak daha büyüktür. Çekirgelerde vücut büyüklüğü dişi biaslı olup bu durum daha çok erkek ve dişi arasındaki fenotipik esneklikle ilgili olup genetik kökenlidir (Whitman, 2008; Stillwell ve ark., 2010).

Tez çalışması kapsamında *I. zernovi* ve *I. rectipennis* tür grubuna ait dokuz türün, materyal ve yöntem kısmında belirtilen morfolojik yapılarından ölçümler alınmış ve türler ve tür grupları düzeyinde morfolojik ölçümler elde edilmiştir. Morfolojik ölçümler dikkate alınarak elde edilen veriler karşılaştırıldığında, her tür

grubuna ait türlerin, birbirlerinden belirgin farklar gösterdiği ve tür düzeyinde ayrıştığı tespit edilmiştir. Bu durum geleneksel olarak böcek ve birçok diğer hayvan grubunun taksonomisinde kullanılan vücut büyüklüğü parametrelerinin *Isophya* cinsinin türleri için de ergin erkek ve dişilerde oldukça güvenilir olduğuna işaret etmektedir (Sevgili, 2004). Çalışılan türlerin tamamında ve grup düzeyinde belirgin olarak dişilerin erkeklere göre daha büyük vücut ölçülerine sahip oldukları görülmüştür. *I. rectipennis* ve *I. zernovi* tür grupları arasında yapılan kıyaslamada *I. rectipennis* grubu erkeklerinin *I. zernovi* grubu erkeklerinden daha büyük olduğu bulunmuştur. Buna uyumlu olacak şekilde *I. rectipennis* dişilerinin de aynı şekilde *I. zernovi* grubu dişilerden daha büyük olduğu görülmüştür. Çalışılan tüm türler açısından bir kıyaslama yapıldığında ise dişilerin erkeklerden daha büyük vücutlu olduğu görülmektedir. Ancak Orthoptera takıma ait 1503 türün vücut boyutu dimorfizminin incelendiği çalışmada dişilerin %9 oranında erkeklerden daha büyük vücutta sahip olduğu ifade edilmiştir (Hochkirch ve Gröning, 2008). Dişi bireylerin, erkeklere oranla daha büyük vücutlu olmalarının sebebi olarak da büyük oranda sperm depo edebilme, taşıdıkları yumurtaların büyük olması, gelişimsel süreçler ve yumurtaların küme ya da sıralı olarak ortama bırakılmaları, dişilerin üretkenliğinin vücut büyüklüğü üzerinden değerlendirilmesi (Honek, 1993), büyük dişilerin hastalıklara karşı daha dirençli olması (Andersson, 1993) gibi birçok parametreden kaynaklanabileceği düşünülmektedir.

*I. zernovi* tür grubunda yer alan türlerin vücut büyüklükleri incelendiğinde, *I. zernovi* türünün diğer türlere oranla daha büyük vücut yapısına sahip olduğu, *I. karadenizensis* türünün ise en küçük vücut boyutuna sahip tür olduğu görülmektedir. *I. rectipennis* tür grubundaki türler incelendiğinde ise daha önce ayrı türler olarak bilinen ve Ünal (2010) tarafından alt türler olarak değerlendirilen *I. stenocauda stenocauda*'nın diğer türlere oranla daha büyük vücut yapısına sahip olduğu, *I. stenocauda obenbergeri*'nin ise en küçük vücut ölçülerine sahip olduğu görülmektedir. *I. rectipennis* tür grubunda yer alan *I. stenocauda stenocauda* alttürü daha çok İç Anadolu Batı Karadeniz iklimsel geçişlerinin olduğu zonlarda yayılış gösteren bir tür olup grupta yer alan diğer türlere göre daha büyük vücut yapısına sahiptir. *I. nervosa* tam olarak İç Anadolu bölgesinin, özellikle orta ve kuzey kesimlerinde yayılış gösteren tam bir step türüdür. *I. obenbergeri* Maran (1958)



tarafından Ilgaz Dağı'ndan tanımlanmış bir türdür. Daha sonra Ünal (2010) tarafından *I. stenocauda*'nın alt türü olarak ele alınmıştır. Ancak tez çalışması sırasında yapılan arazi araştırmaları ve morfolojik ölçümler bu iki türün orjinaldeki gibi ayrı türler olarak ele alınması gerektiği ve *I. stenocauda*'nın alt tür olamayacağını teyit etmektedir. Bu durumda *I. stenoocauda* Çorum civarında yayılış gösterirken *I. obenbergeri* Ilgaz Dağı ve Kastamanu'nun kuzey kesimlerinden Sinop'a doğru yayılış göstermektedir.

*Isophya* cinsi içerisindeki türlerde ise *I. straubei* ve *I. staneki* gibi türler grubun en büyük vücut ölçülerine sahip türlerini oluşturmaktadır (Sevgili, 2004). *I. staneki* türü sadece Ilgaz dağları ve Kastamonu'dan birkaç lokaliteden tespit edilmiş, endemik ve zarif bir tür olup arazi çalışmaları sırasında Ilgaz dağı popülasyonlarına rastlanılmıştır. *Isophya* cinsindeki türler incelendiğinde vücut büyüklüğü açısından türler arasında uç örneklerle rastlanılmamaktadır, ancak morfolojik karakterler açısından (fastigium, pronotum uzunlukları, femur uzunlukları ve ovipozitör uzunlukları gibi) oldukça fazla varyasyona sahiptir.

*I. zernovi* tür grubunda yer alan türlerden özellikle *I. karadenizensis* türü Doğu Karadeniz Bölgesi'nin iklimsel şartlarının hakim olduğu dar bir alanda yayılış göstermekte ve diğer türlerden morfolojik ölçümler açısından farklılık göstermektedir. *I. zernovi* grubunun farklı renklemelere sahip ve daha büyük vücut ölçülerine sahip yüksek dağ türüdür. *I. zernovi* grubundaki türlere bakıldığında hemen hemen hepsi yüksek dağ özelliği gösteren alanlarda yayılış göstermektedir. Dolayısıyla farklı yükseltilerde ve farklı lokasyonlarda vücut büyüklüğü açısından fenotipik farklılaşmanın olması beklenen bir durumdur.

Vücut büyüklüğü parametreleri yumurta sayısı, gelişim oranı veya gelişim süresinden etkilenir ve bu süreçler hem genetik/ fizyolojik fonksiyonlar hemde çevresel faktörler (sıcaklık, besinin bulunabilirliği gibi) tarafından yönetilen özelliklerdendir (Nijhou, 2003; Roff, 1993). Türler arasındaki vücut büyüklüğü parametrelerindeki farklılıkların nedenlerini anlamak için türlerin gelişim süreçlerini etkileyen unsurların anlaşılır bir şekilde çalışılması gerekir. Genel olarak *I. zernovi* ve *I. rectipennis* tür grubunda bazı türlerin yayılış alanları kısmen benzer iklim parametlerine sahipse de (örneğin *I. autumnalis*, *I. zernovi*, *I. bicarinata*, *I. ilkazi* ve

*I. stenacauda obenbergeri* gibi) yayılış gösterdikleri habitatlardaki lokal mikroklimatik özellikler, beslendikleri bitkisel çeşitlilik, yumurta bıraktıkları toprak yapısı, kış/yaz uzunluğu gibi çevresel faktörlerdeki çeşitlilik belirli sınırlar içerisinde fenotipik bir esnekliğin oluşmasına neden olmuştur.

Sonuç olarak çalışılan türlerdeki morfolojik ölçümler, vücut büyüklüğü ile ilgili kısımlar olup türler arasında önemli derecede farklılaşmalar göstermektedir. Ancak vücut büyüklüğü parametrelerinin gen/çevre etkileşimi ile belirlendiği, genetik polimorfizm ve fenotipik esneklikle birlikte popülasyon içinde “platikurtik” bir vücut büyüklüğü dağılımına neden olacağı ifade edilmektedir (Whitman, 2008). Örneğin 500 m’den 2000 m’ye kadar yayılış gösteren *I. obenbergeri* türünde farklı zamanlarda ve çevre koşullarında yumurtadan çıkma ve gelişim süresindeki farklılıklar vücut büyüklüğü üzerinde geniş bir varyasyon oluşmasına yol açabilmektedir (Örneğin Sinop ve Ilgaz popülasyonu). Diğer taraftan bazı çalıçekirgesi türlerinde (örn. *Poecilimon thessalicus*) popülasyondaki eşeylerin vücut büyüklüğü eşeylerin durumuyla ilgili olup Rench kuralına uygun olarak vücut büyüklüğü arttıkça eşeysel dimorfizm farkının azalmasına ve erkek dişi arasındaki vücut büyüklüğü farkının kaybolmasına yol açmaktadır (örneğin popülasyonlardaki dişinin arka femur uzunluğu arttıkça, aynı popülasyondaki erkeklerin de arka femur uzunluğu artış göstermektedir) (Lehmann ve ark., 2008). Vücut büyüklüğünün popülasyonlardaki ve dağılım alanlarındaki durumunu anlamak ve *Isophya* cinsi içerisinde genelledebilmek için bu amaca yönelik ilave çalışmalara ihtiyaç vardır.

Orthoptera takımına ait *Teleogryllus commodus*, *Acheta domesticus*, *Gryllus bimaculatus* ve *Gryllus assimis* türlerinin incelendiği çalışmada da, benzer olarak erkek vücut büyüklüğü ile her bir spermatofordaki sperm sayısı arasında, hem tür içinde hem de türler arasında pozitif ilişki bulunmuş olup büyük erkeklerin büyük spermatofor ile daha fazla sperm transferinde buldukları dört tür için de doğrulanmıştır (Sturm, 2014). İlave olarak çalıçekirgelerinde yapılan birçok çalışmada da benzer ilişkinin varlığından söz edilmektedir (Wedell, 1993; Wedell, 1997; Brown, 2008; McCartney ve ark., 2008). Ampulla kütlesi ile transfer edilen ejakulat hacmi (boyutu) transferi gerçekleştiren spermatozoa ile de ilişkilendirilmektedir (McCartney ve ark., 2008). Yukarıda verilen bazı bulgular ve burada değinilmeyen bir çok araştırma sonuçları ile bu çalışmadan elde edilen

sonuçların uyumlu olduğu görülmektedir. *I. rectipennis* tür grubunda, erkeğin vücut büyüklüğü ile spermatofor, spermatofilaks, ampulla ağırlığı ve sperm sayısı açısından pozitif ilişki bulunmuştur. *I. zernovi* tür grubunda ise benzer olarak erkeğin vücut büyüklüğü ile spermatofor, spermatofilaks ve ampulla ağırlıkları arasında pozitif ilişkinin varlığı görülürken, erkeğin vücut büyüklüğü ile sperm sayısı arasında bir ilişki bulunamamıştır. *I. zernovi* ve *I. rectipennis* tür grubunda yer alan tüm türlerin morfolojik verileri ve spermatofor içerikleri karşılaştırıldığında ise erkeğin vücut büyüklüğü ile spermatofor, spermatofilaks ve ampulla ağırlıkları arasında pozitif ilişki bulunurken, erkeğin vücut büyüklüğü ile sperm sayısı arasında negatif yönlü bir ilişki bulunmuştur. Büyük vücudun bilinen ya da bilinmeyen avantaj ve dezavantajları vardır (Weissman ve ark., 2008; Whitman, 2008). Birçok böcek türünde büyük bireyler daha güçlüdür, daha düşük oranda metabolik atıklara sahiptirler (Fielding ve Defoliart, 2008) ve fizyolojik fayda sağlayacak birçok avantaja sahiptirler (Whitman, 2008). Hayvanlar alemine bakıldığında büyük erkekler tipik olarak daha rekabetçidir, alanlarını genişletip daha iyi koruyabilirler ve genellikle kazanan taraf olabilirler (Thornhill ve Alcock, 1983). Orthoptera takımında ise büyük erkekler daha güçlü çağrı sesleri oluştururlar (Judge ve ark., 2008; Morris, 2008; Römer ve ark., 2008) ve küçük erkeklere kıyasla, dişiler için daha dikkat çekicidirler (Lehmann ve Lehmann, 2007; Lehmann ve Lehmann, 2008). Erkeklerin oluşturdukları akustik sinyallerin, dişilere, erkeğin ağırlığı (ya da büyüklüğü) ve yapacağı spermatofor yatırımı hakkında bilgi verdiği, bu sebepten dişilerin çiftleşmelerinde daha ağır erkeklere yönelerek, daha ağır spermatofor kazanıp net fayda sağlama eğiliminde oldukları da yapılan çalışmalarda bildirilmiştir (Lehmann ve Lehmann, 2008). Bu çalışmada çalışılan türlerin tamamında erkekler tipik çağrı sesleri oluşturmaktadır. Bu çalışmada bu yönde bir karşılaştırma yapılmamışsa da akustik sinyal vücut büyüklüğü ile ilişkili olup, çağrı sesleri vücut büyüklüğü kalitesi ve dolayısıyla bununla pozitif ilişkili olan spermatofor kalitesiyle ilgili bilgi vermektedir (*Poecilimon zimmeri*; Lehmann ve Lehmann, 2008).

Spermatofor büyüklüğü ve sperm sayısı arasındaki pozitif ilişkiyi ifade eden çalışmaların aksine *Poecilimon veluchianus* ve *P. jonicus jonicus* (Reinhold ve von Helversen, 1997; Reinhold ve Sevgili, 2007)'da ve bir kelebek türü olan *Pieris rapae* (Cook ve Wedell, 1996)'de sperm sayısı ile vücut büyüklüğü arasında ilişki

bulunmamaktadır. Dolayısıyla her zaman spermatofor ve sperm sayısı arasında pozitif ilişki görülmeyebilir. Örneğin yakın grup olarak, *Phonochorion* cinsine ait 2 türün incelediği çalışmada da *P. artvinensis*'in erkeğin büyük vücut yapısı ile spermatofor ve ampullanın ağırlığının fazla olduğu ifade edilirken yakın tür olan *P. uvarovi*'nin daha az sperm içerdiği bildirilmiştir.

Sonuç olarak benzer çalışmalarda da ifade edildiği gibi (*Grylloides sigilatus* ve *Gryllus texensis* (Schaus ve Sakaluk, 2001), *Poecilimon* cinsi (McCartney ve ark., 2008), Avrupa çalıçekirgeleri için (Vahed ve Gilbert, 1996), 74 kelebek türü (Gage, 1994) vb.) vücut büyüklüğü ve sperm sayısı arasındaki ilişkinin varlığı ya da yokluğu aynı cins içerisinde dahi değişebilen bir özelliktir. Genel olarak büyük vücut, büyük düğün hediyesi anlamı taşısa da döllemede asıl rol alan, sperm sayısında bu pozitif ilişki bozulabilmektedir. Hediyeinin boyutu ile ilişkili olarak birçok türde olduğu gibi (Gwynne, 1984; Wedell, 1997; Vahed, 1998) *I. rectipennis* ve *I. zernovi* tür grubuna ait türlerde de üreme başarısını arttırmaya yönelik bir evrimsel özellik olduğunu belirtmek yerinde olacaktır. Ancak eşeylerin yaşı, virgin olup olmamaları, hastalık durumları, populasyon yoğunlukları gibi faktörler de bir özelliğın fenotipik olarak ifade edilmesini etkileyebilmektedir.

### **5.3 *Isophya* Cinsinde Spermatophylax ve Ampulla/ampulla ve Sperm Sayısı Arasındaki İlişkiler Genel Olarak Ejakulat Koruma Hipotezine Olan Uygunluğa İşaret Etmektedir**

Spermatofilaks ile ampulla kütlesi ya da sperm sayısı arasındaki pozitif ilişkinin, yapılan birçok çalışmada ejakulat koruma hipotezini desteklediğine yönelik bulgular mevcuttur (Boldyrev, 1915; Wedell, 1993; Reinhold ve Heller, 1993; Vahed ve Gilbert, 1996; McCartney ve ark., 2008). Erkeğın bir çiftleşmedeki çiftleşme başarısını açıklayan ejakulat koruma hipotezine göre, erkeğın üretmiş olduğu hediyeinin boyutu ile çiftleşme başarısı arasında doğru orantı bulunmaktadır (Gwynne, 1984; Gwynne, 2001; Simmons, 2001; Vahed ve Gilbert, 1996). Çiftleşme çabası ya da ejakulat koruma hipotezinde önerildiği üzere hediye sperm transferini tamamlamadan tüketilmemelidir ve bu hipotez birçok deneysel çalışma tarafından defalarca sınanmıştır (Vahed, 1998; Gwynne, 2001; McCartney, 2010). Tek eşli dişilerde erkekten kabul edilen sperm, tüm yumurtaların döllelenmesi için yeterliyken (Simmons, 2001) birçok hayvan grubunda da görüldüğü gibi, dişi böcekler de birden

fazla erkekten sperm kabul edilebilmektedir. Dişiler spermi, uzun süre depo edebilecek “spermetaka” adı verilen sperm depolama organına sahiptirler ve yumurtalarını dölleyecek spermleri kontrol altında tutabilirler (Simmons, 2001). Özellikle poliandri gösteren dişilerle çiftleşen erkeklerin olası rekabette başarılı olabilmek için ejakulat hacmini artırmaları beklenir (Simmons, 2001; McCartney, 2010). Tüm bilgilerle ilişkili olarak spermatofilaks ejakulatu koruyarak dölleme başarısını artırır. Bununla birlikte spermatofilaks, hediyeinin boyutuna bağlı olarak vaktinden önce ampulla ve onun kalıntısı olan spermin uzaklaştırılmasını önleyerek, (daha fazla yumurtanın, sperm tarafından dölleme şansı bulunduğu) erkeğin olası sperm rekabetindeki kazancını artırır (Reinhold ve Heller, 1993; Vahed ve Gilbert, 1996; Simmons, 2001; Gwynne, 1984; Gwynne, 2001; Wedell, 1992; McCartney, 2010). *Isophya* cinse ait *I. karadenizensis* ve *I. obenbergeri* hariç genel olarak türlerin ejakulatu koruma yönünde bir spermatofilaks bağladıkları anlaşılmaktadır. Ebeveyn yatırımı hipotezine uygunluk test edilmemişse de yapılan gözlemlerde dişilerin çiftleşmeden sonra spermatoforun zaman zaman tamamını tüketmedikleri görülmüştür. Bu durumda düğün hediyesinden tamamen beslenme amaçlı yararlanılmadığı sonucu çıkar. Yapılan araştırmalarla ilişkili olarak tez çalışmasında öne çıkan spermatofilaks ağırlığı ile ampulla ağırlığı ve sperm arasındaki ilişkiler, *I. rectipennis* ve *I. zernovi* tür grubunda spermatofor karakterleri literatüre ilk kez sunulacak olan dokuz türün ejakulat koruma hipotezine uygunluğunun test edilmesinde yol gösterici olacaktır. *I. bicarinata*, *I. rectipennis*, *I. stenocauda stenocauda*, *I. ilkazi* ve *I. nervosa* dahil olmak üzere 5 türde spermatofilaksın kütlesi ile ampullanın kütlesi arasında pozitif ilişki bulunarak ejakulat koruma hipotezini desteklemiştir. Benzer ilişki *Isophya* cinsine yakın bir grup olarak bilinen *Poecilimon* cinsine ait 33 türün incelendiği çalışmada da bulunmuştur (McCartney ve ark., 2008). Örneğin 43 Avrupa çalıçekirgesi türünde (Vahed ve Gibert, 1996) ve 19 Avusturya çalıçekirgesi üzerinde yapılan çalışmada (Wedell, 1993a; Wedell, 1994) ve ayrıca *Isophya skorai*'de (Uma ve Sevgili, 2015) de spermatofilaks ve ampulla ağırlığı arasında pozitif ilişki bulunmuştur Bu ilişki benzer çalışmalarda da belirtildiği üzere spermatofilaksın sperm transferini korumaya yönelik bir fonksiyonu olduğu hipotezini desteklemektedir (Reinhold ve Heller, 1993; Wedell, 1993a; Heller ve Reinhold, 1994; McCartney ve ark. 2008). *Poecilimon* cinsindeki bu ilişkilere zıt

bir bulgu olarak, *P. mytilensis* türünde ise oldukça büyük ampullaya daha küçük bir spermatofilaks yapısı eşlik etmiştir (Heller ve ark., 2004).

*I. zernovi* ve *I. autumnalis*'de ampulla kütlesi ve sperm sayısı arasında (ejakulat hacmi olarak da ifade edilir.) pozitif ilişki görülmüştür. Ancak ampulla ve sperm sayısı arasında ilişki olmadığını ifade eden çalışmalar da mevcuttur (Simmons ve ark. 1993; Geo ve Kang, 2006). *I. rectipennis*, *I. ilkazi* ve *I. nervosa*'da spermatofilaks ve ampulla ağırlığı arasındaki güçlü bir ilişkiye ilave olarak, ampulla kütlesi ve sperm sayısı arasında da güçlü ilişki varlığı göze çarpmaktadır. Dolayısıyla bu üç türde artan spermatofilaks kütlesiyle ilişkili olarak ampullanın ağırlığı ve içerdiği sperm sayısı artarak erkeğin hem çiftleşme başarısını hemde olası sperm rekabetindeki başarısını artırıcı yönde bir katkı sunduğu ifade edilebilir. Örneğin yakın bir grup olarak *Phonochorion* cinsine ait *P. uvarovi*'de spermatofilaks boyutu ile ilişkili olarak transfer edilen sperm sayısının arttığı ifade edilmektedir (Önal, 2013).

İlginç bulgulardan biri de *I. karadenizensis* ve *I. stenocauda obenbergeri*' de ise spermatofilaks, ampulla ve sperm sayısı arasında bir ilişkiye rastlanılmamış olmasıdır. Zira bu durum genel literatür sonuçlarına uygun olmayan bir sonuçtur. *I. karadenizensis* incelendiğinde, erkek ağırlığı ile spermatofor arasında bir ilişki görülmemiştir fakat spermatofor ile spermatofilaks ve ampulla ağırlığı arasında pozitif ilişki görülmektedir. Diğer taraftan *I. karadenizensis*'te erkeğin ağırlığı ile sperm sayısı arasında anlamlı negatif bir sonuç ortaya çıkmıştır. Çiftleşme denemeleri sırasında *I. karadenizensis* dışisinin diğer türlerden farklı olarak çiftleşmeye oldukça hızlı karar verdiği görülmüştür. Bu türün çiftleşmelerinde erkek bireyler diğer türlere oranla büyük spermatofor oluşturmuş, ancak dişilere daha az sperm transferinde bulunmuşlardır. Bu durum türün kendine özel stratejik bir çiftleşme davranışı olabilir. Çünkü bazı durumlarda erkek bireyler çok hızlı çiftleşebilirler ve ağırlığı azaltılmış spermatofor ile daha az sperm transferinde bulunurlar (Sturm, 2011). *I. karadenizensis*'de spermatofor ağırlığı ilk çiftleşme için ağırdır ve muhtelemen çiftleşmeye hızlı karar verilmesi sebebiyle, sperm sayısı azaltılarak çiftleşmeler arasında stratejik bir paylaşım yapılmaktadır.

*I. stenacauda obenbergeri*'de ise erkek vücut ağırlığı ile spermatofor (zayıf) ve ampulla (güçlü) ağırlığı arasında pozitif ilişki olup, erkeklerin ürettiği spermatoforun ağırlığı arttıkça, spermatofilaks ve ampulla ağırlığının da arttığı görülmüştür. Sonuç olarak, her iki türde de spermatofor ağırlığının artışı spermatofilaks ve ampulla kütleindeki artışla sonuçlanacaktır. Bu durum spermatofilaksın ejakulatı korumaya yönelik fonksiyonunu açıklamaktadır. Dişiler çiftleşmelerinden hemen sonra spermatofora yönelip önce spermatofilaksı ardından ise ampullayı tüketirler. Seçilim mekanizmaları ampulla ağırlığından ziyade spermatoforun maliyetli kısmı olduğu için spermatofilaksın ağırlığı üzerinde etkili olabilir ve ejakulatın hacmi eşeyssel seçilimin bir sonucu olarak sperm sayısından bağımsız olarak değişebilir (McCartney ve ark., 2010). Spermatofilaks ağırlığı ve sperm sayısı arasında *Phonochorion* türlerinde (*P. uvarovi* ve *P. artvinensis*) ve benzer olarak *Isophya* cinsine ait sekiz türde (*I. karadenizensis*, *I. zernovi*, *I. autumnalis*, *I. rectipennis*, *I. stenacauda*, *I. obenbergeri*, *I. ilkazi* ve *I. nervosa*) bir ilişki yokken, yakın grup olan *Poecilimon* türlerinde, *Requena verticalis*'te (Simmons ve ark., 1993; Reinhold ve von Helversen 1997; McCartney ve ark., 2008) ve *I. bicarinata*'da pozitif ilişki görülmektedir. Bu durum spermatofor yatırımının ve sperm üretiminin birbirinden bağımsız evrimleştiğinin göstergesi olabilir (Lehmann ve Lehmann, 2012).

#### **5.4 Spermatofor Parametreleri Türlerin Ayrımında Kullanılabilir mi?**

Türlerin birbirlerinden ayırt edilmesinde kullanılan klasik morfolojik, biyoakustik ve moleküler taksonomik karakterlerin tür içerisinde daha iyi korunmuş özellikler olduğu bilinmektedir. Bilindiği gibi karakterlerin ifadesinde ve fenotipin şekillenmesinde epigenetik faktörlerin de etkisi vardır (Macartney ve ark. 2018). Spermatoforun oluşumu vücut büyüklüğü, fizyolojik parametreler, karşı eşeyin durumu (örn. vücut ağırlığı, sağlıklı olup olmaması), populasyon yoğunluğu ve rekabet gibi faktörler altında evrilir ve oldukça esnek bir fenotipik özelliktir.

Çalı çekirgeleri düğün hediyesi olarak, jelatinimsi bir spermatofilaks ve ejakulat ile birlikte içerisinde sperm bulunduran bir ampullayı kapsayan spermatofor oluştururlar (Vahed, 1998, Lehmann ve Lehmann, 2012; Gwynne, 2001) ve erkeğin vücut büyüklüğü, ampulla kütlesi ve içerdiği sperm sayısı erkeğin çiftleşme başarısını açıklayan unsurlar olarak ifade edilir (Thornill ve Alcock, 1983; Wedell, 1997). Spermatofor yatırımı ile ilgili çalışmalar incelendiğinde taksonlar arasında

oldukça karmaşık bir durum söz konusu olmakla birlikte, birçok çalışmaya konu olmuştur (Wedell, 1993b; Lehmann ve Lehmann, 2009). Orthoptera takımında yapılan çalışmalara bakıldığında ise vücut büyüklüğü/ ağırlığı, spermatoforun ve ampullanın boyutu ve içerdiği sperm sayısı türlerin stratejik yatırımını anlayabilmek için genellikle birlikte çalışılmıştır (Wedell, 1997; McCartney ve ark. 2008; Sturm, 2014).

*I. zernovi* ve *I. rectipennis* tür gruplarında yer alan türler grup bazında değerlendirildiğinde erkek ağırlığına paralel olarak spermatofor ve ampulla kütlelerinin ve sperm sayısının arttığı, artan ampulla ağırlığı ile sperm sayısının ilişkili olduğu ve ağır erkeklerin spermatofor ve içeriklerine daha fazla yatırım yaptıkları görülmüştür. Benzer olarak *Teleogryllus commodus*, *Acheta domesticus*, *Gryllus bimaculatus* ve *Gryllus assimilis* türlerinde spermatofor yatırımlarının karşılaştırıldığı çalışmada da türlerin tümünde, ağır erkeklerin daha ağır spermatofor ve ampulla oluşturdukları ve daha fazla sperm transferinde buldukları belirtilmiştir (Sturm, 2014). Ağır erkeklerin çiftleşmelerinde vücut kondisyonlarıyla bağlantılı olarak daha ağır spermatofor oluşturmaları beklenen bir sonuç olmakla birlikte (Uma ve Sevgili, 2015; Lehmann ve Lehmann, 2008; McCartney ve ark., 2008, Wedell, 1993b; Reinhold ve Sevgili, 2007) çalı çekirgelerinde spermatoforun maliyetiyle ilişkili olarak güçlü bir seçim baskısı olduğu ifade edilebilir (Lehmannve Lehmann, 2012; Gwynne, 2008; Lewis ve ark., 2012).

*I. zernovi* ve *I. rectipennis* tür grubundaki türlerin spermatofor ve içeriklerine dair yatırımları incelendiğinde ise bazı farklılıklar olduğu görülmüştür. Çalı çekirgelerinde yapılan benzer çalışmalara paralel olarak ağır erkeklerin daha ağır spermatofor ürettikleri (Örn., *I. zernovi*) ve hafif erkeklerin daha hafif spermatofor ürettikleridir (Örn., *I. karadenizensis*). Dolayısıyla erkek ağırlığının çalışılan dokuz tür için spermatofor ağırlığının iyi bir belirleyicisi olduğu görülmektedir. *Isophya* cinsine yakın grup olarak *Poecilimon* cinsinde yapılan bir değerlendirmeye göre aynı cins içerisinde yer alan *P. erimanthos*, *P. jonicus*, *P. hamatus*, *P. laevisimus*, *P. thessalicus* ve *P. veluchianus* türlerinin de spermatofor yatırımı açısından farklılaşma tespit edilmiş (McCartney, 2008) olup, ağır spermatoforun sperm transferini daha fazla desteklediği, küçük spermatoforun ejakulatı koruduğu ve spermatoforun boyutu ve tüketim süresiyle bağlantılı olarak ejakulat ya da ebeveyn koruma hipotezini



desteklediği ifade edilmektedir. Benzer durum *Isophya* cinsi türlerinde de görülmekle birlikte türler arasında spermatofor ağırlığı farklılaşmıştır ve bu durum türe özgü stratejiler ile erkeğin üreme başarısını artırma çabası şeklinde yorumlanmaktadır. Ancak *I. zernovi* ve *I. rectipennis* tür gruplarının spermatofor yatırımları karşılaştırıldığında gruplar arasında bir farklılık bulunmamıştır. Spermatofor üretimi genetik, çevresel ve fizyolojik bir çok parametreden etkilenebilen karmaşık bir olaydır. Spermatofor üretimi türün kendine özel üreme davranışını açıklamak için bazı ip uçları verse de, tür grupları açısından bu değerlendirmeyi yapmak mümkün değildir. Tür grupları ve türler arasında fark edilen bu varyasyonun nedenleri her bir türün bulunduğu alandaki kaynaklara ulaşabilme durumu ile ilişkiliyken (Gwynne ve Simmons, 1990), aynı zamanda çiftleşme zamanı (statüsü), popülasyon yoğunluğu, işlevsel eşey oranı, eşeysel dimorfizmin boyutu gibi faktörlerin spermatofor yatırımını etkilediği bilinmektedir (Gwynne, 1981; Gwynne ve Simmons, 1990; Heller ve von Helversen, 1991). Hatta yapılan çalışmalarda ifade edildiği üzere çalıçekirgelerinde spermatofor yatırımı aynı türün farklı popülasyonları arasında da varyasyon gösterebilir (Barbosa ve ark., 2017). Örneğin laboratuvar ve doğal alan popülasyonları karşılaştırıldığında spermatofor yatırımlarında önemli farklılaşmaların olduğunu ifade eden çalışmalar bulunmaktadır (*P. v. veluchianus*, *P. v. minor* ve *P. affinis* (McCartney ve ark., 2008)).

*I. zernovi* ve *I. rectipennis* tür gruplarındaki türlerin ampulla ağırlığı ve içerdikleri sperm sayısı açısından bazı farklılaşmalara sahip oldukları görülmektedir. Örneğin, *I. zernovi* tür grubundan *I. karadenizensis* ampulla ağırlığı açısından tüm türlerden farklılaşmıştır, diğer türler ise kendi içlerinde kısmen farklılaşma göstermiştir. *I. rectipennis* tür grubunda ise, *I. stenocauda stenocauda* ampulla ağırlığı açısından *I. nervosa*, *I. rectipennis* ve *I. stenocauda obenbergeri*'den net bir şekilde ayrılmış fakat *I. ilkazi* ile bir farklılaşma göstermemiştir. *I. zernovi* grubunda bazı türler sperm sayısı açısından farklılaşma gösterirken *I. rectipennis* grubundaki türler sperm sayısı açısından bir farklılaşma göstermemiştir. Dolayısıyla çalışmaya konu dokuz türe bakıldığında hem türler arasında hem de tür grupları arasında anlaşılması zor bir varyasyon bulunmaktadır. Her ne kadar benzer habitatlarda yaşıyor olsalar da her türün kendine özel bir fizyolojisi, popülasyon yoğunluğu,

habitatu, beslendiği besin çeşidi ve, paraziti gibi çevresel faktörle birlikte, genetik alt yapısının da spermatofor ve içeriklerinin belirlenmesinde etkili olduğu gözardı edilmemelidir ifade etmek gerekir. Örneğin, *Teleogryllus commodus*, *Acheta domesticus*, *Gryllus bimaculatus* ve *Gryllus assimilis* türlerinin model organizma olarak kullanıldığı çalışmada her bir türün bireysel olarak erkek vücut büyüklüğü/ağırlığı, ampulla büyüklükleri ve her bir spermatofordaki spermatozoa sayısı açısından farklılıklar içerdiğinden bahsedilmiştir. Hatta aynı türün farklı popülasyonları arasında yatırım farklılıklarının olduğunu ifade eden çalışmalar da bulunmaktadır (McCartney ve ark., 2008; Barbosa ve ark., 2017).

Tüm sonuçlar detaylandırıldığında aşağıda belirtilen çıkarımlara ulaşılmıştır, kullanılan klasik morfoloji, biyoakustik ve moleküler taksonomiden elde edilen veriler, türler arasında ayırım yaparken daha korunmuş özelliklerdir. Davranışsal parametreler ise birçok faktörden etkilenebilen (genetik faktörler, işlevsel eşey oranı, yaş, çiftleşme statüsü, vücut büyüklüğü, rekabet, parazitlik vs.) esnekliğe sahiptir ve her zaman farklılaşmayı açıklamak için yeterli olmamakla birlikte özellikle tür düzeyinde klasik yöntemlere yardımcı olabilir. Çünkü üreme davranışı farklılaşmanın önemli bir anahtarıdır. Dolayısıyla *Isophya* cinsine ait çalışılan dokuz türün spermatofor yatırımlarını değerlendirmek oldukça karmaşık görünmekle birlikte evrimsel geçmişi anlayabilmek adına önemlidir. Spermatofor yatırımı tür düzeyinde bazı farklılaşmaları kısmen açıklayabilir olsa da grup düzeyinde açıklamalar için tek başına yeterli görünmemekle birlikte ampulla ve sperm sayısı açısından tür gruplarının farklılık göstermesi bize taksomik ayrılmayı anlamaya yardımcı olabilir. Çünkü ampulla ve sperm sayısı döllenme olayında aktif rol oynayan belirteçler olup, erkeğin bir çiftleşmedeki stratejik davranışını açıklayabilir ve spermatofor ve spermatofilaks ağırlıklarına oranla çevresel koşullardan daha az etkilenirler.

Türkiye’de yayılış gösteren *Isophya* cinsi türlerinin büyük bir kısmı endemik türlerden oluşmuş olup, geniş ölçekte incelendiğinde tür gruplarının farklılaşması yaklaşık 5 milyon yıl önceye dayanmaktadır. *Isophya* cinsi Anadolunun çeşitli alanlarında bazen belirli iklimsel özelliklere bağlı olarak izole olmuş, küçük lokal popülasyonlar halinde bulunmakla birlikte, bazen steppe, bazen de yüksek dağ popülasyonları şeklinde yayılış gösteren çeşitli popülasyonlara sahiptir (Chobanov ve

ark., 2017). Bu çalışmada yaklaşık 90 tür içeren *Isophya* cinsine ait dokuz türün spermatofor yatırımları ilk defa geniş ölçekli incelenmiş olup daha önceden bilinen altı türe ilave olarak cinsin verilerine tür ve tür grupları bazında önemli katkı sağlamıştır. Yapılan araştırma sonucunda *Isophya* cinsinde spermatofor yatırımının diğer çalı çekirgeleri ile karşılaştırıldığında oransal olarak daha yüksek seviyede olduğu görülmektedir. Ancak yaklaşık doksan türle temsil edilen cinsin mevcut çalışmayla birlikte cinse ait sadece on beş türün ait spermatofor verileri alınmıştır ki bazı türlerde çalışılan örnek sayısı oldukça azdır (*I. skorai* hariç (Uma ve Sevgili, 2015), *I. horon*, *I. speciosa*, *I. kraussi*, *I. pavelli*, *I. amlipennis* gibi (Sevgili, 2018; Can, 1959). Bu nedenle spermatofor yatırımı konusunda cins içerisinde çalışılmayan tür ve tür gruplarına ilişkin ilave çalışmalar yapılmasını gerektirmektedir.

Cinsin türleri incelediğinde allopatrik ve simpatrik yayılış göstermekte olan gruplarına ilave olarak aynı alanda yaşayıp birbirine fenolojisi çok benzeyen (İlgaz Dağı, *I. obenbergeri*, *I. ilkazi* ve *I. staneki* gibi) farklı tür ve tür grupları şeklinde bulunabildikleri bilinmektedir. Birbirine oldukça benzeyen türlerin ayırımında genellikle morfolojik, biyoakustik ve moleküler yöntemler kullanılırken bu çalışmada üreme yatırımlarının türlerin veya tür gruplarının birbirinden ayrılma sürecine katkısı araştırılmıştır. *I. zernovi* ve *I. rectipennis* tür gruplarına ait türlerden tür ayırımında kullanılan morfolojik ölçümlerden oluşturulan PC1 skorları ile spermatofor verileri birlikte değerlendirilmiştir. Spermatofor ve spermatofilaks ağırlıkları açısından tür grupları bazında bir farklılaşma görülmezken ampulla ve dölleme aktif rol oynayan sperm sayısının farklılık göstermesi fizyolojik parametrelerin evrimsel süreçte tür grupları bazında ayrışabileceğini göstermektedir.

Klasik yöntemlerle ilişkili olarak morfolojik ölçümlerden alınan verilere göre türler ve tür grupları arasında farklılaşma bulunmaktadır. Dolayısıyla bu durum taksonomide yaygın olarak kullanılan vücut büyüklüğü parametrelerinin *Isophya* cinsi türlerindeki dişi ve erkekler için de güvenilir olduğunu göstermektedir (Sevgili, 2004). Ancak vücut büyüklüğünün gen/çevre etkileşimi altında şekillendiğini unutmamak gerekir (Whitman, 2008; Lehmann ve ark., 2008). *Isopyha* cinsi ve türleri için vücut büyüklüğü parametrelerinin popülasyondaki ve diğer dağılım alanlarındaki durumunu anlayabilmek için ilave çalışmalara ihtiyaç vardır. İlaveten çalı çekirgelerinde yapılan benzer çalışmalarda vücut büyüklüğü büyük düğün

hediyesi ile ilişkilendirilmiştir (McCartney ve ark., 2008). *I. zernovi* ve *I. rectipennis* tür grubunda yer alan türlerdeki erkeklerin vücut büyüklüğü ile ilişkili olarak daha ağır spermatofor, spermatofilaks ve ampulla oluşturdıkları ancak sperm sayısının değişken olduğu görülmektedir. Sperm sayısı ve vücut büyüklüğü arasındaki ilişkiler benzer çalışmalarda ifade edildiği gibi çeşitli varyasyonlar içerir ve erkeğin çiftleşmedeki üreme başarısını açıklamaya çalışır (Vahed ve Gilbert, 1996; McCartney ve ark., 2008; Gage, 1994; Wedell, 1997; Vahed, 1998). Her iki tür grubunun spermatofor yatırımları incelendiğinde spermatofilaksın ampullayı korumaya yönelik fonksiyonun olduğunu ve ejakulat koruma hipotezini desteklediğini kanıtlayan verilere ulaşılmıştır. Seçilim mekanizmaları spermatoforun oldukça maliyetli kısmı olan spermatofilaksın ağırlığı üzerinde etkili olabilir ve ejakulatın hacmi eşeyssel seçilimin sonucu olarak sperm sayısından bağımsız değişebilir (McCartney ve ark., 2008) ve ayrıca spermatofor yatırımı sperm üretiminden bağımsız evrimleşiyor olabilir (Lehmann ve Lehmann, 2012).

Üreme yatırımlarının tür ya da grup düzeyindeki ayrılmayı her zaman net olarak gösteremediği tez çalışmasının bir sonucu olarak ortaya çıkmaktadır. Çünkü spermatofor yatırımının genetik ve çevresel faktörlerin etkisi altında tür grupları ve türler arasında hatta aynı türün farklı popülasyonları arasında değişebilen bir esnekliğe sahip olduğu bilinmektedir. Ancak spermatoforun önemli bir bölümü olarak ifade edilen ampulla ve içerdiği sperm sayısı arasındaki ilişkilerin ve bazı fizyolojik parametrelerin tür gruplarının davranışsal evriminin anlaşılmasında katkı sunacağı görülmektedir. Tettigonidlerde yapılan çalışmalar incelediğinde çiftleşme yatırımlarının tür grupları ve türler arasında oldukça çeşitli faktörlere bağlı olarak değişkenlik gösterdiği ve erkeğin çiftleşmedeki stratejik yatırımının anlaşılması için yapılan çalışmaların yetersiz kaldığı görülmektedir.

İklimsel parametrelerde meydana gelen değişimler sonucu kendine özel habitatları yayılış alanı olarak tercih eden türler için, her geçen gün durum kötüleşmektedir. Yağış, sıcaklık, nem gibi değişen iklimsel parametreler, yılın sadece belli döneminde görünen (nispeten bahar aylarından sonbaharın ilk dönemlerine kadar) ve yılın uzun bir kısmını toprak altında saklanan, yumurtalar halinde geçiren *Isophya* türleri için tehdit oluşturmaktadır. Hareket yeteneği oldukça kısıtlı olan bu

türler için buldukları habitatın özelliklerinin korunması ve türün devamlılığının sağlanması biyolojik çeşitliliğinin sürdürülmesi adına oldukça önemlidir.

Çalıştığımız türler genel olarak Anadolunun kuzeyinde yayılış gösteren popülasyonlara sahip olmakla birlikte aynı zamanda yüksek dağ türleridir. Ülkemizde yayılış gösteren *Isophya* türleri çoğunlukla endemik olmakla birlikte, bazı türler geniş yayılışa sahip olsada bazılarının yayılış alanı oldukça daralmıştır. Bu türler, türe özgü farklı üreme stratejileri geliştirmiş olabilirler. Dolayısıyla *Isophya* cinsi ve türleri üzerinde yapılacak olan ilave ve daha kapsamlı davranışsal araştırmalar hem bu türlerin spermatofor karakterlerinin belirlenmesini sağlayacak hem de üreme stratejilerinin anlaşılmasına imkan sunacaktır.

İklimsel değişimler, popülasyon yoğunluğu, besine ulaşılabilirlik gibi çevresel faktörlerin çalı çekirgelerinin üreme stratejilerinde (spermatofor ve içeriklerinin yatırımı) farklılaşmaya neden olduğu bilinmektedir (Lehmann, 2008). Spermatofor, çalı çekirgelerinde önemli bir üreme yatırımıdır ve yaş, çiftleşme statüsü, rekabet, işlevsel eşey oranı, popülasyon yoğunluğu gibi bir çok parametrenin etkisi altında, genetik ve çevre etkisiyle belirlenir. Türlerin üreme stratejilerinin daha iyi anlaşılması için spermatofilaks ve ejakulatın protein içeriğinin ve her bir ampulladaki yaşayan ve aktif döllenmeye katılan sperm sayısının belirlenmesi, spermatoforun boyutuna bağlı olarak tüketim sürelerinin araştırılması, erkeğin ebeveyn olarak yavrularına katkılarının araştırılması (dışinin yumurta sayısı ve yumurtadan çıkan birey sayısının belirlenmesi gibi) gibi çalışmalarla erkeğin üremedeki stratejik davranışını anlamak için çalışmalar genişletilebilir. Tür grupları ve türler arasında vücut büyüklüğü/ ağırlığı, spermatoforun boyutu, ampulla ağırlığı ve içerdiği sperm sayısı açısından görünen farklılıkların nedenleri hala tam olarak bilinmemektedir.

*Isophya* cinsine ait morfolojik, biyoakustik ve genetik çalışmalara ilaveten spermatofor ve içeriklerinin cins ve tür bazında çalışılmasının filogenetik soy hatlarının belirlenmesine yardımcı olacağı öngörülmektedir. Çünkü biyoakustik karakterlerin ve spermatofor özelliklerinin hangilerinin prezigotik izolasyonda etkili olduğu bilinmemekte ve ilave çalışmalar gerektirmektedir.

## 6. KAYNAKLAR

- Ahnesjö, J. & Forsman, A. (2003). Correlated evolution of colour pattern and body size in polymorphic pygmy grasshoppers, *Tetrix undulata*. *Journal of Evolutionary Biology*, 16(6), 1308-1318.
- Alcock, J. (2009). *Animal behavior: An evolutionary approach*. Sinauer Associates. Oxford University press, 546pp.
- Allegrucci, G., Trucchi, E. & Sbordoni, V. (2011). Tempo and mode of species diversification in Dolichopoda cave crickets (Orthoptera, Rhaphidophoridae). *Molecular Phylogenetics and Evolution*, 60(1), 108-121.
- Andersson, M. (1986). Evolution of condition-dependent sex ornaments and mating preferences: sexual selection based on viability differences. *Evolution*, 40(4), 804-816.
- Andersson, M. & Iwasa, Y. (1996). Sexual selection. *Trends in ecology & evolution*, 11(2), 53-58.
- Andersson, M. (1994). *Sexual Selection*. Princeton University Press, New Jersey, 624pp.
- Andrade, MCB. 1996. Sexual selection for male sacrifice in the Australian redback spider. *Science* 271, 70–72.
- Andrés, JA., Maroja, LS. & Harrison, RG. (2008). Searching for candidate speciation genes using a proteomic approach: seminal proteins in field crickets. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, 275(1646), 1975-1983.
- Arnqvist, G. & Nilsson, T. (2000). The evolution of polyandry: multiple mating and female fitness in insects. *Animal behaviour*, 60(2), 145-164.
- Arnqvist, G., Jones, TM. & Elgar, MA. (2003). Reversal of sex roles in nuptial feeding. *Nature*, 424, 387.
- Arnqvist, G. & Rowe, L. (2005). *Sexual Conflict*. Princeton University Press, Princeton, New Jersey, 352pp.
- Bailey, W.J., Withers, P.C., Endersby, M. & Gaull, K. (1993). The energetic costs of calling in the bushcricket *Requena verticalis* (Orthoptera: Tettigoniidae: Listroscolidinae). *Journal of Experimental biology*, 178, 21–37.
- Barbosa, F., Rebar, D. & Greenfield, MD. (2018). When do trade-offs occur? The roles of energy constraints and trait flexibility in bushcricket populations. *Journal of evolutionary biology*, 31(2), 287-301.
- Bateman, PW. (1948). Intrasexual selection in *Drosophila*. *Heredity*, 2, 349-368.
- Bateman, PW. & Ferguson, JWH. (2004). Male mate choice in the Botswana armoured ground cricket *Acanthoplus discoidalis* (Orthoptera: Tettigoniidae; Heteroptera). Can, and how, do males judge female mating history?. *Journal of Zoology*, 262(3), 305-309.
- Bauer, N., & Kenyeres, Z. (2006). Habitat preference studies of some species of the genus *Isophya* Brunner von Wattenwyl, 1878 (Orthoptera: Phaneropteridae)

- in the western part of the Carpathian Basin. *Journal of Orthoptera Research*, 15(2), 175-185.
- Berner, D., & Blanckenhorn, WU. (2006). Grasshopper ontogeny in relation to time constraints: adaptive divergence and stasis. *Journal of Animal Ecology*, 130-139.
- Bey-Bienko, GYA. (1954) Orthoptera. Vol. II, Sect. 2. Leaf bush-crickets (Phaneropterinae). Fauna of the USSR. Zoological Institute of the Academy of Sciences of the USSR, New Series, 59, 385 pp.
- Bidau, CJ., & Martí, DA. (2007). Clinal variation of body size in *Dichroplus pratensis* (Orthoptera: Acrididae): inversion of Bergmann's and Rensch's rules. *Annals of the Entomological Society of America*, 100(6), 850-860.
- Bidau, CJ., & Martí, DA. (2008). Contrasting patterns of sexual size dimorphism in the grasshoppers *Dichroplus vittatus* and *D. pratensis* (Acrididae, Melanoplinae). *Journal of orthoptera research*, 17(2), 201-211.
- Bidochka, MJ., & Snedden, WA. (1985). Effect of nuptial feeding on the mating behaviour of female ground crickets. *Canadian Journal of Zoology*, 63(1), 207-208.
- Blanckenhorn, WU. & Demont, M. (2004). "Bergmann and converse bergmann latitudinal clines in arthropods: Two ends of a continuum?". *Integrative and Comparative Biology*, 44(6), 413-424.
- Boggs, CL. (1995). Male nuptial gifts: phenotypic consequences and evolutionary implications. *In Insect reproduction*, 215-242.
- Boldyrev, B. (1912). Begattung und spermatophoren bei *Tachycines asynamorus* Adel. (Orthoptera, Stenopelmatidae). *Revier Rus Entomoloji*, 12, 552-570.
- Boldyrev, BT. (1915). Contributions à l'étude de la structure des spermatophores et des particularités de la copulation chez Locustodea et Grylloidea. *Horae Societatis Entomologicae Rossicae*, 41(6), 1-245.
- Boldyrev, B. (1928). Biological studies on *Bradyporus multituberculatus* FW (Orth., Tettig.).
- Bussiere, LF., Basit, HA. & Gwynne, DT. (2005). Preferred males are not always good providers: female choice and male investment in tree crickets. *Behavioral Ecology*, 16(1), 223-231.
- Bowen, BJ., Codd, CG. & Gwynne, DT. (1984). The katydid spermatophore (Orthoptera: Tettigoniidae); male investment and its fate in the mated female. *Australian Journal Zoology*, 32, 23-31.
- Branson, DH. (2008). Influence of individual body size on reproductive traits in melanopline grasshoppers (Orthoptera: Acrididae). *Journal of Orthoptera Research*, 17(2), 259-263.
- Brown, JH., Marquet, PA. & Taper, ML. (1993). Evolution of body size: consequences of an energetic definition of fitness. *The American Naturalist*, 142(4), 573-584.

- Brown, WD. (1997). Courtship feeding in tree crickets increases insemination and female reproductive life span. *Animal Behavior*, 54, 1369–1382.
- Brown, WD. (2008). Size-biased mating in both sexes of the black-horned tree cricket, *Oecanthus nigricornis* Walker (Orthoptera: Gryllidae: Oecanthinae). *Journal of Insect Behavior*, 21(3), 130-142.
- Busnel, RG., & Dumortier, B. (1955). Etude du cycle genital du male d'Ephippiger et son rapport avec le comportement acoustique. *Bulletin Biologique France Belgique*, 90, 219-286.
- Bussière, LF., Basit, HA. & Gwynne, DT. (2005). Preferred males are not always good providers: female mate choice and male investment in tree crickets. *Behavioral Ecology*, 16: 223–231.
- Cade, WH., & Cade, ES. (1992). Male mating success, calling and searching behaviour at high and low densities in the field cricket, *Gryllus integer*. *Animal Behaviour*, 43(1), 49-
- Can, E. (1956). Zur Kenntnis von *Isophya amplipennis* Br.v.W. *I. pavelii* Br.v.W. und *I. tenuicerca* Rme. (Orth. Tettigoniidae), als Schädlinge von Eichenniederwäldern in Südosteuropa. Teil I. Teil II. [*Isophya amplipennis*, *I. pavelii* and *I. tenuicerca* as pests of oak scrub. *Zeitschrift Fur Angewandte Entomologie*, 43, 387–411.
- Champagnon, J. & Cueva del Castillo, R. (2008). Female mate choice, calling song and genetic variance in the cricket, *Gryllodes sigillatus*. *Ethology*, 114(3), 223-230.
- Chamorro-Rengifo, J. & Lopes-Andrade, C. (2014). The phallus in Tettigoniidae (Insecta: Orthoptera: Ensifera): revision of morphology and terminology, and discussion on its taxonomic importance and evolution. *Zootaxa*, 3815(2), 151-199.
- Chobanov, DP. (2009a). New records and a new synonym of Orthoptera from Bulgaria. *Articulata*, 24(1/2), 79-108.
- Chobanov, DP. (2009b) Phylogeny and systematics of the *Isophya modesta* group (Phaneropteridae) based on morphology and bioacoustics. *Metaleptea*, 28(1), 20–27.
- Chobanov, DP. & Heller, KG. (2010). Revision of the *Poecilimon ornatus* group (Orthoptera: Phaneropteridae) with particular reference to the taxa in Bulgaria and Macedonia. *European Journal of Entomology*, 107(4), 647-672.
- Chobanov, DP. & Earns, KG. (2010) Revision of the *Poecilimon ornatus* group (Orthoptera: Phaneropteridae) with focus on Bulgaria and Macedonia. *European Journal of Entomology*, 107, 647–672.
- Chobanov, DP., Grzywacz, B., Iorgu, IŞ., Ciplak, B., Ilieva, MB. & Warchałowska-Śliwa, E. (2013). Review of the Balkan *Isophya* (Orthoptera: Phaneropteridae) with particular emphasis on the *Isophya modesta* group and remarks on the systematics of the genus based on morphological and acoustic data. *Zootaxa*, 3658, 1-81.



- Chobanov, DP., Kaya, S., Grzywacz, B., Warchalowska-Śliwa, E. & Çıplak, B. (2017). The Anatolio-Balkan phylogeographic fault: A snapshot from the genus *Isophya* (Orthoptera, Tettigoniidae). *Zoologica Scripta*, 46(2), 165-179.
- Çıplak, B. (2004). Biogeography of Anatolia: the marker group Orthoptera. *Memorie Society Entomological Italy*, 82(2003), 357-372.
- Çıplak, B., Yalım, B., Demirsoy, A. & Sevgili, H. 2002. Türkiye'nin Orthoptera (Çekirgeler= Düzkanatlılar) faunası. İçinde *Genel Zoocoğrafya ve Türkiye Zoocoğrafyası: "Hayvan Coğrafyası"*, Ankara: METEKSAN, 681-707.
- Çıplak, B., Sirin, D., Taylan, M. S. & Kaya, S. (2008). Altitudinal size clines, species richness and population density: case studies in Orthoptera. *Journal of Orthoptera Research*, 17(2), 157-163.
- Çıplak, B., Kaya, S., Boztepe, Z. & Gündüz, İ. (2015). Mountainous genus *Anterastes* (Orthoptera, Tettigoniidae): autochthonous survival across several glacial ages via vertical range shifts. *Zoologica Scripta*, 44(5), 534-549.
- Cook, PA. & Wedell, N. (1996). Ejaculate dynamics in butterflies: a strategy for maximizing fertilization success?. *Proceedings of the Royal Society of London. Series B: Biological Sciences*, 263(1373), 1047-1051.
- Davey, KG. (1960). The evolution of spermatophores in insects. *Proceeding Royal Entomological Society London*, 35, 107-113.
- Davies, P.M. & Dadour, IR. (1989). A cost of mating by male *Requena verticalis* (Orthoptera: Tettigoniidae). *Ecology Entomology*, 14, 467-469.
- Del Castillo, RC. & Gwynne, DT. (2007). Increase in song frequency decreases spermatophore size: correlative evidence of a macroevolutionary trade-off in katydids (Orthoptera: Tettigoniidae). *Journal of evolutionary biology*, 20(3), 1028-1036.
- Del Castillo, RC. & Núñez-Farfán, J. (2002). Female mating success and risk of pre-reproductive death in a protandrous grasshopper. *Oikos*, 96(2), 217-224.
- Dodson, GN., Morris, GK. & Gwynne, DT. (1983). Mating behaviour of the primitive orthopteran genus *Cyphoderris* (Haglidae). In: Gwynne, D.T., Morris, G.K. (Eds.), *Orthopteran Mating Systems: Sexual Competition in a Diverse Group of Insects*. Westview Press, Boulder, CO, 305-318.
- Donelson NC. & Van Staaden MJ. (2005). Alternate tactics in male bladder grasshoppers *Bullacris membracioides* (Orthoptera: Pneumoridae). *Behaviour*, 142, 761-778.
- Donelson, NC., Smith, AR. & Van Staaden, MJ. (2008). Variation in adult longevity in a polymorphic grasshopper species. *Journal of Orthoptera Research*, 17(2), 279-282.
- Elgar, MA. & Schneider, JM. (2004). Evolutionary significance of sexual cannibalism. *Advances Study Behavior*, 34, 135-163.
- Emlen, ST. & Oring, LW. (1977). Ecology, sexual selection, and the evolution of mating systems. *Science*, 197(4300), 215-223.

- Eweleit, L. & Reinhold, K. (2014). Body size and elevation: do Bergmann's and Rensch's rule apply in the polytypic bushcricket *Poecilimon veluchianus*?. *Ecological Entomology*, 39(1), 133-136.
- Fabre, JH. (1918). *The Life of the Grasshopper*. Hodder and Stoughton, London.
- Fedorka, KM. & Mousseau, TA. (2002). Nuptial gifts and the evolution of male body size. *Evolution*, 56(3), 590-596.
- Fedorka, KM. & Mousseau, TA. (2003). Tibial spur feeding in ground crickets: larger males contribute larger gifts (Orthoptera: Gryllidae). *Florida Entomologist*, 85, 317-323
- Fedorka, KM. & Sevgili, H. (2014). The influence of nuptial feeding and sperm transfer on the immunological cost of reproduction in the ground cricket *Allonemobius socius*. *Physiological Entomology*, 39: 89-93.
- Fielding DJ. & DeFoliart LS. (2008). Relationship of metabolic rate to body size in Orthoptera. *Journal of Orthoptera Research*, 17, 301-306.
- Gage, MJ. (1994). Associations between body size, mating pattern, testis size and sperm lengths across butterflies. *Proceedings of the Royal Society of London. Series B: Biological Sciences*, 258(1353), 247-254.
- Gage, AR. & Barnard, CJ. (1996). Male crickets increase sperm number in relation to competition and female size. *Behavioral Ecology and Sociobiology*, 38(5), 349-353.
- Gao Y, Kang L. (2006a). Operational sex ratio and alternative reproductive behaviours in Chinese bushcricket, *Gampsocleis gratiosa*. *Ethology*, 112, 325-331.
- Gao Y, Kang L. (2006b). Effects of mating status on copulation investment by male bushcricket *Gampsocleis gratiosa* (Tettigoniidae, Orthoptera). *Science in China Series C: Life Sciences*, 49, 349-353.
- Gerhardt, U. (1913). Copulation und spermatophoren von Grylliden und Locuatiden. *Zoologische Jahrbücher Systematik*, 35, 415-532.
- Gwynne DT. (1986). Courtship feeding in katydids (Orthoptera: Tettigoniidae): investment in offspring or in obtaining fertilizations? *The American Naturalist*, 128, 342-352.
- Gwynne DT. (2001). *Katydid and bush-cricket: reproductive behavior and evolution of the Tettigoniidae*. Ithaca, London, Cornell University Press, 317.
- Gwynne DT. (2008). Sexual conflict over nuptial gifts in insects. *Annual Reviews of Entomology*, 53: 83-101.
- Gwynne, DT. (1981). Sexual difference theory: Mormon crickets show role reversal in mate choice. *Science*, 213(4509), 779-780.
- Gwynne, DT. (1984). Courtship feeding increases female reproductive success in bushcrickets. *Nature*, 307(5949), 361-363.

- Gwynne, DT. (1985). Role-reversal in katydids: habitat influences reproductive behaviour (Orthoptera: Tettigoniidae, *Metaballus* sp.). *Behavioral Ecology and Sociobiology*, 16(4), 355-361.
- Gwynne, DT. (1988). Courtship feeding in katydids benefits the mating male's offspring. *Behavioral Ecology and Sociobiology*, 23(6), 373-377.
- Gwynne, DT. (1995). Phylogeny of the Ensifera (Orthoptera): a hypothesis supporting multiple origins of acoustical signalling, complex spermatophores and maternal care in crickets, katydids, and weta. *Journal of Orthoptera Research*, 203-218.
- Gwynne, DT. (1997). The evolution of edible'sperm sacs' and other forms of courtship feeding in crickets, katydids and their kin (Orthoptera: Ensifera). *The evolution of mating systems in insects and arachnids*, 110-129.
- Gwynne, D.T., (1984). Courtship feeding increases female reproductive success in bushcrickets. *Nature* 307, 361–363.
- Gwynne, DT. (1997). The evolution of edible “sperm sacs” and other forms of courtship feeding in crickets, katydids and their kin (Orthoptera: Ensifera). In: Choe, J., Crespi, B. (Eds.), *The Evolution of Mating Systems in Insects and Arachnids*. Cambridge University Press, Cambridge, UK, 110–129.
- Gwynne, DT., Bowen, B.J. & Codd, C.G. (1984). The function of the katydid spermatophore and its role in fecundity and insemination. *Australian Journal Zoology*, 32, 15–22.
- Gwynne, DT. & Simmons, L.W. (1990). Experimental reversal of courtship roles in an insect. *Nature*, 346, 172–174.
- Heller KG. (2005). Song evolution and speciation in bushcrickets In *Insect Sounds and Communication* (eds Drosopoulos S. & Claridge M. F.), CRP Press, 552.
- Heller, KG., Faltin, S., Fleischmann, P. & Helversen, O. V. (1998). The chemical composition of the spermatophore in some species of phaneropterid bushcrickets (Orthoptera: Tettigonioidea). *Journal of insect physiology*, 44(10), 1001–1008.
- Heller, KG. (1992). Risk shift between males and females in the pair-forming behavior of bushcrickets. *Naturwissenschaften*, 79(2), 89-91.
- Heller, KG. & Reinhold, K. (1994). Mating effort function of the spermatophore in the bushcricket *Poecilimon veluchianus* (Orthoptera, Phaneropteridae): support from a comparison of the mating behaviour of two subspecies. *Biological Journal of the Linnean Society*, 53(2), 153-163.
- Heller, KG. & von Helversen, D. (1986). Acoustic communication in phaneropterid bushcrickets: species-specific delay of female stridulatory response and matching male sensory time window. *Behavioral Ecology and Sociobiology*, 18(3), 189-198.
- Heller, KG. & von Helversen, D. (1991). Operational sex ratio and individual mating frequencies in two bushcricket species (Orthoptera, Tettigonioidea, *Poecilimon*). *Ethology*, 89(3), 211-228.

- Heller, KG., Faltin, S., Fleischmann, P. & Helversen, O. V. (1998). The chemical composition of the spermatophore in some species of phaneropterid bushcrickets (Orthoptera: Tettigonioidea). *Journal of Insect Physiology*, 44(10), 1001-1008.
- Heller, KG., Willemse, F. & Sevgili, H. (2004). *Poecilimon mytilenensis* Werner, a polytypic phaneropterid bushcricket from the Aegean island of Lesbos (Orthoptera, Tettigonioidea), differing in male mating structures. *Journal of Orthoptera Research*, 13(2), 221-230.
- Heller, KG. (1984) Zur Bioakustik und Phylogenie der Gattung *Poecilimon* (Orthoptera, Tettigoniidae, Phaneropterinae). *Zoologische Jahrbücher. Abteilung für Systematik Geographie und Biologie der Tier*, 111, 69–117.
- Heller, KG. (1988) Bioakustik der europäischen Laubheuschrecken. Josef Margraf, Weikersheim, 358.
- Heller, KG. (1990) Evolution of song pattern in east Mediterranean Phaneropterinae: Constraints by the communication system. In: Bailey, W.J. & Rentz, D.C.F. (Eds.). *The Tettigoniidae: biology, systematics and evolution*. Crawford House Press, Bathurst & Springer, Berlin, 130–151.
- Herberstein, ME., Schneider, JM., Harmer, AMT., Gaskett, AC., Robinson, K. & Shaddick, K. (2011). Sperm storage and copulation duration in a sexually cannibalistic spider. *Journal Ethology*, 29, 9–15.
- Hewitt, G. (2000). The genetic legacy of the Quaternary ice ages. *Nature*, 405, 907–913.
- Hochkirch, A. & Gröning, J. (2008). Sexual size dimorphism in Orthoptera (sens. str.) — a review. *Journal of Orthoptera Research*, 17(2), 189–196.
- Hodin, J. (2009). She shapes events as they come: plasticity in female insect reproduction. *Phenotypic plasticity of insects: mechanisms and consequences*, 423-521.
- Honek A. (1993). Intraspecific variation in body size and fecundity in insects: a general relationship. *Oikos* 66: 483-492.
- Jones, TM., Balmford, A. & Quinnell, RJ. (2000). Adaptive female choice for middle-aged mates in a lekking sandfly. *Proceedings of the Royal Society of London. Series B: Biological Sciences*, 267(1444), 681-686.
- Judge KA., Ting J.J. & Gwynne DT. (2008). Condition dependence of male life span and calling effort in a field cricket. *Evolution*, 62: 868-878.
- Kaya, S., Boztepe, Z. & Çiplak, B. (2013). Phylogeography of *Troglophilus* (Orthoptera: Troglophilinae) based on Anatolian members of the genus: radiation of an old lineage following the Messinian. *Biological Journal of the Linnean Society*, 108(2), 335-348.
- Khalifa, A. (1949). Spermatophore production in Tricoptera and some other insects. *Transactions Royal Entomological Society London*, 100, 449–479.
- Kokko, H. (1998). Good genes, old age and life history trade-off. *Evolutionary Ecology*, 12: 739-750.

- Kokko, H. Klug, H. & Jennions, MD. (2012). Unifying cornerstones of sexual selection: operational sex ratio, Bateman gradient and the scope for competitive investment. *Ecology Letters*, 15(11), 1340-1351.
- Korkmaz, EM., Lunt, DH., Çıplak, B., Değerli, N. & Başibüyük, HH. (2014). The contribution of Anatolia to European phylogeography: the centre of origin of the meadow grasshopper, *Chorthippus parallelus*. *Journal of Biogeography*, 41(9), 1793-1805.
- Kvarnemo, C. & Simmons, LW. (1999). Variance in female quality, operational sex ratio and male mate choice in a bushcricket. *Behavioral Ecology and Sociobiology*, 45(3), 245-252.
- Lack, D. (1940). Courtship feeding in birds. *The Auk*, 57(2), 169-178.
- Lehman, GUC. & Lehmann, AW. (2000). Spermatophore characteristics in bushcrickets vary with parasitism and remating interval. *Behavioral Ecology and Sociobiology*, 47(6), 393-399.
- Lehmann GUC. & Lehmann AW. (2007). Bushcricket song as a clue for spermatophore size? *Behavioral Ecology and Sociobiology*, 62, 569–578.
- Lehmann GUC, Lehmann AW. (2009). Condition-dependent spermatophore size is correlated with male's age in a bushcricket (Orthoptera: Phaneropteridae). *Biological Journal of the Linnean Society*, 96, 354–360.
- Lehmann GUC. & Lehmann AW. (2016). Material benefit of mating: the bushcricket spermatophylax as a fast uptake nuptial gift. *Animal Behaviour*, 112, 267–271
- Lehmann, GU. (2012). Weighing costs and benefits of mating in bushcrickets (Insecta: Orthoptera: Tettigoniidae), with an emphasis on nuptial gifts, protandry and mate density. *Frontiers in zoology*, 9(1), 1-13.
- Lehmann, GU. & Lehmann, AW. (2008). Bushcricket song as a clue for spermatophore size?. *Behavioral Ecology and Sociobiology*, 62(4), 569-578.
- Lehmann, GU. & Lehmann, AW. (2008). Variation in body size among populations of the bushcricket *Poecilimon thessalicus* (Orthoptera: Phaneropteridae): an ecological adaptation. *Journal of Orthoptera Research*, 17(2), 165-169.
- Lehmann, GU. & Lehmann, AW. (2009). Condition-dependent spermatophore size is correlated with male's age in a bushcricket (Orthoptera: Phaneropteridae). *Biological Journal of the Linnean Society*, 96(2), 354-360.
- Lehmann, GU., Kuchenreuther, S., Lehmann, A. W. & Dickhaus, T. (2021). Correlated sexual selection on male genitalia, copulatory performance and nuptial gifts in a bushcricket (Orthoptera: Tettigoniidae) indicated by allometric scaling. *Biological Journal of the Linnean Society*, 133(4), 1043-1056.
- Lehmann, GU., Lehmann, K., Neumann, B., Lehmann, A. W., Scheler, C. & Jungblut, P.R. (2018). Protein analysis of the spermatophore reveals diverse compositions in both the ampulla and the spermatophylax in a bushcricket. *Physiological Entomology*, 43(1), 1-9.

- Leimar O, Karlsson B, Wiklund C. (1994). Unpredictable food and sexual size dimorphism in insects. *Proceedings of the Royal Society London Biological Science*, 258, 121–125.
- Lewis SM, South A. (2012). The evolution of animal nuptial gifts. *Advances Behavior*, 44, 53 – 97.
- Liu, S. & Hua, B. (2010). Histology and ultrastructure of the salivary glands and salivary pumps in the scorpionfly *Panorpa obtusa* (Mecoptera: Panorpidae). *Acta Zoologica*, 91, 457–465.
- Mann, T. (1984). *Spermatophores: Development, Structure, Biochemical Attributes and Role in the Transfer of Spermatozoa*. Springer, Berlin, 217pp.
- Martin, OY. & Hosken, DJ. (2001). Strategic ejaculation in the common dung fly *Sepsis cynipsea*. *Animal Behaviour*, 63, 541-546.
- Mayr, E. (2015). *Principles of systematic zoology*. Scientific Publishers, 428pp.
- Mays, DL. (1971). Mating behaviour of nemobiini crickets *Hygronemobius*, *Nemobius* and *Pteronemobius* (Orthoptera: Gryllidae). *Florida Entomologist*, 54, 113–126.
- McCartney, J. (2010). *Spermatophore size variation in the bush-cricket genus Poecilimon: a thesis presented in partial fulfilment of the requirements for the degree of Doctor of Philosophy in Ecology at Massey University, Palmerston North, New Zealand*, 318.
- McCartney, J. & Heller, KG. (2008). A preliminary analysis of mate choice in a bush cricket (*Poecilimon laevis*: Tettigoniidae) suggests virginity is more important than body size. *Journal of Orthoptera Research*, 17(2), 227-230.
- Mccartney, J., Potter, M. A., Robertson, A. W., Telscher, K., Lehmann, G., Lehmann, A., ... & Heller, K. G. (2008). Understanding nuptial gift size in bush-crickets: an analysis of the genus *Poecilimon* (Tettigoniidae: Orthoptera). *Journal of Orthoptera Research*, 17(2), 231-242.
- McCartney, J., Kokko, H., Heller, KG. & Gwynne, DT. (2012). The evolution of sex differences in mate searching when females benefit: new theory and a comparative test. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, 279(1731), 1225-1232.
- McCartney, J., Lehmann, AW. & Lehmann, GU. (2010). Lifetime spermatophore investment in natural populations of two closely related bush-cricket species (Orthoptera: Tettigoniidae: *Poecilimon*). *Behaviour*, 285-298.
- McLain, DK. (1982). Density dependent sexual selection and positive phenotypic assortative mating in natural populations of the soldier beetle, *Chauliognathus pennsylvanicus*. *Evolution*, 1227-1235.
- Miura K. & Ohsaki N. (2004). Diet mixing and its effect on polyphagous grasshopper nymphs. *Ecological Research*, 19, 269-274.
- Morris, GK. (2008). Size and carrier in the bog katydid, *Metrioptera sphagnorum* (Orthoptera: Ensifera, Tettigoniidae). *Journal of Orthoptera Research*, 17, 333-342.

- Morris, GK. (1979). Mating systems, paternal investment and aggressive behaviour of acoustic orthoptera. *Florida Entomologist*, 62, 9–17.
- Morris, KM., Qwynne, DT., Klimas, DE. & Sakaluk, SK. (1989). Virgin male mating advantage in a primitive acoustic insect (Orthoptera: Haglidae). *Journal of Insect Behavior*, 2: 173-185.
- Mougeout, F., Arroyo, BE. & Bretagnolle, V. (2006). Paternity assurance responses to first-year and adult male territorial intrusions in a courtship-feeding raptor. *Animal Behavior*, 71, 101–108.
- Mousseau, TA. (1997). Ectotherms follow the converse to Bergmann's rule. *Evolution*, 630-632.
- Nijhout, HF. (2003). The control of body size in insects. *Developmental biology*, 261(1), 1-9.
- Nilsson, T., Fricke, C. & Arnqvist, G. (2003). The effects of male and female genotype on variance in male fertilization success in the red flour beetle (*Tribolium castaneum*). *Behavioral Ecology and Sociobiology*, 53(4), 227-233.
- Nylin S. & Gotthard K. (1998). Plasticity in life-history traits. *Annual Review of Entomology*, 43, 63-83.
- Oktay, R. (2011). *Isophya sikorai* (Orthoptera: Phaneropterinae)“de zamana bağı olarak erkeğin spermatofor içeriğinin değİĞimi üzerine bir çalışma. Yüksek Lisans Tezi, Harran Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü. Urfa.
- Ovadia O. & Schmitz O.J. (2002). Linking individuals with ecosystems: experimentally identifying the relevant organizational scale for predicting trophic abundances. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 99, 12927-12931.
- Önal, H. (2013). *Phonochorion uvarovi* ‘de (Orthoptera: Tettigoniidae) Erkeğın Yaşının Spermatofor İçerikleri Üzerine Etkisi. Yüksek Lisans Tezi. Ordu Üniversitesi. Fen Bilimleri Enstitüsü, Biyoloji Bölümü. Ordu
- Parker, GA. (1990). Sperm competition games: raffles and roles. *Proceedings of the Royal Society of London. Series B: Biological Sciences*, 242(1304), 120-126.
- Piasek, E.K., Judge, K.A., Gwynne, D.T., (2010). Polyandry and tibial spur chewing in the Carolina ground cricket (*Eunemobius carolinus*). *Canadian Journal Zoology*, 88, 988–994.
- Ponce-Wainer, JX. & Cueva del Castillo, R. (2008). Female mate choice and no detected predation risk in relation to the calling song of *Oecanthus niveus* (Gryllidae: Oecanthinae). *Annals of the Entomological Society of America*, 101(1), 260-265.
- Proulx, SR., Day, T. & Rowe, L. (2002). Older males signal more reliably. *Proceedings of the Royal Society of London B*, 269, 2291-2299.
- Rantala, MJ. & Roff, DA. (2005). An analysis of trade-offs in immune function, body size and development time in the Mediterranean field cricket, *Gryllus bimaculatus*. *Functional Ecology*, 323-330.

- Reinhardt, K. (2001). Determinants of ejaculate size in a grasshopper (*Chorthippus parallelus*). *Behavioral Ecology and Sociobiology*, 50, 503-510.
- Reinhold K. & Heller KG. (1993). The ultimate function of nuptial feeding in the bushcricket *Poecilimon veluchianus* (Orthoptera: Tettigoniidae: Phaneropterinae). *Behavioral Ecology and Sociobiology*, 32, 55–60.
- Reinhold, K. (1994). Inheritance of body and testis size in the bushcricket *Poecilimon veluchianus* Ramme (Orthoptera; Tettigoniidae) examined by means of subspecies hybrids. *Biological Journal of the Linnean Society*, 52(4), 305-316.
- Reinhold, K. & Sevgili, H. (2007). No evidence for strategic male mating effort in response to female weight in a bushcricket. *Behaviour*, 144(10), 1179-1192.
- Reinhold, K. & Von Helversen, D. (1997). Sperm number, spermatophore weight and remating in the bushcricket *Poecilimon veluchianus*. *Ethology*, 103(1), 12-18.
- Reinhold, K., Kurtz, J. & Engqvist, L. (2002). Cryptic male choice: sperm allocation strategies when female quality varies. *Journal of Evolutionary Biology*, 15(2), 201-209.
- Roff, D. A. (1992). The evolution of life histories Chapman and Hall. *New York, New York, USA*, 535pp.
- Römer, H., Lang, A. & Hartbauer, M. (2008). No correlation of body size and high-frequency hearing sensitivity in neotropical phaneropterine katydids. *Journal of Orthoptera Research*, 17(2), 343-346.
- Rosetti, NJCMI., Vilardi, J. C. & Remis, MI. (2007). Effects of B chromosomes and supernumerary segments on morphometric traits and adult fitness components in the grasshopper, *Dichroplus elongatus* (Acrididae). *Journal of Evolutionary Biology*, 20(1), 249-259.
- Rosetti, N., Vilardi, JC. & Remis, MI. (2008). Effects of phenotype and B-chromosomes on adult survival in *Dichroplus elongatus* (Orthoptera: Acrididae). *Annals of the Entomological Society of America*, 101(5), 922-929.
- Rutowski, RL. (1982). Mate choice and lepidopteran mating behavior. *The Florida Entomologist*, 65(1), 72-82.
- Sakaluk, SK., (1984). Male crickets feed females to ensure complete sperm transfer. *Science*, 223, 609–610.
- Sakaluk, SK. & Ivy, TM. (1999). Virgin-male mating advantage in sagebrush crickets: differential male competitiveness or non-independent female mate choice?. *Behaviour*, 136, 1335-1346.
- Schaus, JM. & Sakaluk, SK. (2001). Ejaculate expenditures of male crickets in response to varying risk and intensity of sperm competition: not all species play games. *Behavioral Ecology*, 12(6), 740-745.
- Sevgili, H. (2016). Spermatophore weight and sperm number in the southernmost species of the genus *Poecilimon* Fischer, 1853 (Orthoptera: Phaneropterinae). *Acta Biologica Turcica*, 29(3), 83-88.



- Sevgili, H. (2018). Bioacoustics and morphology of a new bush-cricket species of the genus *Isophya* (Orthoptera: Phaneropterinae) from Turkey. *Zootaxa*, 4514(4), 451.
- Sevgili, H. (2020). *Isophya sonora*, a new bush-cricket species from Eastern Black Sea region of Turkey (Orthoptera: Tettigoniidae; Phaneropterinae). *Zootaxa*, 4860(2), zootaxa-4860.
- Sevgili, H. (2022). Searching for mates may shape the immune response and parental investments. *bioRxiv*
- Sevgili, H., Ciplak, B., Heller, K. G. & 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.
- 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.
- Sevgili, H., Önal, H., & Yiğit, A. (2015). Mating behavior and spermatophore characteristics in two closely related bushcricket species of the genus *Phonochorion* (Orthoptera: Phaneropterinae). *Journal of Insect Behavior*, 28(4), 369-386.
- Sevgili, Hasan, Heller, KG. & Reinhold, K. (2011). "A re-assessment of the *Poecilimon syriacus* group (Orthoptera Tettigonioidae, Phaneropteridae) based on bioacoustics, morphology and molecular data". *Insect Systematics & Evolution*, 39(4), 361–379.
- Sevgili, H. (2019). Sex differences in immunity in a natural population of bush-cricket (Orthoptera: Phaneropterinae). *Biologia*.
- Shelomi, M. (2012). Where are we now? Bergmann's rule Sensu Lato in insects. *American Naturalist*, 180(4), 511–519.
- Simmons LW. & Gwynne DT. (1991). The refractory period of female katydids (Orthoptera: Tettigoniidae): sexual conflict over the remating interval? *Behavioral Ecology* 2: 276–282.
- Simmons, LW. (1986). Female choice in the field cricket *Gryllus bimaculatus* (De Geer). *Animal Behaviour*, 34(5), 1463-1470.
- Simmons, LW. (1988). The calling song of the field cricket, *Gryllus bimaculatus* (De Geer): constraints on transmission and its role in intermale competition and female choice. *Animal Behaviour*, 36(2), 380-394.
- Simmons, LW. (1995). Male bushcrickets tailor spermatophores in relation to their remating intervals. *Functional Ecology*, 881-886.
- Simmons, LW. (2014). Sperm competition. *The evolution of insect mating systems*, 181-203.
- Simmons, LW. & Bailey, WJ. (1990). Resource influenced sex roles of zaprochiline tettigoniids (Orthoptera: Tettigoniidae). *Evolution*, 44(7), 1853-1868.

- Simmons, L.W., Craig, M., Llorens, T., Schinzig, M. & Hosken, D. (1993). Bushcricket spermatophores vary in accord with sperm competition and parental investment theory. *Proceedings of the Royal Society of London. Series B: Biological Sciences*, 251(1332), 183-186.
- Simmons, L.W., Llorens, T., Schinzig, M., Hosken, D. & Craig, M. (1994). Sperm competition selects for male mate choice and protandry in the bushcricket, *Requena verticalis* (Orthoptera: Tettigoniidae). *Animal Behaviour*, 47(1), 117-122.
- Simmons, L.W., Teale, R.J., Maier, M., Standish, R.J., Bailey, W.J. & Withers, P.C. (1992). Some costs of reproduction for male bushcrickets, *Requena verticalis* (Orthoptera: Tettigoniidae) allocating resources to mate attraction and nuptial feeding. *Behavioral Ecology and Sociobiology*, 31(1), 57-62.
- SPSS, 2006. SPSS Base15.0 User's Guide, SPSS Inc., Chicago, USA.
- Stauffer, T.W. & Whitman, D.W. (1997). Grasshopper oviposition. *Bionomics of grasshoppers, katydids, and their kin*.
- Stearns S.C. (1992). *The Evolution of Life Histories*. Oxford University Press, Oxford, UK.
- Stears, C.S. & Hoekstra. (2005). *Evolution an Introduction*. Oxford University press.
- Stillwell, R.C., Blanckenhorn, W.U., Teder, T., Davidowitz, G. & Fox, C.W. (2010). Sex Differences in Phenotypic Plasticity Affect Variation in Sexual Size Dimorphism in Insects: From Physiology to Evolution. *Annual Review of Entomology*, 55(1), 227-245.
- Sturm, R. (2011). The effect of remating on sperm number in the spermatophores of *T. eleogryllus commodus* (Gryllidae). *Invertebrate Biology*, 130(4), 362-367.
- Sturm, R. (2014). Comparison of sperm number, spermatophore size, and body size in four cricket species. *Journal of Orthoptera Research*, 23(1), 39-47.
- Şirin, D., Taylan, M.S., Bircan, R., Akyildiz, G. & Can, L. (2021). Phylogenetic and phylogeographic analysis of *Myrmeleotettix maculatus* (Orthoptera: Acrididae: Gomphocerinae) species group in Anatolia. *Zootaxa*, 4949(1), zootaxa-4949.
- Tanner, J.C., Garbe, L.M. & Zuk, M. (2019). When virginity matters: age and mating status affect female responsiveness in crickets. *Animal Behaviour*, 147, 83-90.
- Taylan, M.S., Di Russo, C., Rampini, M. & Ketmaier, V. (2013). Molecular systematics of the genus *Troglophilus* (Rhopidophoridae, Orthoptera) in Turkey: mitochondrial 16S rDNA evidences. *ZooKeys*, (257), 33.
- Taylan, M.S. & Şirin, D. (2016). Speciation of the genus *Dolichopoda* in Anatolia with reference to the role of ancient central lake system. *Insect Systematics & Evolution*, 47(3), 267-283.
- Thornhill R. & Alcock J. (1983). *The evolution of insect mating systems*. Cambridge, Harvard University Press, 547pp.

- Thornhill, R. (1976). Sexual selection and paternal investment in insects. *American Naturalist*, 110, 153–163.
- Thornhill, R. (1981). *Panorpa* (Mecoptera: Panorpidae) scorpionflies: systems for understanding resource-defense polygyny and alternative male reproductive efforts. *Annual Review Ecology Systematics*, 12, 355–386.
- Uma, R. & Sevgili, H. (2015). Spermatophore allocation strategy over successive matings in the bushcricket *Isophya sikorai* (Orthoptera Phaneropterinae). *Ethology Ecology and Evolution*, 27(2), 129–147.
- Ünal, M. (2005). A new species of *Isophya* Brunner von Wattenwyl (Orthoptera: Tettigoniidae: Phaneropterinae) from Turkey. *Entomological news*, 116 (4).
- Ünal, M. (2010). Phaneropterinae (Orthoptera: Tettigoniidae) from Turkey and the Middle East II. *Transactions of the American Entomological Society*, 136(2), 125–183.
- Vahed K, Gilbert FS. (1996). Differences across taxa in nuptial gift size correlate with differences in sperm number and ejaculate volume in bushcrickets (Orthoptera: Tettigoniidae). *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, 263: 1257–1265.
- Vahed K., Lehmann AW., Gilbert JD. & Lehmann GUC. (2011). Increased copulation duration before ejaculate transfer is associated with larger spermatophores, and male genital titillators, across bushcricket taxa. *Journal of Evolutionary Biology*, 24, 1960–1968.
- Vahed K. (2006). Larger ejaculate volumes are associated with a lower degree of polyandry across bushcricket taxa. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, 273, 2387–2394.
- Vahed, K. (2002). Coercive copulation in the alpine bushcricket *Anonconotus alpinus* Yersin (Tettigoniidae: Tettigoniinae: Platycleidini). *Ethology*, 108(12), 1065-1075.
- Vahed, K. (2003) Increases in egg production in multiply mated female bushcrickets *Leptophyes punctatissima* are not due to substances in the nuptial gift. *Ecological Entomology*, 28, 124-128
- Vahed, K. (2007). Comparative evidence for a cost to males of manipulating females in bushcrickets. *Behavioral Ecology*, 18(3), 499-506.
- Vahed, K. (1998). The function of nuptial feeding in insects: a review of empirical studies. *Biological Reviews*, 73, 43–78.
- Vahed, K. (2007). All that glitters is not gold: sensory bias, sexual conflict and nuptial feeding in insects and spiders. *Ethology*, 113, 105–127.
- Vahed, K., Lehmann, AW., Gilbert, JD. & Lehmann, GUC. (2011). Increased copulation duration before ejaculate transfer is associated with larger spermatophores, and male genital titillators, across bushcricket taxa. *Journal of Evolutionary Biology*, 24(9), 1960-1968.

- Voigt CC., Lehmann GUC., Michener RH. & Joachimski MM. (2006). Nuptial feeding is reflected in tissue nitrogen isotope ratios of female katydids. *Functional Ecology*, 20, 656–661.
- Voigt CC., Kretzschmar AS., Speakman JR. & Lehmann GUC. (2008). Female bushcrickets fuel their metabolism with male nuptial gifts. *Biology Letters*, 4, 476–478.
- Voigt, CC., Michener, R. & Kunz, TH. (2005). The energetics of trading nuptial gifts for copulations in katydids. *Physiological and Biochemical Zoology*, 78(3), 417-423.
- Wall, R. & Begon, M. (1987). Individual variation and the effects of population density in the grasshopper *Chorthippus brunneus*. *Oikos*, 15-27.
- Warchałowska-Śliwa, E., Chobanov, DP., Grzywacz, B. & Maryńska-Nadachowska, A. (2008). Taxonomy of the genus *Isophya* (Orthoptera, Phaneropteridae, Barbitistinae): Comparison of karyological and morphological data. *Folia biologica (Kraków)*, 56(3-4), 227-241.
- Wedell N, Arak A. (1989). The wartbiter spermatophore and its effect on female reproductive output (Orthoptera: Tettigoniidae, *Decticus verrucivorus*). *Behavioral Ecology and Sociobiology*, 24, 117–125.
- Wedell N. & Ritchie MG. 2004. Male age, mating status and nuptial gift quality in a bushcricket. *Animal Behaviour*, 67,1059–1065.
- Wedell N. (1991). Sperm competition selects for nuptial feeding in a bushcricket. *Evolution; International Journal of Organic Evolution*, 45,1975–1978.
- Wedell N. (1993a). Mating effort or paternal investment? Incorporation rate and cost of male donations in the wartbiter. *Behavioral Ecology and Sociobiology*, 32, 239–246.
- Wedell N. (1993b). Spermatophore size in bushcrickets: comparative evidence for nuptial gifts as a sperm protection device. *Evolution; International Journal of Organic Evolution*, 47, 1203–1212.
- Wedell, N. (1992). Protandry and mate assessment in the wartbiter *Decticus verrucivorus* (Orthoptera: Tettigoniidae). *Behavioral Ecology and Sociobiology*, 31(5), 301-308.
- Wedell, N. (1994). Dual function of the bushcricket spermatophore. *Proceedings of the Royal Society of London. Series B: Biological Sciences*, 258(1352), 181-185.
- Wedell, N. (1997). Ejaculate size in bushcrickets: the importance of being large. *Journal of Evolutionary Biology*, 10(3), 315-325.
- Wedell, N. & Cook, PA. (1999a). Strategic sperm allocation in the small white butterfly *Pieris rapae* (Lepidoptera: Pieridae). *Functional Ecology*, 13(1), 85-93.
- Wedell, N. & Cook, PA. (1999b). Butterflies tailor their ejaculate in response to sperm competition risk and intensity. *Proceedings of the Royal Society of London. Series B: Biological Sciences*, 266(1423), 1033-1039.

- Wedell, N. & Ritchie, MG. (2004). Male age, mating status and nuptial gift quality in a bushcricket. *Animal Behaviour*, 67(6), 1059-1065.
- Wedell, N., Tregenza, T. & Simmons, LW. (2008). Nuptial gifts fail to resolve a sexual conflict in an insect. *BMC Evolutionary Biology*, 8(1), 1-7.
- Weissman DB., Judge KA., Williams SC., Whitman DW. & Lee VF. (2008). Small-male mating advantage in a species of Jerusalem cricket (Orthoptera: Stenopelmatinae: Stenopelmatus). *Journal of Orthoptera Research*, 17, 321-332
- Welke, KW. & Schneider, JM. (2012). Sexual cannibalism benefits offspring survival. *Animal Behavior*, 83, 201–207.
- Whitman DW. & Agrawal AA. (2009). What is phenotypic plasticity and why is it important? pp. 1-63. In: Whitman D.W., Ananthakrishnan T.N. (Eds). *Phenotypic Plasticity of Insects: Mechanism and Consequences*. Science Publishers, Enfield, NH, USA.
- Whitman, DW. (2008). The significance of body size in the Orthoptera: a review. *Journal of Orthoptera Research*, 17(2), 117–134.
- Whitman, DW., & Agrawal, AA. (2009). What is phenotypic plasticity and why is it important. *Phenotypic plasticity of insects: Mechanisms and consequences*, 1-63.
- Woodward G., Ebenman B., Ernmerson M., Montoya JM., Olesen JM., Valido A. & Warren PH. (2005). Body size in ecological networks. *Trends in Ecology & Evolution*, 20, 402-409.
- Wulff, NC. & Lehmann, GU. (2014). Manipulation of internal genitalia in a bushcricket (Orthoptera: Ensifera: Tettigoniidae): anchors or stimulatory devices?. *Mitteilungen der Deutschen Gesellschaft für allgemeine und angewandte Entomologie*, 19, 169-172.
- Wulff, NC. & Lehmann, GU. (2016). Function of male genital titillators in mating and spermatophore transfer in the tettigoniid bushcricket *Metrioptera roeselii*. *Biological Journal of the Linnean Society*, 117(2), 206-216.
- Yiğit, A., Sevgili, H. & Özdemir, H. (2019). Male bush-cricket in female-biased environment allocate fewer sperm per ejaculation. *Entomological News*, 128(4), 393–403.
- Yiğit, A. (2013). *Isophya rizeensis*'de (Orthoptera: Tettigoniidae) Eşey Oranının Çiftleşme Yatırımına Etkisi. Yüksek Lisans Tezi. Ordu Üniversitesi. Fen Bilimleri Enstitüsü, Biyoloji Bölümü. Ordu

## EKLER

### EK 1. *Isophya zernovi* tür grubuna ait lokalite bilgileri

Tarih	Lokalite	Tür	Enlem	Boylam	Yükseklik (m)
06.06.2018	Gümüşhane, Vauk Dağı	Çok küçük nimfler halinde <i>I. autumnalis</i>	40.057164	40.442614	1965
07.06.2018	Erzurum, Oltu	<i>Isophya</i> nimfine rastlanmadı	40.639850	40.130950	1219
07.06.2018	Erzurum, Oltu-Şenkaya, Uğurlu Köyü	<i>Isophya</i> nimfine rastlanmadı	40.746633	42.281133	1453
07.06.2018	Erzurum, Uzundere, Dikyar Köyü	<i>Isophya zernovi</i> (genç ergin ve son devre nimfler)	40.553753	41.494822	1480
07.06.2018	Erzurum, Uzundere, Çamlıyamaç	<i>Isophya zernovi</i> son devre nimf ve genç erginler	40.632097	41.552178	1652
07.06.2018	Erzurum, Uzundere, Çamlıyamaç-Kılıçkaya (Yusufeli) yolu	<i>Isophya zernovi</i> nimfleri	40.646111	41.559972	1890
08.06.2018	Artvin, Yusufeli, Kılışkaya, Mezra mevki	<i>Isophya zernovi</i> genç ergin ve nimfler	40.677142	41.489647	1550
08.06.2018	Artvin, Yusufeli, Kılışkaya, Mezra mevki	<i>Isophya zernovi</i> nimfler	40.667403	41.483353	1760
08.06.2018	Erzurum, İspir-Bayburt yolu	<i>Isophya</i> sp.	40.406314	40.600481	1540
09.06.2018	Bayburt, Kop dağı	<i>I. bicarinata</i> nimfleri	40.057164	40.442614	1950
09.06.2018	Gümüşhane, Kelkit yolu, Pekün dağı	<i>Isophya sureyai</i> ve <i>I. autumnalis</i> nimfleri	40.261058	39.476633	2031
09.06.2018	Gümüşhane, Kelkit yolu	<i>Isophya sureyai</i> , <i>I. autumnalis</i> (Ergin bireyler)	40.289856	39.485139	1654
10.06.2018	Gümüşhane, Krom vadisi	<i>I. autumnalis</i>	40.564183	39.591381	1947
10.06.2018	Gümüşhane, Krom vadisi	<i>I. autumnalis</i>	40.566806	39.589428	2016
20.06.2018	Trabzon, Zigana dağı (Tip lokalitesi)	<i>I. autumnalis</i> nimfleri	40.635587	39.408333	2160
21.06.2018	Gümüşhane-Trabzon, Santa Harabeleri civarı, Sirt yaylası	<i>Isophya</i> sp.	40.645858 ve 40.641642	39.781125 ve 39.771317	2170 ve 2100
22.06.2018	Trabzon, Çaykara, Sultan Murat yayla yolu	<i>Isophya karadenizensis</i>	40.682181	40.200528	1758
22.06.2018	Trabzon, Çaykara, Sultan Murat yayla yolu	<i>Isophya karadenizensis</i>	40.670678	40.170764	2107

23.06.2018	Trabzon, aykara, Sultan Murat yayla yolu	<i>Isophya karadenizensis</i>	40.678228	40.191883	1895
05.07.2018	Bayburt-Erzurum, Kop Dağı	<i>Isophya bicarinata</i>	40.057164	40.442614	1965
06.07.2018	Gümüşhane, Pekün Dağı	<i>I. autumnalis</i>	40.259192	39.478003	2087
07.07.2018	Gümüşhane, Vauk Dağı	<i>I. autumnalis</i>	40.368253	39.839767	1975
10.08.2018	Artvin, Ardanu- Ardahan	<i>Isophya zernovi</i> 'ye rastlanmadı	41.041611	42.255456	2120
10.08.2018	Artvin, Ardanu, Kutul yaylası	<i>Isophya zernovi</i> 'ye rastlanmadı	41.082683	42.200172	2088
11.08.2018	Rize, Ovit Dağı	<i>Isophya</i> 'ya rastlanmadı	40.640536	40.739294	2350
12.08.2018	Rize, İkidere, Anzer yaylası	<i>Isophya karadenizensis</i>	40.591769	40.517883	2160

**EK 2. *Isophya rectipennis* tür grubuna ait lokalite bilgileri**

Tarih	Lokalite	Tür	Enlem	Boylam	Yükseklik (m)
24.05.19	Bolu	<i>I. rectipennis</i>	40.6806370	31.6350520	824
24.05.19	Bolu (Kıbrısık yolu)	<i>I. rectipennis</i>	40.6570990	31.6244410	1164
24.05.19	Bolu (Kıbrısık yolu)	<i>I. rectipennis</i>	40.6803110	31.6357410	830
24.05.19	Bolu (Kıbrısık yolu)	<i>I. rectipennis</i>	40.6791025	31.6359398	853
24.05.19	Bolu (Dörtdivan yolu)	<i>I. rectipennis</i>	40.7500170	32.042877	1187
24.05.19	Bolu (Yeniçağa-Dörtdivan arası)	<i>I. rectipennis</i>	40.7643480	32.0341690	1081
23.05.19	Bolu (Yeniçağa)	<i>I. rectipennis</i>	40.7880050	32.1130120	1167
24.05.19	Bolu (Yeniçağa)	<i>I. rectipennis</i>	40.7882707	32.1125808	1159
18.05.19	Çankırı-Çorum yolu	<i>I. stenocauda</i>	40.4498350	33.9174260	656
18.05.19	Çorum, İskilip, Eskiköy	<i>I. stenocauda</i>	40.6697090	34.4274750	740
18.05.19	Çorum, İskilip	<i>I. stenocauda</i>	40.7233940	34.4798380	721
18.05.19	Çorum, İskilip, Kılıçdere civarları	<i>I. stenocauda</i>	40.6855360	34.5732740	842
18.05.19	Çorum, İskilip, Başmakçı civarları	<i>I. stenocauda</i>	40.7199500	34.5767080	1118
16.05.19	Çorum, Meçhulasker geçidi	<i>I. stenocauda</i>	40.5941290	35.0600070	1177
17.05.19	Kırıkkale, Ballıseyh	<i>I. nervosa</i>	39.89343	33.685044	900
17.05.19	Kırıkkale, Ballıseyh	<i>I. nervosa</i>	39.94351	33.722532	938
16.05.19	Kırıkkale, Delice-Büyükaşar yolu	<i>I. nervosa</i>	40.021711	33.97556	1120
16.05.19	Kırıkkale, Delice, Elmalı	<i>I. nervosa</i>	40.020522	33.914866	1190
16.05.19	Kırıkkale, Delice, Elmalı	<i>I. nervosa</i>	40.017764	33.906841	1158
17.05.19	Çankırı, Kızılırmak, Yukarıalagöz	<i>I. nervosa</i>	40.38889	33.918555	584
14.06.19	Amasya, Merzifon	<i>I. nervosa</i>	40.865444	35.376481	744
26.07.19	Tosya-Kastamonu yolu	<i>I. obenbergeri</i>	41.12398	34.069601	1631
26.07.19	Tosya-Kastamonu yolu	<i>I. obenbergeri</i>	41.129273	34.080971	1790
26.07.19	Tosya-Kastamonu yolu	<i>I. obenbergeri</i>	41.1299	34.08156	1806
27.07.19	Kastamonu, Tosya, Aşağıberçin yukarıları	<i>I. obenbergeri</i>	41.10572	33.934629	1857
27.07.19	Kastamonu, Ilgaz Dağı	<i>I. obenbergeri</i>	41.050686	33.714852	2039
15.06.19	Kastamonu, Ilgaz Dağı	<i>I. obenbergeri</i>	41.069712	33.729798	1901
16.06.19	Kastamonu, Ilgaz Dağı	<i>I. obenbergeri</i>	41.109892	33.739534	1386
13.07.19	Kastamonu-Sinop, Yaralıgöz	<i>I. obenbergeri</i>	41.770166	34.063115	1428
13.07.19	Kastamonu-Sinop, Yaralıgöz	<i>I. obenbergeri</i>	41.769342	34.055544	1478
16.06.19	Sinop, Durağan, Başağaç	<i>I. obenbergeri</i>	41.387654	35.163725	263
16.06.19	Sinop, Durağan, Başağaç	<i>I. obenbergeri</i>	41.400258	35.212179	668
16.06.19	Sinop, Durağan, Sarıyar üstleri	<i>I. obenbergeri</i>	41.393152	35.288593	1174
12.07.19	Kastamonu, Tosya, Yağcılar	<i>I. ilkazi</i>	40.92107	34.111293	912



12.07.19	Kastamonu, Tosya-İskilip yolu	<i>I. ilkazi</i>	40.938899	34.207735	1588
12.07.19	Kastamonu, Tosya-İskilip yolu	<i>I. ilkazi</i>	40.973192	34.204784	1390
14.06.19	Çankırı, Ilgaz	<i>I. ilkazi</i>	40.916347	33.649272	880
14.06.19	Kastamonu, Ilgaz Dağı Milli Parkı	<i>I. ilkazi</i>	41.050696	33.71461	2039

**EK 3. *I. rectipennis* tür grubunda bazı morfolojik yapılara ait ilişkin temel istatistikler**

Değişkenler	<i>Isophya rectipennis</i> tür grubu																								
	<i>I. rectipennis</i>					<i>I. ilkazi</i>					<i>I. nervosa</i>					<i>I. stenocauda</i>					<i>I. obenbergeri</i>				
	N	Min	Max	Ort	SH	N	Min	Max	Ort	SH	N	Min	Max	Ort	SH	N	Min	Max	Ort	SH	N	Min	Max	Ort	SH
<b>Ovpz</b>	20	8.19	10.05	9.02	0.44	13	8.82	10.48	9.60	0.12	20	9.66	10.78	10.16	0.07	20	10.37	12.37	11.57	0.10	20	10.07	12.42	10.82	0.12
<b>D-Prnt</b>	20	4.11	4.78	4.45	0.22	14	3.69	4.76	4.09	0.08	20	4.28	5.13	4.64	0.05	20	4.79	5.50	5.15	0.04	20	3.50	4.25	4.01	0.04
<b>D-Knt-U</b>	20	1.62	2.57	2.20	0.26	14	1.82	2.85	2.18	0.08	20	2.35	3.52	2.82	0.08	20	1.80	2.99	2.39	0.06	20	1.45	2.61	1.93	0.06
<b>D-Knt-G</b>	20	4.53	5.36	5.01	0.22	14	4.22	5.24	4.72	0.08	20	4.74	5.92	5.17	0.06	20	4.86	6.10	5.43	0.06	20	4.05	5.17	4.65	0.05
<b>D-sgf</b>	19	15.47	18.30	16.98	0.75	14	14.97	17.91	15.98	0.24	20	16.03	18.53	17.48	0.14	20	17.63	20.18	18.80	0.14	20	15.06	18.61	16.52	0.19
<b>D-slf</b>	20	15.73	19.95	17.21	0.90	14	14.21	17.46	16.19	0.25	19	16.42	18.75	17.45	0.15	19	17.77	20.02	18.90	0.16	19	15.02	18.56	16.63	0.20
<b>E-Prnt</b>	20	3.57	4.29	3.98	0.19	14	3.30	4.10	3.76	0.07	20	3.36	4.53	4.09	0.06	20	4.07	4.77	4.50	0.03	20	3.11	3.83	3.54	0.03
<b>E-Knt-G</b>	17	4.31	5.67	5.06	0.35	12	4.54	5.54	5.03	0.09	18	4.41	5.71	4.97	0.07	18	5.16	6.03	5.66	0.06	20	4.42	5.07	4.78	0.04
<b>E-sgf</b>	19	15.47	17.59	16.15	0.57	14	13.56	16.71	15.40	0.25	20	15.30	18.08	16.59	0.16	20	16.41	19.66	17.55	0.18	20	14.52	16.98	15.86	0.14
<b>Erkek-slf</b>	20	15.36	17.25	16.34	0.55	14	13.45	16.65	15.46	0.24	20	15.55	17.73	16.55	0.16	18	16.45	20.16	17.87	0.24	20	14.79	16.71	15.91	0.12

**EK 4. *I. zernovi* tür grubunda bazı morfolojik yapılara ait temel istatistikler**

<i>Isophya zernovi</i> tür grubu																				
Değişkenler	<i>I. karadenizensis</i>					<i>I. bicarinata</i>					<i>I. zernovi</i>					<i>I. autumnalis</i>				
	N	Min	Max	Ort	SH	N	Min	Max	Ort	SH	N	Min	Max	Ort	SH	N	Min	Max	Ort	SH
Ovpz	25	5.49	6.83	6.14	0.06	24	7.34	8.80	8.00	0.08	23	8.23	10.01	8.85	0.10	25	8.08	9.74	8.75	0.08
D-Prnt	25	3.04	5.03	3.86	0.08	24	3.63	4.48	3.93	0.04	25	0.43	5.06	4.41	0.17	25	3.53	4.46	4.05	0.04
D-Knt-U	25	0.69	2.55	1.36	0.08	23	0.71	1.62	1.17	0.05	25	1.98	3.63	2.45	0.06	25	1.17	3.14	2.23	0.08
D-Knt-G	25	4.37	6.61	5.08	0.12	23	4.58	5.80	5.15	0.05	25	5.14	6.12	5.61	0.05	25	4.56	5.51	5.16	0.04
D-sgf	25	9.00	14.86	13.56	0.23	24	14.79	16.43	15.63	0.09	23	18.21	20.36	19.08	0.14	24	14.62	17.23	16.08	0.12
D-slf	22	12.01	14.69	13.62	0.14	24	14.78	16.55	15.63	0.10	25	17.31	19.92	18.94	0.13	23	0.00	16.92	15.48	0.70
E-Prnt	25	2.79	3.75	3.19	0.04	24	2.79	3.83	3.44	0.04	24	3.32	5.00	4.16	0.08	25	3.08	4.03	3.54	0.04
E-Knt-G	25	4.34	5.17	4.68	0.04	24	4.45	5.92	5.09	0.08	20	0.00	6.10	5.00	0.38	23	3.55	4.97	4.48	0.07
E-sgf	25	11.62	14.52	13.34	0.12	21	13.59	15.73	14.45	0.11	24	16.09	19.17	17.51	0.16	24	14.21	16.86	15.58	0.13
Erkek-slf	22	12.06	14.36	13.31	0.10	21	13.42	15.66	14.50	0.12	22	16.25	19.48	17.69	0.19	21	14.41	16.51	15.40	0.13

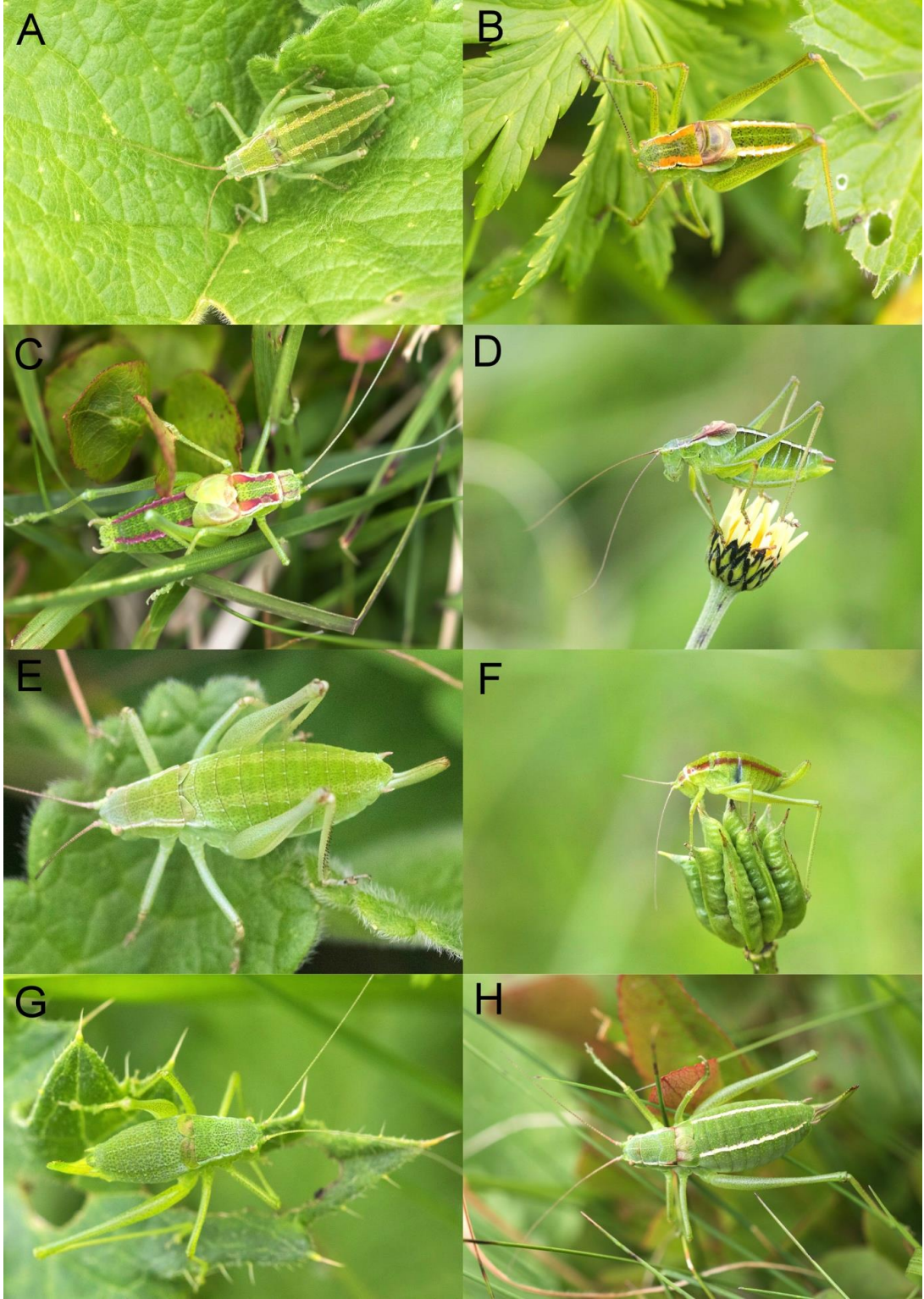
**EK 5. *I. zernovi* tür grubuna ait tanımlayıcı veriler**

<i>Isophya zernovi</i> tür grubu																				
Değişkenler	<i>I. karadenizensis</i>					<i>I. bicarinata</i>					<i>I. zernovi</i>					<i>I. autumnalis</i>				
	N	Min	Max	Ort	SH	N	Min	Max	Ort	SH	N	Min	Max	Ort	SH	N	Min	Max	Ort	SH
EA (gr)	30	0.48	0.78	0.60	0.01	27	0.55	0.76	0.65	0.01	31	0.78	1.09	0.93	0.01	25	0.62	0.92	0.79	0.01
DA (gr)	30	0.50	0.82	0.62	0.01	27	0.62	0.98	0.74	0.01	31	0.86	1.51	1.12	0.02	25	0.80	1.13	0.94	0.01
SPF (gr)	30	0.10	0.15	0.12	0.00	27	0.11	0.19	0.14	0.00	31	0.11	0.23	0.18	0.00	25	0.15	0.24	0.20	0.00
SPFLX (gr)	30	0.07	0.11	0.09	0.00	27	0.07	0.13	0.09	0.00	31	0.06	0.17	0.12	0.00	25	0.09	0.18	0.14	0.00
AMP (gr)	30	0.02	0.04	0.03	0.00	27	0.03	0.07	0.04	0.00	31	0.02	0.07	0.05	0.00	25	0.03	0.07	0.05	0.00
SP*10 <sup>4</sup>	30	182	1786	828	64	27	390	2095	886	752	31	294	2308	1020	9287	25	208	2656	1189	104
%SPF	30	17.86	34.76	26.93	0.80	27	17.53	27.76	21.76	0.5	31	13.04	25.67	19.45	0.57	25	18.75	31.41	25.33	0.61
%SPFLX	30	10.63	19.08	15.07	0.41	27	8.41	19.33	14.58	0.41	31	7.51	20.88	13.36	0.47	25	12.50	23.08	18.22	0.52
%AMP	30	3.44	7.20	5.66	0.16	27	4.83	9.83	6.61	0.23	31	2.75	8.22	5.62	0.21	25	4.53	8.88	6.70	0.22

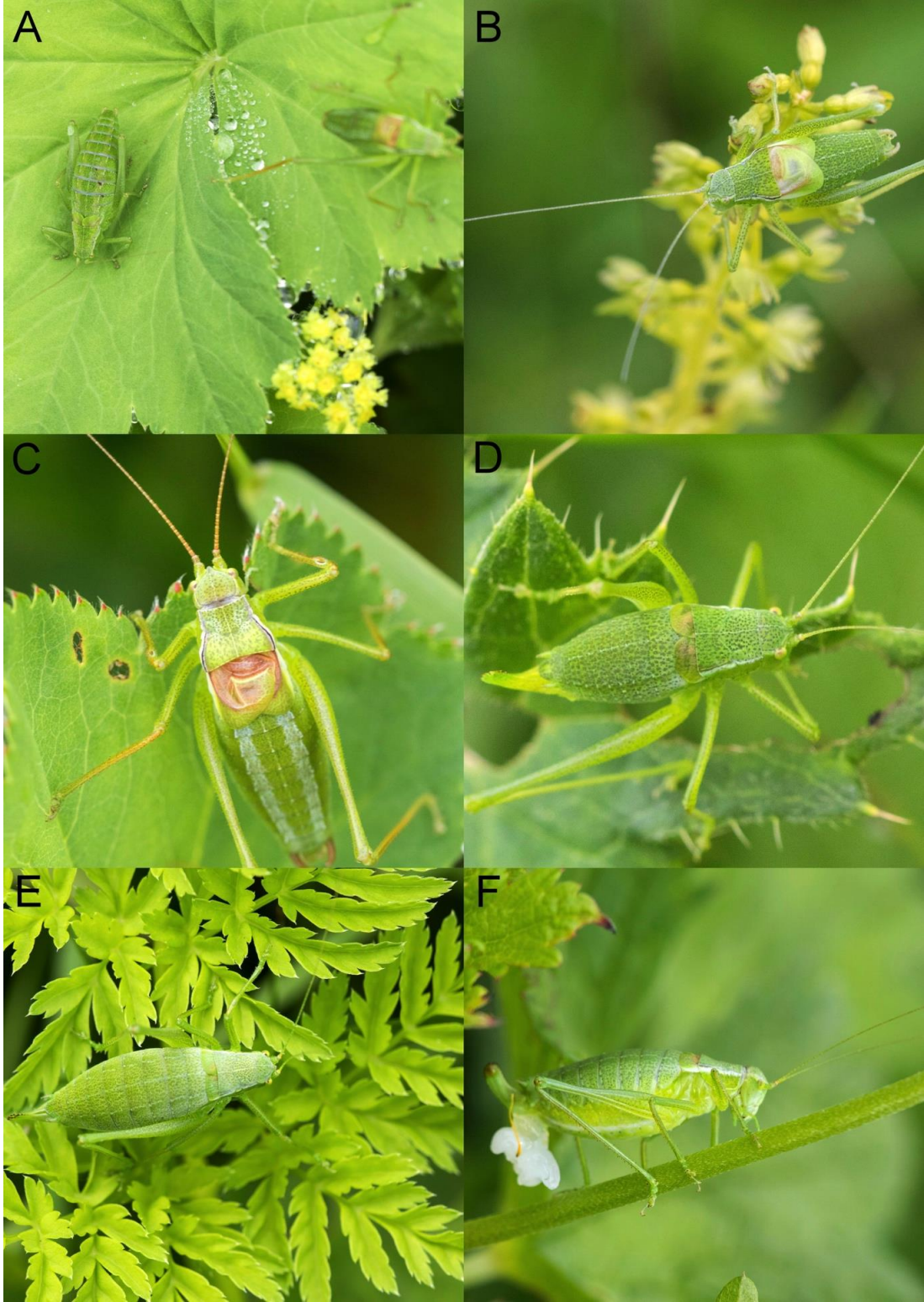
**EK 6. *I. rectipennis* tür grubuna ait tanımlayıcı veriler**

Değişkenler	<i>Isophya rectipennis</i> tür grubu																								
	<i>I. rectipennis</i>					<i>I. ilkazi</i>					<i>I. nervosa</i>					<i>I. stenocauda</i>					<i>I. obenbergeri</i>				
	N	Min	Max	Ort	SH	N	Min	Max	Ort	SH	N	Min	Max	Ort	SH	N	Min	Max	Ort	SH	N	Min	Max	Ort	SH
EA	27	0.61	0.87	0.72	0.01	14	0.45	0.87	0.70	0.03	27	0.66	0.83	0.73	0.00	25	0.74	1.17	0.95	0.01	30	0.55	0.79	0.65	0.01
DA (gr)	27	0.72	1.17	0.88	0.01	14	0.59	0.92	0.76	0.02	27	0.72	1.03	0.88	38.30	25	0.87	1.37	1.10	0.02	30	0.57	0.96	0.73	0.01
SPF (gr)	27	0.10	0.16	0.13	0.00	14	0.07	0.24	0.16	0.01	27	0.10	0.18	0.15	0.00	25	0.13	0.27	0.21	0.00	30	0.08	0.18	0.14	0.00
SPLX (gr)	27	0.06	0.11	0.08	0.00	14	0.05	0.17	0.12	0.01	27	0.07	0.14	0.11	0.00	25	0.09	0.21	0.16	0.00	30	0.04	0.13	0.10	0.00
AMP (gr)	27	0.03	0.06	0.04	0.00	14	0.02	0.06	0.04	0.00	27	0.02	0.10	0.04	0.00	25	0.03	0.06	0.05	0.00	30	0.02	0.05	0.04	0.00
SP*10 <sup>4</sup>	27	393	1118	740	37	14	399	1244	842	73	27	35	1239	784	50	25	406	1723	1116	57	30	321	1482	880	50
%SPF	27	14.09	22.37	18.38	0.41	14	16.01	28.65	22.71	1.05	27	16.06	24.09	20.44	1.11	25	17.91	27.78	22.85	0.54	30	11.47	26.47	21.86	0.51
%SPFLX	27	8.73	16.59	12.34	0.37	14	11.33	20.81	16.62	0.86	27	11.41	18.56	15.30	0.38	25	12.33	21.75	16.97	0.50	30	9.94	19.15	15.56	0.35
%AMP	27	4.98	7.95	5.87	0.12	14	4.58	7.85	5.91	0.25	27	3.78	6.38	5.09	0.13	25	4.25	6.86	5.52	0.11	30	4.68	8.41	6.19	0.17

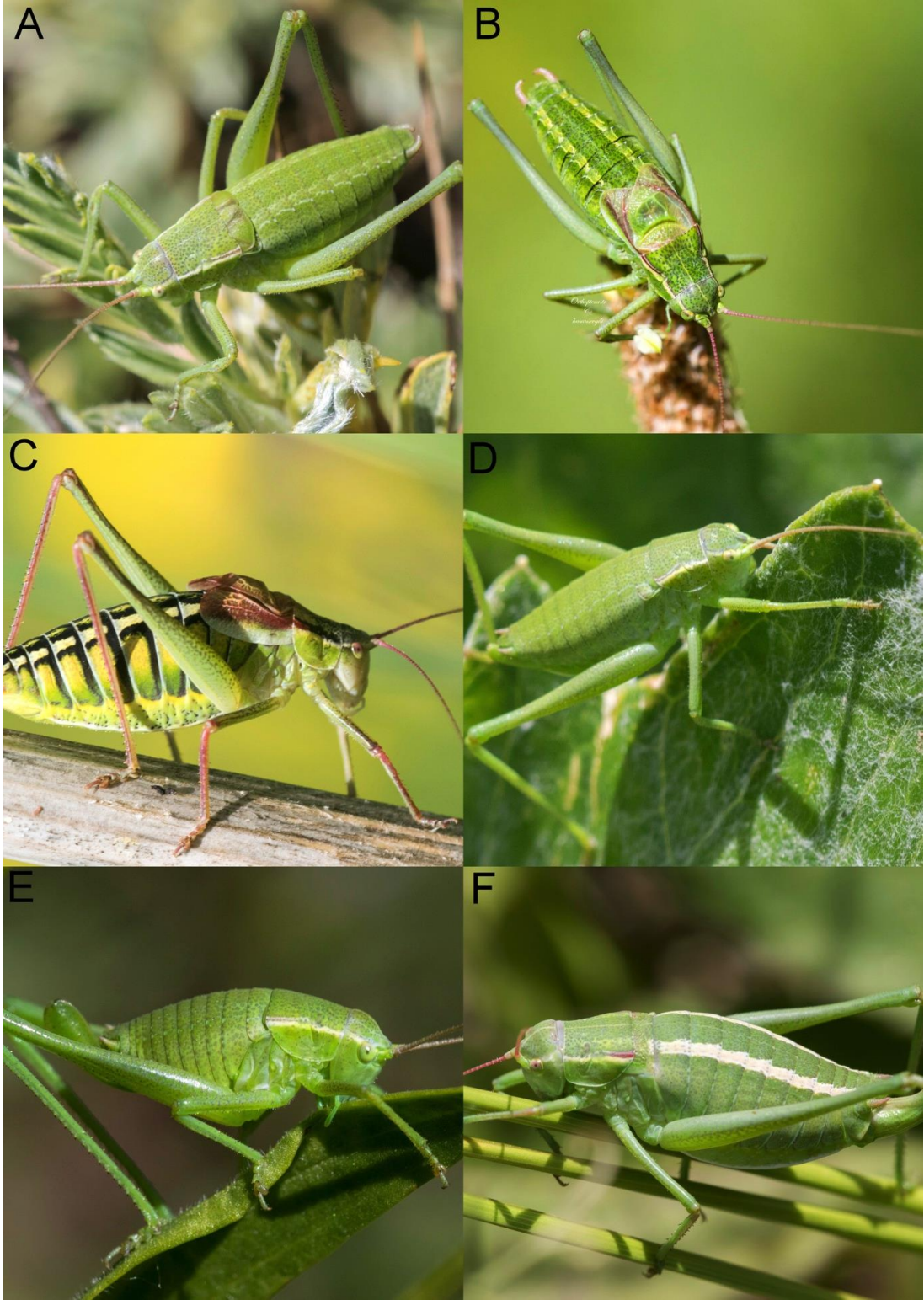
**EK 7. *Isophya autumnalis* nimf, genç ergin ve erginleri. A-D, erkek (A, son evre nimf; B-C, genç ve yeni ergin; D, Ergin), E-H, dişi (E-F, sen evre nimf; G, genç ergin, H, ergin)( Fotoğraf: H. Sevgili).**



**EK 8.** *Isophya karadenizensis* nimf, genç ergin ve erginleri. A-C, erkek (A, son evre nimf; B, yeni ergin, C, ergin); D-F, dişi (D, yeni ergin; E, ergin; F, yeni çiftleşmiş ve spermatofor taşıyan bir dişi) (Fotoğraf: H. Sevgili).

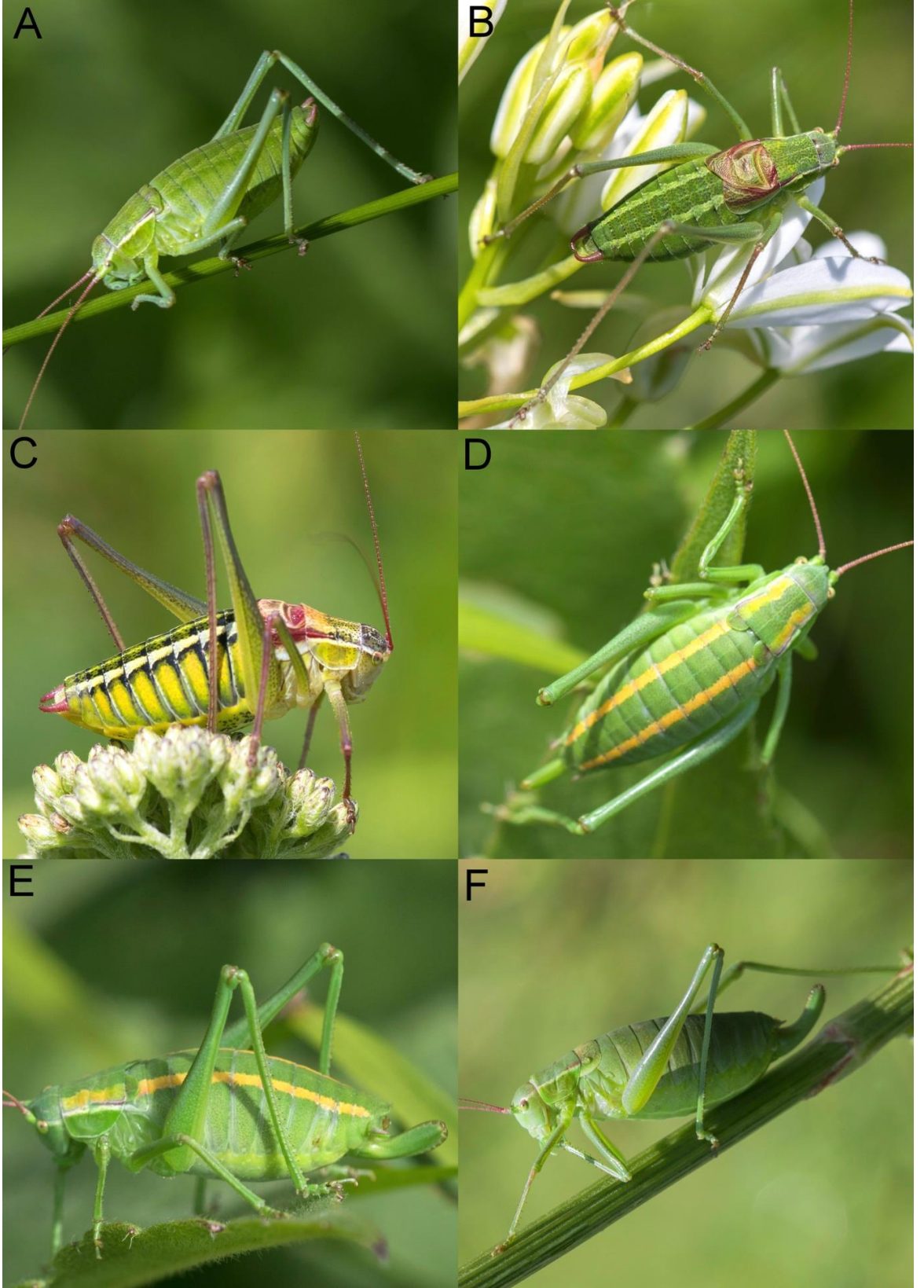


**EK 9. *Isophya bicarinata* nimf, genç ergin ve erginleri. A-C, erkek (A, nimf; B, genç ergin; C, ergin); D-F, dişi (D, genç evre nimf; E, son evre nimf; F, ergin) (Fotoğraf: H. Sevgili).**

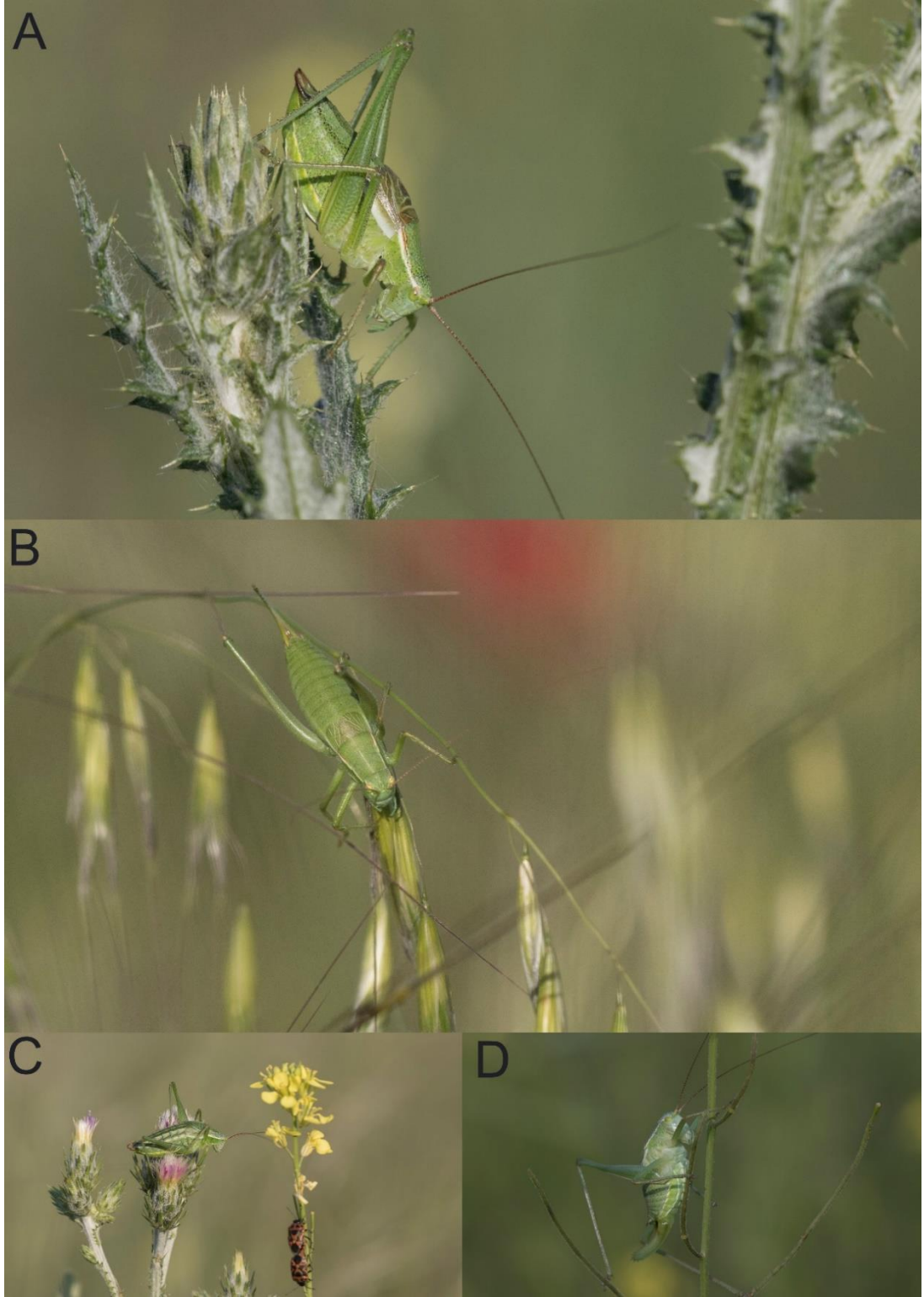




**EK 10. *Isophya zernovi* nimf, genç ergin ve erginleri . A-C, erkek (A, son evre nimf; B, genç ergin; C; ergin); D-F, dişi (D-E, sen evre nimf; F, ergin) (Fotoğraf: H. Sevgili).**



EK 11. *Isophya nervosa*. A, C: Juvenil ergin erkek; B, D: Juvenil dişi (Fotoğraf: H. Sevgili, Kırıkkale).



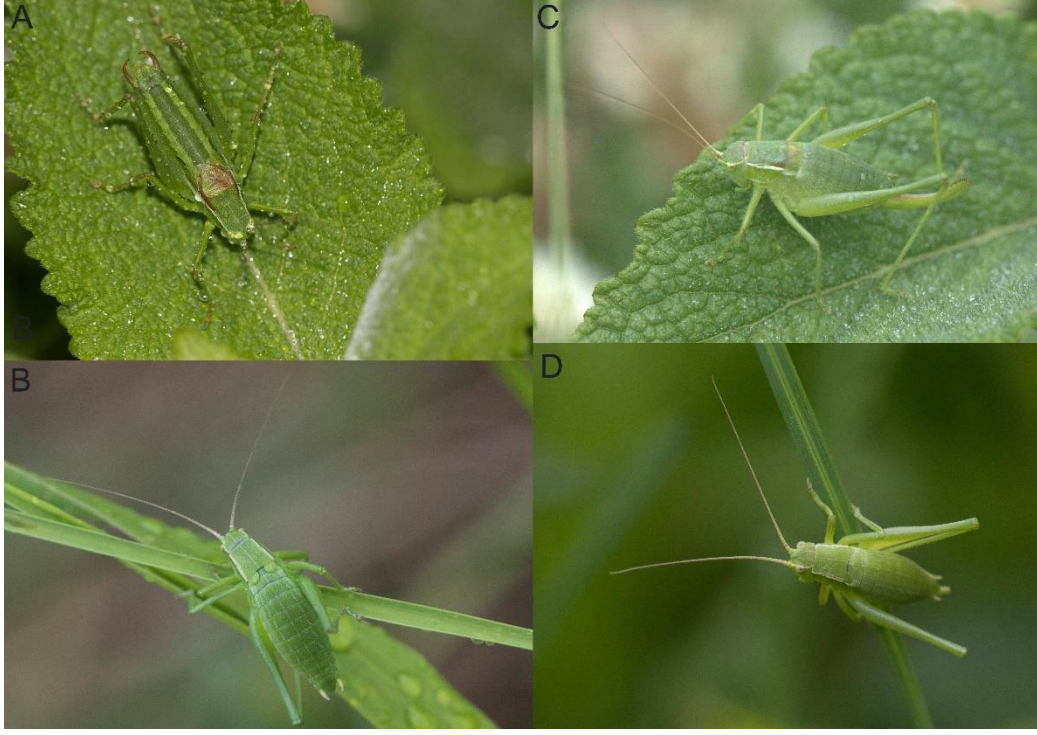
EK 12. *Isophya nervosa*, A-B: Son evre dişi nimf; C-D: Son evre erkek nimf, *Isophya ilkazi*, A-B erkek, C-D dişi (Fotoğraf: H. Sevgili).



*Isophya ilkazi*, A-B: Erkek; C-D: Dişi



EK 13. *Isophya obenbergeri*, A: Ergin erkek; B: Nimf erkek; C: Juvenil dişi; D: Nimf dişi, *Isophya obenbergeri* erkek, B-D *Isophya ilkazi* dişi (Fotoğraf: H. Sevgili).



A. *Isophya obenbergeri*, erkek; B-D: *Isophya ilkazi* erkekleri



**EK 14. *Isophya bicarinata*'nın toplandığı habitat (Bayburt-Erzurum) (Fotoğraf: H. Sevgili).**



**EK 15. *Isophya autumnalis*'in toplandığı habitat (Gümüşhane, Gümüşhane-Trabzon arası) (Fotoğraf: H. Sevgili).**



*Isophya autumnalis* 'in toplandığı habitatтан görüntü (Gümüşhane-Trabzon).



**EK 16. *Isophya karadenizensis*'in toplandığı habitat (Trabzon, Erzurum-Artvin)  
(Fotoğraf: H. Sevgili).**



*Isophya zernovi*'nin toplandığı habitatlardan görüntü (Erzurum-Artvin)



**EK 17. *Isophya ilkazi*'nin toplandığı habitat (Kastamonu) (Fotoğraf: H. Sevgili).**





**EK 18. *Isophya ilkazi*'nin toplandığı habitat (Kastamonu) (Fotoğraf: H. Sevgili).**



**EK 19. *Isophya nervosa*'nın toplandığı habitat (Kırıkkale) (Fotoğraf: H. Sevgili).**



**EK 20. *Isophya stenocauda*'nın toplandığı habitat (Çorum) (Fotoğraf: H. Sevgili).**



**EK 21. *Isophya nervosa*'nın ve *Isophya obenebrgeri*'nin toplandığı habitat (Kırıkkale-Çankırı) (Fotoğraf: H. Sevgili).**



*Isophya obenbergeri*'nin toplandığı habitatlardan görüntüler (Kastamonu).



**EK 22. *Isophya obenbergeri* ve *Isophya rectipennis*'in toplandığı habitat (Kastamonu) (Fotoğraf: H. Sevgili).**



*Isophya rectipennis*'in toplandığı habitatlardan görüntüler (Kastamonu).



## ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler	
Adı Soyadı	Hülya ÖZDEMİR
Doğum Yeri	
Doğum Tarihi	
Uyruğu	<input checked="" type="checkbox"/> T.C. <input type="checkbox"/> Diğer:
Telefon	
E-Posta Adresi	
Eğitim Bilgileri	
Lisans	
Üniversite	Ordu Üniversitesi
Fakülte	Fen Edebiyat Fakültesi
Bölümü	Biyoloji Bölümü
Mezuniyet Yılı	11.06.2010
Yüksek Lisans	
Üniversite	Ordu Üniversitesi
Enstitü Adı	Fen Bilimleri Enstitüsü
Anabilim Dalı	Moleküler Biyoloji ve Genetik Anabilim Dalı
Mezuniyet Tarihi	23.08.2013
Doktora	
Üniversite	Ordu Üniversitesi
Enstitü Adı	Fen Bilimleri Enstitüsü
Anabilim Dalı	Moleküler Biyoloji ve Genetik Anabilim Dalı
Mezuniyet Tarihi	23.09.2022
Yayınlar	
<p>Yiğit, A., Sevgili, H., &amp; Özdemir, H. (2019). Male Bush-Crickets in Female-Biased Environment Allocate Fewer Sperm Per Ejaculation. <i>Entomological News</i>, 128(4), 393-403.</p> <p>Sevgili, H., Önal, H., &amp; Yiğit, A. (2015). Mating behavior and spermatophore characteristics in two closely related bushcricket species of the genus <i>Phonochorion</i> (Orthoptera: Phaneropterinae). <i>Journal of insect behavior</i>, 28(4), 369-386.</p>	