

**T.C.
HARRAN ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

***Isophya sikorai* (ORTHOPTERA: PHANEROPTERINAE)'DE ZAMANA
BAĞLI OLARAK ERKEĞİN SPERMATOFOR İÇERİĞİNİN DEĞİŞİMİ
ÜZERİNE BİR ÇALIŞMA**

RİHAN OKTAY

BİYOLOJİ ANABİLİM DALI

**ŞANLIURFA
2011**

**T.C.
HARRAN ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

***Isophya sikorai* (ORTHOPTERA: PHANEROPTERINAE)'DE ZAMANA
BAĞLI OLARAK ERKEĞİN SPERMATOFOR İÇERİĞİNİN DEĞİŞİMİ
ÜZERİNE BİR ÇALIŞMA**


RİHAN OKTAY

BİYOLOJİ ANABİLİM DALI

**ŞANLIURFA
2011**

Doç. Dr. Seyit Ahmet OYMAK danışmanlığında ve Doç. Dr. Hasan SEVGİLİ eş danışmanlığında Rihan OKTAY'ın hazırladığı “*Isophya sikorai*”de (Orthoptera: Phaneropterinae) Zamana Bağlı Olarak Erkeğin Spermatofor İçeriğinin Değişimi Üzerine Bir Çalışma” konulu bu çalışma 07/07/2011 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Biyoloji Anabilim Dalı’nda Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir.

Danışman : Doç. Dr. Seyit Ahmet OYMAK



Eş Danışman : Doç Dr. Hasan SEVGİLİ



Üye : Doç. Dr. Faruk SÜZERGÖZ



Üye : Yrd. Doç. Dr. Abdulcenap CEVHERİ



Üye : Yrd. Doç. Dr. Ertan YANIK



Bu Tezin Biyoloji Anabilim Dalı’nda Yapıldığını ve Enstitümüz Kurallarına Göre Düzenlendiğini Onaylarım.

Prof. Dr. Mehmet CİCİ
Enstitü Müdürü

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.

İÇİNDEKİLER

	Sayfa No
ÖZ	i
ABSTRACT	ii
TEŞEKKÜR	iii
ŞEKİLLER DİZİNİ	iv
ÇİZELGELER DİZİNİ	v
SİMGELER DİZİNİ	vi
1. GİRİŞ	1
1.1. Böceklerde erkekler tarafından dişiye sunulan yenilebilir özellikteki düğün hediyeleri	1
1.2. Yenilebilir bir düğün hediyesi olarak spermatofor	4
2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR	10
3. MATERYAL ve YÖNTEM	18
3.1. Materyal	18
3.1.1. Model organizma <i>Isophya sikorai</i>	18
3.2. Yöntem	19
3.2.1. Sonuçların değerlendirilmesi	22
4. ARAŞTIRMA BULGULARI ve TARTIŞMA	23
4.1. Çiftleşme davranışı	23
4.2. Spermatofor yatırımı ve içeriği	244
4.3. Çiftleşme sayısına ve yaşa bağlı spermatofor yatırımındaki içeriğin değişimi	26
4.4. Erkek ağırlığı ile spermatofor içeriği arasındaki ilişkiler ve erkeğin stratejik davranışı	32
5. SONUÇLAR ve ÖNERİLER	37
5.1. Sonuçlar	38
5.2. Öneriler	39
6. KAYNAKLAR	40
ÖZGEÇMİŞ	49
ÖZET	50
SUMMARY	52

ÖZ

Yüksek Lisans Tezi

Isophya sikorai (ORTHOPTERA: PHANEROPTERINAE)'DE ZAMANA BAĞLI OLARAK ERKEĞİN SPERMATOFOR İÇERİĞİNİN DEĞİŞİMİ ÜZERİNE BİR ÇALIŞMA

RIHAN OKTAY

Harran Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Biyoloji Anabilim Dalı

Danışman : Doç. Dr. Seyit Ahmet OYMAK
Yıl: 2011 Sayfa:53

Birçok çalıçekirgesi türlerinde erkek bireyler çiftleşme boyunca dişiye yenilebilir bir düğün hediyesi sunmaktadırlar. Bu hediye çeşitlerinden birisi de spermatofordur. Bu düğün hediyesi, sperm içermeyen spermatoflaks ve sperm içeren ampulla olmak üzere iki kısımdan meydana gelmektedir. Dişi çiftleşme sonrasında spermatoforu spermatoflakstan başlayarak yer. Erkek tarafından meydana getirilen spermatoforun neden yapıldığına dair iki farklı hipotez bulunmaktadır. Bunlardan birincisi; sperm transferini korumaya yönelik bir hipotez olduğu, ikincisi ise; ebeveyn yatırımı hipotezidir. Çalıçekirgelerde dişiler genellikle birden fazla erkekle çiftleşirler ve bu durum dişinin spermatekasında birden fazla erkeğe ait sperm olmasına neden olur, bu da sperm rekabetini meydana getirmektedir. Erkek çalıçekirgelerde bu durum birçok stratejik davranışın ortaya çıkmasına neden olmuştur. Artan spermatoflaks ve ampulla yatırımı bunun bir göstergesidir. Spermatoflaks ve ampulla arasındaki pozitif ilişki spermatoforun birincil görevinin sperm transferini garantiye almak olduğunu desteklemektedir. Bu çalışmada *Isophya sikorai* türüne ait erkeklerde aynı bireyin 6 kere çiftleşmesi sağlanarak, her bir çiftleşmede erkek ve dişi ağırlıklarının zamanla değişimi ve bu ağırlıkların spermatofor yapımına olan etkileri belirlenmiştir. Ayrıca erkeğin ürettiği spermatoforun 6 çiftleşme boyunca ağırlığının ve içeriğinin değişimi incelenmiştir. Erkek ağırlığı ile spermatofor ağırlığı arasında pozitif bir ilişki olduğu belirlenmiştir. Spermatofor, spermatoflaks ve ampulla ağırlığının ve sperm sayısının zamanla ve çiftleşme sayısına bağlı olarak beşinci çiftleşmeye kadar arttığı, altıncı çiftleşmede azaldığı belirlenmiştir. Spermatoflaks ve ampulla arasında pozitif bir ilişki saptanmıştır. Sonuç olarak yaptığımız bu çalışma, spermatoflaks ve ampulla arasında saptadığımız pozitif ilişki nedeniyle, spermatoforun asıl görevinin sperm transferini korumaya yönelik olduğu hipotezini desteklemektedir.

ANAHTAR KELİMELER: Orthoptera, *Isophya sikorai*, spermatofor, ampulla, sperm sayısı

ABSTRACT

MSc Thesis

A STUDY ON MALE'S SPERMATOPHORE CONTENTS CHANGING DEPENS ON TIME AT
Isophya sikorai (ORTHOPTERA: PHANEROPTERINAE)

RIHAN OKTAY

Harran University
Instute of Natural and Applied Sciences
Department of Biology

Supervisor : Associate Prof. Dr Seyit Ahmet OYMAK
Year: 2011, Page:53

At many bushcrickets have submitting species, males a wedding gift to females during mating. One of these gift types is spermatophore. This wedding present is formed from two parts; one spermatophylax which do not consist sperm and ampulla which consists sperm. After mating, female eats spermatophore starting from spermatophylax. There are two hypothesis concerning spermatophore, which is formed by male, that it is made from what. One of these hypotheses are related with protection of sperm transfer, and second one is parent investment hypothesis. At bushcrickets, females generally mate with more than one male and this causes existing of sperm at female's spermatheca to be more than one male's sperm and this effectuate sperm competition. This has caused many strategic behaviors at male bushcrickets. Increasing spermatophylax and ampulla investment is an indicator of this condition. Positive relation between spermatophylax and ampulla supports that spermatophore's initial main duty is insuring transfer of sperm. In this study, weight changing of male and female and effects of this change onto producing of spermatophore has been determined by providing males belonging to *Isophya sikorai* genus to mate 6 times. Besides, weight and content changes of spermatophore, which have been produced by male, have been examined during 6 matings. It has been determined a positive relation between male weight and spermatophore weight. It has been determined that weight and quantity of spermatophore, spermatophylax and ampulla is increasing in time and by depending on quantity of mating till fifth mating and it has decreased at sixth mating. A positive relation between spermatophylax and ampulla has been stated. As a result, our detection of positive relation between spermatophylax and ampulla are supporting the hypothesis that the main duty of spermatophore is for protection transfer of sperm.

KEY WORDS: Orthoptera, *Isophya sikorai*, spermatophore, ampulla, sperm quantity

TEŞEKKÜR

Yüksek lisans tezimin konu seçiminde, oluşumunda ve yönetiminde yardımlarını esirgemeyen eş danışmanım sayın Doç. Dr. Hasan SEVGİLİ'ye, tez çalışmamda yardımlarını esirgemeyen danışmanım sayın Doç. Dr. S. Ahmet OYMAK'a, bitki teşhislerinde ve arazi çalışmalarında yardımlarını gördüğüm sayın Yrd. Doç. Dr. Ömer Faruk KAYA'ya, arazi çalışmalarımda bana yardımcı olan 4. Sınıf lisans öğrencisi Mehmet Suat TAZEÖĞLU'na teşekkür ederim.

Beni her zaman destekleyen, tüm çalışmam boyunca maddi ve manevi desteğini esirgemeyen babam Mehmet Emin OKTAY, annem Mesude OKTAY, kız kardeşim Derya OKTAY, erkek kardeşim Veysel Sabri OKTAY ve tüm ablalarımın teşekkür ederim. Ayrıca Urfa'da ikinci ailem olan UMA ailesine özellikle ablam Çınar UMA, eniştem Ebubekir UMA ve Ayşegül UMA'ya teşekkür ederim.

Her zaman yanımda olan, beni her konuda destekleyen değerli dostum Av. Hüsnü KAPLAN'a teşekkür ederim.

ŞEKİLLER DİZİNİ

	Sayfa No
Şekil 1.1. Dişi <i>Isophya sikorai</i> ' de çiftleşme sonrası erkeğin aktardığı spermatofor (spermatoflaks + ampulla).....	9
Şekil 1.2. Bir çalıçekirgesinde spermatoflaks, ampulla, spermateka ve ovaryumun konumununun şematize edilmesi.....	9
Şekil 3.1. Erkek ve Dişi <i>Isophya sikorai</i> ergin bireyleri.....	19
Şekil 3.2. Arazide kullanılan 25- 30 cm ebatlarındaki kafesler.....	21
Şekil 3.3. Deney de kullanılan kafes ve plastik kutular.....	21
Şekil 4.1. <i>Isophya sikorai</i> ' de çiftleşme davranışı.....	23
Şekil 4.2. Çiftleşme sayısının dişi ağırlığına etkisi.....	27
Şekil 4.3. Çiftleşme sayısının erkek ağırlığına etkisi.....	28
Şekil 4.4. Çiftleşme sayısının spermatofor ağırlığına etkisi.....	29
Şekil 4.5. Çiftleşme sayısının spermatoflaks ağırlığına etkisi.....	30
Şekil 4.6. Çiftleşme sayısının % spermatofora etkisi.....	30
Şekil 4.7. Çiftleşme sayısının ampulla ağırlığına etkisi.....	31
Şekil 4.8. Çiftleşme sayısının sperm sayısına etkisi.....	31
Şekil 4.9. Erkek vücut ağırlığı ile spermatofor ağırlığı arasında bulunan ilişki.....	33
Şekil 4.10. Erkek vücut ağırlığı ile spermatoflaks ağırlığı arasında bulunan ilişki.....	34
Şekil 4.11. Spermatoflaks ağırlığı ile ampulla ağırlığı arasında bulunan ilişki.....	34
Şekil 4.12. Ampulla ağırlığı ile sperm sayısı arasında bulunan ilişki.....	35

ÇİZELGELER DİZİNİ

	Sayfa No
Çizelge 4.1. <i>Isophya sikorai</i> 'de dişi, erkek, spermatofor, yaş spermatoflaks, kuru spermatoflaks ve ampulla ağırlıkları ile sperm sayısı, % spermatofor, % spermatoflaks.....	24
Çizelge 4.2. <i>Isophya sikorai</i> 'de her bir çiftleşmede dişi, erkek, spermatofor, yaş spermatoflaks, kuru spermatoflaks ve ampulla ağırlıkları ile sperm sayısı ve % spermatofor.....	26
Çizelge 4.3. Altı çiftleşme içerisinde dişi ve erkek ağırlıkları ile spermatofor içeriğinde meydana gelen değişimler.....	27
Çizelge 4.4. Altı çiftleşme içerisinde dişi ve erkek ağırlıkları ile spermatofor içeriği arasındaki ilişkiler.....	32

SİMGELER DİZİNİ

HS	Hücre sayısı
SHS	Sayılan hücre sayısı
SO	Sulandırma oranı
SK	Sayılan kare sayısı
SS	Standart sapma
Ç	Çiftleşme
N	Birey sayısı

1.GİRİŞ

Çiftleşmenin birincil fonksiyonu dişiye sperm transferinin yapılmasıdır. Erkekler üreme başarılarını arttırmak amacıyla birden fazla dişiyle eşleşme (poligami) çabası içerisindeyler. Erkeğin birden fazla dişiyle eşleşmesi demek, kendine ait genlerin, gelecek kuşağın gen havuzundaki frekansının artması anlamını taşımaktadır. Dişi için üreme başarısı daha çok, daha fazla yumurta ve yavru üretimiyle ölçülmektedir. Çekirgelerin çoğunda dişiler birden fazla erkekle (poliandri) veya aynı erkekle (tekrarlanan çiftleşme) çiftleşebilirler. Bu durum çoğunlukla dişinin spermatekasında birden fazla erkeğe ait sperm popülasyonunun bulunması anlamına gelmektedir. Böylesi bir durum sperm rekabetini doğurmaktadır (Parker, 1990). Erkeğin eşeysel yatırımı dişininki ile karşılaştırıldığında ortada kesin bir asimetric yapı olduğu açıktır. Milyonlarca sayıda üretilebilen sperm sayısı, dişinin yumurta sayısı ile karşılaştırıldığında bu asimetric maliyetin nedenleri tartışma konusu yapılmıştır (örneğin, Parker et al., 1997; Engqvist ve Reinhold, 2006; Solensky ve Oberhauser, 2009). Dişilerin eş seçimindeki tercihleri ve yatırımın erkeğe maliyeti, erkekler arasındaki eşeysel yatırım parametrelerinde farklılaşma meydana getirmiş, dişinin üreme başarısını en iyi arttırması beklenen olası erkek seçimi davranışı evrimleşmiştir.

Böceklerdeki eşleşme sistemleri dikkate alındığında, eşeyler arasındaki eşleşme stratejilerinin gelişimi, genetik çeşitliliğin korunması açısından önemli olmuştur. Özellikle birden fazla çiftleşme (poligami ve poliandri) davranışı, eş seçiminde tercih nedeni olacak bir takım maliyetlerin ortaya çıkmasına neden olmuştur. Bireyler arasındaki rekabet sonucu, bu maliyetlerin bedeli kendini tamamen feda etmeye kadar gidebilir (Mantidlerde olduğu gibi).

1.1. Böceklerde erkekler tarafından dişiye sunulan yenilebilir özellikteki düğün hediyeleri

Böceklerde genellikle çiftleşme öncesinde, erkekler dişilere yenilebilir hediyeler sunmaktadırlar. Bu hediyeler, erkek tarafından yakalanan veya avlanan bir

canlı olabileceği gibi, erkeğin vücudunun bir parçası veya tamamı, erkeğin iç ve dış çeşitli salgıları, tükürük salgısı, spermatofor veya çeşitli salgı ürünleri olabilir (Thornhill, 1976a; Gwynne, 1983a, 1997; Thornhill ve Alcock, 1983; Zeh ve Smith, 1985; Quinn ve Sakaluk, 1986; Simmons ve Parker, 1989; Boggs, 1995; Vahed, 1997). Bu hediyeler, özet bir şekilde aşağıda gruplanmıştır.

a- Erkek tarafından yakalanan ya da biriktirilen yiyecekler:

Erkek böcek tarafından dişiye sunulmak üzere avlanan başka bir böcek dişiye çiftleşme öncesi hediye olarak verilebilmektedir. Arthropodlardan özellikle Diptera (Kessel, 1955; Engelmann, 1970; Cumming, 1994) ve Mecoptera (Thornhill, 1977; Byers ve Thornhill, 1983; Iwasaki, 1996) takımlarında çiftleşme öncesi bu çeşit bir hediye verilmektedir. Örneğin Diptera takımından Empididae familyasında (Kessel, 1955; Engelmann, 1970; Cumming, 1994; Preston-Mafham ve Preston-Mafham, 1993), erkek çiftleşmeden önce bir av yakalayarak dişiye götürmektedir. Benzer davranış eklembacaklılardan *Pisaura* adı verilen bir örümcek türünde de görülmektedir (Austad ve Thornhill, 1986; Lang, 1996).

Av dışında Heteroptera takımından *Stilbocoris natalensis* denilen türde erkek dişisine incir tohumunu çiftleşme hediyesi olarak sunmaktadır. Dişi bu yenilebilir eşeysel besini 3 ile 4 saatlik çiftleşme süresince yemektedir. İncir tohumu getirmeyen erkeklerle hiçbir dişi çiftleşmemektedir (Carayon, 1964). Hymenoptera takımından Tiphiidae familyası erkekleri çiftleşme sırasında beslenmeleri için dişilerine nektar kusarlar (Given, 1954; Alcock, 1981 a,b; Alcock ve Gwynne, 1987). Diptera takımından *Sepedon fuscipennis* türü çiftleşme sırasında dişiye beslenmesi için anüsünden renkli sıvılar salgılar. *Sepedon aenescens*' te ise bu renkli sıvı damlalarına ek olarak birde tükürük salgısı yapılmaktadır (Berg ve Valley, 1985).

b- Erkek böceğin vücudunun tamamının veya bir parçasının dişiye hediye olarak sunulması:

Orthoptera takımından Gryllidae familyasına ait *Hapithus agitator* adlı türün dişileri çiftleşme boyunca erkeğin kanatlarını yemektirler (Alexander ve Otte, 1967a). Benzer davranışı *Cyphoderris strepitans* (Haglidae) türü de göstermektedir (Johns ve Maxwell, 1997).

Erkeğin bütün vücudunun dişi tarafından yenmesi gibi bir durumda söz konusudur. Kanibalizm olarak bilinen bu durum çiftleşme sırasında ya da çiftleşmeden hemen sonra erkeğin dişi tarafından yenmesidir. Mantodea alt takımından Mantidae familyasında (Lawrence, 1992; Elgar, 1992; Prete ve Wolfe, 1992), Orthoptera takımından Stenopelmatidae familyasının *Stenopelmatus* cinsinde (Field ve Standlant, 1983), Tettigoniidae familyasının *Saga* cinsinde (Burr, Campbell ve Uvarov, 1923), Diptera takımının Ceratopogonidae familyasında (Downes, 1978) ve Coleoptera takımının Carabidae familyasının *Carabus auratus* türünde (Fabre, 1910) seksüel kanibalizm görülmektedir.

Yapılan çalışmalarda dişiler için besin yetersizliğine paralel olarak eşeysel kanibalizmin meydana gelme potansiyelinin değiştiği bildirilmektedir. Deneyler sonucunda çok iyi beslenen bir dişinin kendi eşini yemediği gözlemlenmiştir. Lawrence (1992) *Mantis religiosa* (Dictyoptera: Mantidae) türünde doğal ortamda çiftleşmelerini gözlemlediği on üç çiftten sadece dördünde seksüel kanibalizmi tespit etmiştir. Hurd ve arkadaşları (1994) ise *Tenoder sinensis* (Dictyoptera: Mantidae) türüne ait 62 çiftleşmeden sadece üç tanesinde kanibalizm olduğu gözlemlenmiştir. Mook ve Davies (1966)'in yaptığı çalışmalar sonucunda mantidlerin yaşadıkları doğal çevrede besin sıkıntısı çektikleri için kanibalistik bir çiftleşme şekli sergiledikleri vurgulanmaktadır.

c- Erkek tarafından üretilen atık maddeler (ürik asit vs.);

Blattodea takımından Blattidae familyasında özellikle *Blatella germanica* türünde görülmektedir (Mullins ve Keil, 1980; Schal ve Bell, 1982; Mullins, Keil ve White, 1992). Bu türde çiftleşme sırasında erkek ürik asit salgılayarak dişiyi beslemektedir. Erkek bu atık maddeyi yardımcı salgı bezlerinden salgılamaktadır (Roth ve Dateo, 1964; Roth, 1967; Cochran, 1985). Salgılanan bu ürik asit spermatofora bırakılır ve böylece spermatoforla beraber dişinin genital bölgesine çiftleşmeden sonra yenmesi için aktarılmaktadır (Schal ve Bell, 1982). Düşük protein diyetli dişilerin spermatekasına, yüksek protein diyetlilere kıyasla daha fazla ürik asit içeren spermatofor aktarılmaktadır (Mullins ve Keil, 1980; Schal ve Bell, 1982; Mullins, Keil ve White, 1992). Dişiye aktarılan bu ürik asit yumurtaların gelişimi için gereken nitrojeni karşılamaktadır (Mullins ve Keil, 1980).

- d- Erkeğin salgı ürünleri (dış ve iç salgı bezi salgıları, tükürük salgısı, spermatoflaks ve spermatofor);

Coleoptera takımının Malachiidae (Matthes, 1962; Engelmann, 1970), Pyrochroidae (Eisner ve arkadaşları, 1996a) ve Anthicidae (Schutz ve Dettner, 1992) familyalarında erkek böceğin alın bölgesinden salgılanan sıvılar çiftleşme boyunca dişi tarafından yalanmaktadır. Aynı şekilde *Oecanthus* ve *Neoxabea* gibi *Gryllidae* familyasına ait türlerde de dişi erkeğin metanotal bezlerinden salgılanan bu salgılarla beslenmektedir (örneğin, Boldyrev, 1915; Alexander ve Otte, 1967a; Walker, 1978). Coleoptera takımından Pyrochroidae familyasının *Neopyrochroa flabellata* adlı türünde salgı erkeğin baş salgı bezlerinden salgılanmaktadır. Bu salgı kantharidin denilen bir madde yönünden oldukça zengindir. Bu maddenin yumurtaların predatörlere karşı korunmasında oldukça faydalı olduğu tespit edilmiştir (Eisner et al., 1996a).

Tükürük salgısı; Diptera takımından *Rivellia boscii* (Piersol, 1907), Platystomatidae familyasından *Euprosopia subula* (McAlpine, 1973) türünde ve *Tephritidae* familyasının *Rioxa pornia* (Friedberg, 1982) türünde görülmektedir. Bu familyaların erkekleri anüslerinde renkli sıvılar depolanmaktadır. Çiftleşme sırasında bu renkli damla hızlı bir şekilde tükürük salgısına katılmaktadır.

1.2. Yenilebilir bir düğün hediyesi olarak spermatofor

Birçok böcek grubunda erkekler tipik olarak maliyeti yüksek olan spermatofor (düğün hediyesi=nuptial gift) ile donatılmıştır (örneğin, Heller ve Reinhold, 1994; Vahed ve Gilbert, 1996; Sevgili ve Reinhold, 2007). Çalıçekirgelerin erkeklerinde jelatin kıvamında bir yapı olan spermatofor, erkeklerin üreme başarısı ile doğrudan ilişkilidir (Vahed, 1997; Gwynne, 2001). Tipik olarak erkekler çiftleşme sırasında dişiye vücut ağırlıklarının önemli bir kısmına denk gelecek ölçüde, içinde sperm taşıyan ampulla ile spermatoflaksı (spermatophylax) transfer ederler (Şekil 1.1). Dişiye nakledilen spermatoforun ampullasından dişinin spermatekasına spermler hareket eder (Şekil 1.2). Spermatofor üreten çalıçekirgelerinde, spermatoforun hem önemli bir besin içeriğinin olması, hem de sperm içeren ampullayı taşıması bakımından eşleşme tercihi açısından büyük

önem taşır. Genellikle dişilerin daha ağır spermatofor içeren daha büyük erkekleri tercih ederek daha fazla üreme başarısı elde edecekleri ileri sürülmektedir (örneğin, Wedell ve Ritchie, 2004). Aynı şekilde erkeklerin de daha büyük dişiye tercih edip üreme başarısını arttırdığı yönünde çalışmalar da oldukça fazladır (örneğin, Gwynne, 1981; 1985; Tornhill ve Alcock, 1983; Simmons ve Bailey, 1990).

Çalıçekirgelerinde neden spermatoflaks yatırımı yapıldığına dair iki farklı hipotez bulunmaktadır. Bunlardan birincisi sperm transferini korumaya yönelik bir hipotez olduğu (ejaculate protection, Wedel, 1993; Mccartney ve arkadaşları, 2008; Vahed, 1998; Reinhold, 1999;), ikincisi ise erkeğin ebeveyn yatırımı hipotezidir (paternal investment, Wedell ve Arak, 1989; Gwynne 1988; Gwynne, 2008; Simmons ve arkadaşları, 1999).

Çalıçekirgelerinde dişilerin birden fazla erkekle çiftleşmesi ve spermatekalarında aynı anda birçok erkeğe ait sperm olması sperm rekabetini ortaya çıkarır. Dişiyle en son çiftleşen erkeğe ait spermlerin yumurtaları döllenme şansı her zaman daha yüksektir. Buda erkek çalıçekirgelerinde birçok stratejik davranışın ortaya çıkmasına neden olmuştur. Artan spermatoflaks ve ampulla yatırımı bunun bir göstergesidir. Daha büyük spermatoflaks dişi için daha uzun bir beslenme süresi sağlar ve dişinin ampullayı yemesini geçiktirir. Bu şekilde ampulladan daha fazla sayıda sperm dişinin spermatekasına transfer edilir. Ayrıca daha büyük spermatofor yatırımı dişinin sonraki bir çiftleşmeye geçme süresini uzatır ve spermatekada oluşacak sperm rekabetini en aza indirmiş olur. Artan spermatoflaks ve ampulla miktarı spermin güvenli bir şekilde ve tamamen dişiye transferini sağlar. Spermatofor yatırımının birincil görevinin spermi korumaya yönelik olduğunu gösteren birçok çalışma vardır (Heller ve Reinhold, 1994; Mccartney et. al., 2008; Wedell ve Arak 1989; Gage ve Barnard, 1996).

Spermatofor yatırımının birçok türde dişinin yumurta verimliliğini, yumurta ağırlığını ve döllenme sonrasında larvanın hayatta kalma şansını artırdığı ileri sürülmüştür (Wedell ve Arak, 1989; Gwynne 1988; Gwynne, 2008; Simmons ve arkadaşları, 1999; Reinhold, 1999).

Dişi tarafından yenilen daha büyük spermatofor dişide yumurta ağırlığının artmasına neden olmaktadır. Bununla birlikte yumurta sayısının artmasında herhangi bir etkisi yoktur. Bu da dişinin spermatoforu direk bir besin kaynağı olarak görmediğini göstermiştir. Dişi tarafından yenilen spermatoflaks sayısının yumurtaların kış boyunca hayatta kalma oranına direk bir etkisi olmamasına rağmen, daha büyük yumurta yapan dişilerin küçük yumurta üretenlerine göre kışın hayatta kalma oranları daha yüksektir. Yenilen spermatoflaks miktarının yumurtadan çıkan bireylerin ergin dönemlerindeki ortalama büyüklüğüne bir etkisinin olmadığını, ama erkek yavruların erginleşmesinde önemli derecede etkili olmaktadır (Gwynne, 1988).

Besinsiz ortamda spermatofor ile beslenen dişilerin spermatofor ile beslenmeyen dişilere göre kuru ağırlığı daha fazla olan yumurtalar meydana getirdiği bulunmuştur. Erkek bireyler kendileri için oldukça masraflı olan spermatoforu yeniden üretebilmek için belli bir zamana ihtiyaç duyarlar. Bu süre erkeğin çevresindeki mevcut şartlarına göre değişmektedir. Erkeğin yeniden spermatofor üretmesine kadar geçen süre boyunca, dişinin tekrardan çiftleşmemesi durumunda önceki çiftleşmeden kalan spermatofor dişi için yararını sürdürebilmektedir. Yumurtadaki artan kuru ağırlık yumurtaya daha fazla enerji kaynağı sağlamaktadır. Bu da besinsiz ortamda spermatofor ile beslenen dişiye ait yumurta ve larvanın yaşam süresini artırmaktadır (Reinhold, 1999).

Dişinin spermatoforu direk besin olarak görmemesi ve yumurta sayısı ve verimliliğinde spermatoflaks büyüklüğünün direk bir etkisi olmaması, spermatoflaks ağırlığı ile ampulla arasındaki pozitif ilişki spermatofor yatırımının birincil fonksiyonunun sperm transferini korumaya yönelik olduğunu göstermektedir (McCartney et. al., 2008).

Birçok böcek türünde erkek bireyler sperm rekabetini azaltmak için artan spermatofor yatırımının yanı sıra birçok strateji geliştirmişlerdir. Erkek çekirgeler, akdeniz meyve sinekleri ve arıların birçoğunda çiftleşmenin rakip erkeklerin varlığında meydana geldiği zaman, dişilere aktarılan sperm sayısında artış olduğu görülmektedir (Gage, 1991; Gage ve Baker, 1991; Gage ve Barnard, 1996). Bu

durumların çoğunda dişiler çiftleşmenin hemen sonrasında tekrar çiftleşeceklerdir. Bu da olası sperm rekabet riskini artıracaktır. Erkek bu durumda stratejik davranarak dişinin bir sonraki çiftleşmeye geçmesini geciktirmek için daha fazla sperm ve daha büyük düğün hediyesi meydana getirmektedir. Bu durum çayır çekirgeleri ve kelebekler için geçerli değildir (Cook ve Gage, 1995; Wedel, 1998). Bu türlerde dişiler çiftleşmeden bir süre sonra ilerde yaşanacak çiftleşmeye tepkisiz olabilmektedirler. Bu nedenle rakip erkeklerin varlığı acil bir sperm rekabeti riskini ortaya çıkarmamaktadır. Bu tepkisizlik süresinin uzaması erkeğin meydana getirdiği spermatofor yatırımıyla ilişkilidir. Daha fazla sayıda sperm transfer edilen dişi az sayıda sperm transfer edilen dişiye nazaran daha uzun bir sürede tekrar çiftleşecektir (Wedell ve Cook, 1999a,b). Erkeğin olası sperm rekabeti riskini azaltmak için daha fazla sperm transfer etmesi gerekmektedir. Benzer şekilde dişi açısından tekrar çiftleşme olasılığının fazla olduğu ve erkek için oldukça masraflı olan spermatofor üretiminin besin açısından sıkıntılı olduğu ortamlarda ikinci çiftleşmede sperm sayısını artırmak için erkek ilk çiftleşme sırasında sperm depo organı içerisinde bir miktar spermi saklamaktadır (Cook ve Wedell, 1996; Wedell ve Cook, 1999a,b). Bu şekilde ikinci çiftleşme için daha fazla sperm oluşturmayı garanti altına almaktadır.

Vücut boyutu dişi böceklerde doğurganlığın genel bir göstergesidir, bu nedenle büyük dişiler erkeklere büyük döllenme potansiyeli sunarlar. Birçok çalışmada erkeklerin daha büyük dişilere daha fazla sperm transfer ettiği bulunmuştur (Gage ve Barnard, 1996; Gage, 1998; Wedell, 1998; Wedell ve Cook, 1999a). Ancak bazı türlerde büyük dişilere daha fazla sperm aktarıldığına dair kanıt bulunamamıştır. Örneğin Sevgili ve Reinhold'un (2007) *Poecilimon jonicus jonicus* (Orthoptera: Phaneropteridae)'ta yaptıkları çalışmada erkeğin dişi ağırlığına bakmaksızın sperm transfer ettiğini, transfer edilen spermin dişi ağırlığı ile bir ilişkisinin olmadığını belirtmişlerdir.

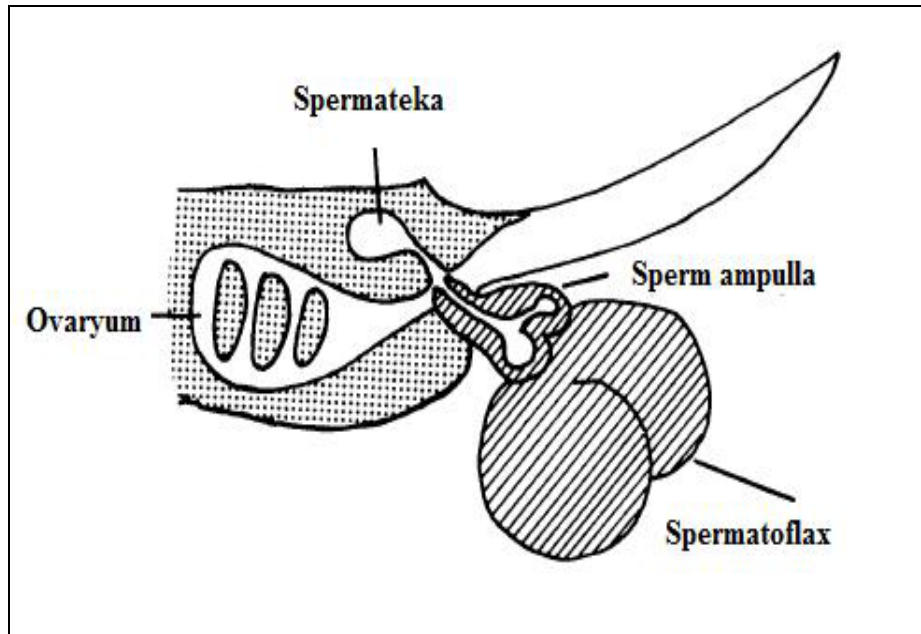
Erkek böceklerin sperm transfer stratejilerinden biri de gizli erkek seçimidir. Erkek bireyler yüksek döllenme potansiyeli bekledikleri dişiler arasında sınırlı kaynaklarını bölüştürmek gibi bir strateji de uygulamaktadırlar. Erkek bireylerin çiftleşecekleri dişilerin seçiminde iki ihtimal vardır. Erkekler çiftleşme amaçlı eş seçiminde düşük kalitedeki dişileri reddedebilirler veya tüm dişiler ile çiftleşebilir ve

dişi kalitesine göre eşeyssel yatırımlarını paylaşabilirler (Dewsbury, 1982). Yüksek kalitedeki dişilere daha fazla sayıda sperm transferi yapılmaktadır. Bununla birlikte kaliteli dişilerin tekrar çiftleşme potansiyelleri daha fazla olduğu için bu dişilerde sperm rekabet riski daha fazladır. Erkek bireyler sperm rekabet riskini azaltmak ve genetik açıdan daha sağlıklı nesiller üretebilmek için evrimsel süreçte yukarıda verilen örnekler gibi birçok yeni eşleşme stratejileri geliştirmişlerdir.

Bu tür stratejik davranışları çalışmak için uzun antenli, kısa kanatlı ve hareket yeteneği sınırlı çalıçekirgelerini model organizma olarak kullanan çok sayıda çalışma mevcuttur (Reinhold, 1999; McCartney et al., 2008; Sevgili ve Reinhold, 2007; Wedell, 1992; Heller ve Reinhold, 1994; Simmons et al., 1998; Heller et al., 1998; Simmons et al., 1994; Wedell ve Ritchie, 2004; Lehmann ve Lehmann, 2000; 2009). Ülkemizde yayılış gösteren çalıçekirgeleri türlerine ilişkin bu tür davranışsal mekanizmaları konu alan, spermatofor yatırımlarının nasıl olduğunu araştıran bir çalışma yoktur. *Isophya sikorai*'nin Ramme, 1951 (Orthoptera: Phaneropterinae) eşeyssel davranışın nasıl geliştiği, yapılan 6 çiftleşme boyunca spermatofor, spermatoflaks, ampulla, erkek ve dişi ağırlıklarının çiftleşmeler arasında nasıl şekillendiği, erkek ağırlığı ile spermatoflaks, ampulla ve sperm sayısı arasındaki ilişkilere bakılarak spermatofor yatırımının hangi hipotezi desteklediğini göstermek tezin amacını oluşturmaktadır.



Şekil 1.1. Dişi *Isophya sikorai*' de çiftleşme sonrası erkeğin aktardığı spermatofor (spermatoflaks + ampulla).



Şekil 1.2. Bir çalçekirgesinde spermatoflaks, ampulla, spermateka ve ovaryumun konumununun şematize edilmesi (Gwynne, 1988)

2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

Isophya dahil birçok çalıçekirgesi türlerine ilişkin spermatofor yapısı ile ilgili ilk önemli çalışma Rus bilim adamı Boldyrev'e (1915) aittir. Son yıllarda yapılan çalışmaların önemli bir kısmı yakın akraba cins olan *Poecilimon* türlerini kapsamaktadır (Heller and Helversen, 1990; Reinhold and Heller, 1993; Heller and Reinhold, 1994; Sevgili and Reinhold, 2007; genel değerlendirme için bkz. McCartney et al., 2008). *Isophya* türlerinden Almanya, Avusturya, İtalya, Slovenya ve Hırvatistan'da yayılış gösteren *I. kraussi* ile ilgili olarak yapılan çalışmada erkeğin spermatofor yatırımının, dişinin vücut bakımı ve yumurta yapımında gerekli olan enerjiyi sağlayıp sağlamadığını incelemiştirler (Voigt et al., 2005). Bu türün spermatofor büyüklüğü çalışılmış çalıçekirgeleri ile karşılaştırıldığında ortalamanın üzerinde yer almaktadır. Spermatofor büyüklüğü *I. kraussi*'de vücut ağırlığının % 20 sini oluştururken, *Barbitistes ocskayi*'de % 32 (Heller et al., 1999); *Poecilimon veluchianus*'da % 26; *P. affinis*'de % 15 (Heller and von Helversen, 1990) ve *P. jonicus jonicus*'da % 13.6 (Sevgili and Reinhold, 2007); *P. zimmeri*'de % 11-25 (Lehmann and Lehmann, 2009)'ini oluşturmaktadır.

Erkeğin dişiye sunduğu bu düğün hediyesinin oldukça büyük olması erkek için oldukça yüksek bir maliyete sahiptir (Gwynne, 2008). Bu maliyet, tür içi rekabet, gizli dişi seçimi, eşeyssel seçilim gibi faktörlerin etkilediği üreme başarısını elde etmeye yönelik bir adaptasyon olarak ele alınabilmektedir.

Erkekler çiftleştikten sonra yeniden spermatofor yatırımına hazır hale gelebilmeleri için, türlere göre değişmekle birlikte, 2-3 güne ihtiyaç duyarlar. Doğal ortamda bireylerin yumurtadan çıkış tarihleri ve ergin olma zamanları aynı değildir. Poliandri ve poligami gösteren popülasyonlarda, erkeğin çiftleşmeden sonra yeniden hazır hale gelene kadar çiftleşme isteği göstermemesi veya çiftleşse bile yeterli yatırımı yapamaması, diğer hazır erkekler için aynı dişiyle eşleşme şansı vermektedir. Bu da sperm rekabetini doğurmakta ve popülasyonda genetik çeşitlilik sağlanmaktadır. Acaba spermatofor yatırımı, birden fazla çiftleşen erkeklerde

zamana bağlı olarak nasıl değişmektedir? Sperm sayısı erkek yaşlandıkça nasıl değişir? Bu tezin amacına da uygun olarak, bu soruların cevabına ilişkin birkaç çalışkirkgesi üzerinde yapılmış çalışmalar vardır.

Dewsbury (1982) erkeklerin çiftleştikleri dişilerin sayısı ile bağlantılı olarak sperm transferi için stratejiler ürettiğini ileri sürmüş ve yaptığı çalışmada, ortamda bulunan eşleşmeye hazır dişi ve erkek oranının (potansiyel eşey oranı) erkeklerin sperm transferi stratejisi üzerine önemli bir etkiye sahip olduğunu göstermiştir. Potansiyel eşey oranı dişi sayısındaki artış şeklinde olduğu zaman, erkekler olabildiğince çok sayıda dişiyi dölemek için gerekli olacak kadar sperm transferi yapacağını belirtmiştir. Erkeklerin sayısında bir aşırılık meydana geldiğinde ise, Dewsbury (1982) rekabet nedeniyle bireysel olarak bir dişiye daha fazla sperm tahsis etmesinin beklenebileceğini tartışmıştır. Bu şekilde erkeklerin sperm transferinde potansiyel dişi oranına göre bir strateji belirlediğini vurgulamıştır.

Gwynne (1988) *Requena verticalis* (Orthoptera: Tettigoniodea)'te yaptığı çalışmada şu üç soruya cevap aramıştır: Birincisi, spermatoflaksın besin olarak dişinin çiftleşme kabiliyetine ve onun yavrularına nasıl bir etkisinin olduğu; ikincisi; erkek tarafından yapılan bu besinin dişinin diğer besinlerinin yerine mi geçtiği ya da özel olarak yapılan kaynak bir besin mi olduğu; üçüncüsü; aynı zamanda ilave olarak çoklu çiftleşmelerden elde edilen büyük spermatoflaks yenilmesinin dişinin üretkenliğini arttırması üzerine etkisinin olup olmadığı?

Gwynne deneysel çalışmalarda diyetset protein ya da yenilen spermatoflaks sayısının yumurta sayısını artırdığını bulmuştur. Ancak spermatoflaks büyüklüğünün yumurta sayısına bir etkisinin olmadığını belirtmiştir. Spermatoflaks ağırlığı ya da sayısının yumurta büyüklüğünü artırdığını bulmuştur. Dişi tarafından yenilen spermatoflaks sayısının yumurtaların kış boyunca hayatta kalma oranına doğrudan bir etkisi olmamasına rağmen, daha büyük yumurta yapan dişilerin küçük yumurta üretenlerine göre kışın hayatta kalma oranlarının daha yüksek olduğunu belirtmiştir. Yenilen spermatoflaks miktarının yumurtadan çıkan bireylerin ergin dönemlerindeki ortalama büyüklüğüne bir etkisinin olmadığını, ama erkek yavruların erginleşmesinde önemli derecede katkı sağladığını bulmuştur. Her iki eşeyde de erginleşme süresi ile ergin büyüklüğü arasında pozitif bir ilişki olduğunu, aynı zamanda dişi büyüklüğü ve onun erkek yavrusunun ortalama büyüklüğü arasında

pozitif bir ilişki olduğunu bulmuştur ve bu ilişkiyi vücut büyüklüğü üzerinde olası kalıtsal birleşenlerin etkisine bağlamıştır. Zengin diyet içeren besinlerin veya ilave spermatoflaks tüketimi dişi için pozitif bir uyum etkisi yaparken, onun döllerinde yapmamaktadır. Ancak, yumurta büyüklüğündeki bir değişim yalnızca, çiftleşme sırasındaki beslenmeden etkilendiği için, bir şekilde döllerin uyumu da etkilenmektedir.

Wedell ve Arak (1989)'ın *Decticus verrucivorus* (Orthoptera: Tettigonioidea) türünde yaptıkları çalışmada spermatoforum dişinin üreme başarısına herhangi bir etkisinin olup olmadığını araştırmışlardır. Tüketilen spermatoflaks miktarının dişinin ömür uzunluğuna, yumurtlama döneminin uzunluğuna ve yumurta ağırlığına etkisinin olmadığını, ve sonuç olarak spermatoflaksın birincil görevinin sperm transferini korumaya yönelik olduğunu bulmuşlardır.

Wedell (1992) *Decticus verrucivorus* erkek çayır çekirgelerinin olası sperm rekabetini göz önüne alarak daha önceden çiftleşmemiş dişilere, çiftleşmiş olan dişilerden daha büyük spermatofor aktardıklarını bulmuştur.

Wedell (1994) 19 çalıçekirgesi üzerinde spermatofor yatırımının iki farklı fonksiyonunu karşılaştırmalı olarak incelemiştir. Bu fonksiyonlardan birincisinin sperm transferini korumaya yönelik bir fonksiyon olduğunu, ikincisinin ise eşeysel yatırım yani dişinin üreme başarısını arttırıcı bir fonksiyon olduğunu belirtmiştir. Yaptığı deneyde küçük spermatoflaksın erkeğe maliyetinin az olduğunu ve dişinin üreme başarısına belli bir etkisinin olmadığını, erkeğin çiftleşme frekansını arttırdığını, spermi korumaya yönelik bir fonksiyon olduğunu belirtmiştir. Büyük spermatoflaksın ise sperm transferini koruduğu, dişinin üreme başarısını artırmakla ilişkili olduğunu, yani her iki fonksiyonu da desteklediğini ifade etmiştir. Wedell, bu bulgularla spermatoforum her iki durumda da erkeğin sperm transferini korumaya yönelik bir fonksiyonu olduğunu vurgulamıştır.

Cook ve Gage (1995)'in *P. interpunctella* (Lepidoptera: Pyralidae)'da da yaptıkları çalışmada; erkeklerin dişinin geçmiş ve gelecekteki çiftleşmeleri ile ilgili ipuçlarını iyi değerlendirdiklerini ortaya çıkarmışlardır. Deneysel olarak değişen ölçülerde sperm dağıtımları ayarlanmış erkeklerle, 6 gün önce çiftleşmiş dişilerin çiftleşmesine izin vermişlerdir. Erkeklerin daha önceden büyük miktarda sperm alan dişilere, küçük miktarda sperm almış dişilerden daha fazla sperm transfer ettiklerini

bulmuşlardır. Aynı zamanda erkeklerin genç bakir dişilere yaşlı bakir dişilerden daha fazla sperm transfer ettiğini vurgulamışlardır. Yaşlı bakir dişilerin ömür uzunluklarının genç olanlara göre daha belirsiz olmasından dolayı yaşlı bakir dişilerde olası sperm rekabet riski azalacaktır. Bu nedenle erkeklerin yaşlı bakir dişilerle çiftleşirken genç olanlara göre daha az sayıda sperm transfer ettiklerini belirtmişlerdir. *P. interpunctella*'da büyük dişilerin iki kez çiftleşmesi olasılığı küçük dişilerden (dişiler nadiren iki kere veya daha fazla çiftleşirler (Gage, 1998) daha büyük olduğunu, bu nedenle sperm rekabeti riskinin dişi ölçüleri ile artırdığını bildirmiştir. *Kawanaphila narree* (Orthoptera: Tettigoniidae) türü çalıçekirgelerinde dişilerin dört kat fazla sıklıkta çiftleşebildiklerini, dolayısıyla dişide sperm rekabeti yoğunluğunun arttığını ve dişinin üreme başarısının büyük oranda azaldığını ifade etmiştir. Bu nedenle sperm tüketiminin *P. interpunctella*'da dişi boyutu ile artarken, *K. narree*'de dişi boyutu ile azaldığını belirtmiştir.

Wedell (1998)'in *Coptaspis* (Orthoptera: Tettigoniidae) üzerinde yaptığı çalışmada, sadece dişiler daha önceden çiftleşmediği zaman erkeklerin dişi boyutu ile ilişkili olarak sperm transferi yaptıklarını göstermiştir. Erkeklerin bakir olmayan dişilere vücut büyüklüğüne bakmaksızın sperm miktarını eşit oranda arttırdıklarını bulmuştur. Bu sonuçlarıyla sperm rekabetindeki çatışmanın, erkek sperm transfer stratejileri üzerine dişi kalitesindeki varyasyondan daha büyük etkiye sahip olabileceğini ileri sürmüştür.

Vücut büyüklüğü böceklerde üreme başarısının genel bir tahminicisidir ve bu nedenle büyük dişiler erkeklere daha büyük bir üreme potansiyeli sunarlar. Birçok çalışma, erkeklerin büyük dişilerle çiftleştikleri zaman daha fazla sperm transfer ettiğini göstermiştir (*Acheta domesticus*, *Grylloides supplicans*, Gage ve Barnard, 1996, *Plodia interpunctella*, Gage, 1998; *Coptaspis sp*, Wedell ,1998; kelebeklerden *Pieris rapae* Wedell ve Cook ,1999a.; insanlarda Baker ve Bellis, 1993).

Erkek kelebekler tek bir çiftleşmeyi takiben sperm sayıları çok azalmaktadır ve az miktarda sperm alan dişiler daha fazla sperm alan dişilerden daha sık çiftleşeceklerdir (Oberhauser 1989; Kaitala ve Wiklund 1994; Bissoondath ve Wiklund 1997; Wedell ve Cook 1999a). Bu nedenle, erkeklerin dişilerin tekrar çiftleşmelerini geciktirme konusundaki başarısızlıklarından dolayı bakir olmayan erkekler için gelecekteki sperm rekabet riskinin daha büyük olduğu tespit edilmiştir.

Benzer şekilde erkek *P. rapae* gelecekte tekrar çiftleşme riskinin yüksek olmasıyla birlikte ikinci çiftleşmedeki sperm sayısını artırmak için ilk defa çiftleştiği zaman, erkeğin sperm depo organı içinde sperm sakladığı bulunmuştur (Cook ve Wedell 1996; Watanabe ve ark. 1998; Wedell ve Cook 1999a,b).

Reinhold (1999)'un barbitistin çalıçekirgelerinden *Poecilimon veluchianus* türünde yaptığı çalışmada, spermatoforum dişiyeye sağladığı faydaları yani spermatoforum eşeyssel yatırım fonksiyonunun olup olmadığını incelemiştir. Spermatofor tüketen dişilerin, spermatoforla beslenmesi engellenen dişilerle karşılaştırıldığında, artan kuru ağırlıklı döllere ürettiğini ve bu yararlı spermatofor tüketiminin etkisinin çiftleşmeden sonraki ilk dört gün içerisinde oluştuğunu belirtmiştir. Artan kuru ağırlığın daha fazla enerji sağladığını ve besinsiz ortamda oluşan larvanın yaşam süresiyle önemli derecede ilişkili olduğunu bulmuştur. Çünkü spermatofor tüketimi başka besin almamış dişiyeye ait dölün yaşam süresini arttırmıştır. *P. veluchianus*'da, dişilerin sıklıkla çiftleştiğini ve son erkeğin spermlerinin yumurtaları dölleme önceliği olduğunu belirtmiştir. Bu yüzden spermatofor ile sadece babalık yatırımı oluşturulurken, döl üretilmeden önce dişinin tekrar çiftleşerek spermatofor tüketiminden yararlandığını belirtmiştir. Dölün kuru ağırlığı spermatofor tüketiminden sonraki ilk dört gün boyunca arttığını bulmuştur. Bu durumun spermatoforum bilinen sperm koruma fonksiyonuna ek olarak spermatoforum eşeyssel yatırım fonksiyonu olarakta iş gördüğünü göstermiştir.

Simmons ve arkadaşlarının (1999) çekirgelerden *Requena verticalis*'de yaptıkları çalışmada, spermatoforum sperm transferini koruma ve ebeveyn yatırımı fonksiyonlarına bağlı olarak, erkeğin niteliği ile düğün hediyesi arasındaki ilişkiyi incelemişlerdir. Erkek bireylerin, sperm transferini koruma fonksiyonuna bağlı olarak yatırım yaptıklarında, protein konsantrasyonu ve içerdiği proteinin mutlak miktarı ile spermatoflaks içeriğinde kısıtlamalara gittiklerini tespit etmişlerdir. Ayrıca erkeğin fenotipi ile hediye büyüklüğü ya da kalitesi arasında bir ilişki bulamamışlardır. Ama erkeklerin ebeveyn yatırımı fonksiyonuna bağlı olarak yatırım yaptıklarında, spermatoflaks boyutu ve erkek boyutu arasında pozitif bir ilişki bulmuşlardır. Bununla beraber proteinin içeriği ve erkek boyutu arasında bir ilişkiye rastlamamışlardır. Asimetrik dalgalanma düzeyi yüksek olan erkeklerin, simetrik erkeklere oranla kendi spermatoflakslarının besleyici içeriğine daha çok yatırım

yaptığını tespit etmişlerdir. Bu yüzden, erkek niteliğinin çiftleşmedeki beslenmeye etki ettiğini, ama önceden belli olan bu davranışın çiftleşme seçiminde modellerin uyum gücüne dolaylı bir yarar sağladığını belirtmişlerdir.

Lehmann and Lehmann (2000) *Poecilimon mariannae* (Orthoptera: Phaneropteridae)'de yaptıkları çalışmada, spermatofor bileşenlerinin (spermatoflaks ve ampulla) eşeyssel yatırım dağılımının büyük ölçüde parazitlenme ve yeniden çiftleşme ile değişiklik gösterdiğini belirtmişlerdir. Her iki faktörün spermatoforun yapısı üzerinde bağımsız etkisi olmasına rağmen çalıçekirgelerin spermatofor karakterleri üzerinde etkili olan fonksiyonel kısıtlamaların, seçilime olan etkisini açığa çıkarmak yönünden önemli olduğunu belirtmişlerdir.

Hayvan türlerinde erkeğin yüksek eşleşme çabasıyla, erkekler sıklıkla kendilerini bir ikilem içerisinde bulur: çiftleşme eforunu yükseltmekle, her bir çiftleşmede kazanç artar, ama aynı zamanda mevcut kaynakları kısıtlanır ve buna bağlı olarak gelecekteki çiftleşme şansları da azalmaktadır. Bu nedenle erkeklerin düşük üreme potansiyeline yol açan daha az üreme kaynağı harcaması beklenir, böylece kaynaklar gelecek çiftleşmeler için gizli erkek seçeneği olarak, büyük olasılıkla üstün nitelikli dişilere, saklanmaktadır. Ama eşeyssel yatırımlar arasındaki güncel çiftleşme alışverişinin gücü ve gelecekte çiftleşmelerde kullanılacak olan kaynaklar bütün erkelerde aynı olmayabilir. Göreceli olarak yüksek oranlı çiftleşme maliyeti ile erkekler kendi sınırlı kaynaklarını daha zengin kaynakları olan erkeklerden daha tedbirli bir şekilde ayırmalıdır (Engqvist ve Sauer, 2000). Engqvist ve Sauer (2000) Akrepsineklerinden (Mecoptera) *Panorpa cognata*'da yaptıkları çalışmada bu öngörüü incelemişlerdir. Çiftleşme öncesi, erkekler dişilerin çiftleşme boyunca beslenmeleri için büyük miktarda salya kütlesi üretmektedirler. Erkek bireylerin daha büyük salya kütlesi üretmelerinin daha uzun süreli çiftleşmelere neden olduğunu göstermişlerdir. Dahası, salya bezi miktarının ve salya kütlesinin erkeğin durumuna göre artış gösterdiğini belirtmişlerdir. Daha iyi şartları olan erkeklerin yetersiz koşullarda olan erkeklere oranla göreceli olarak daha yüksek çiftleşme yatırımı yaptıklarını bildirmişlerdir. Bu yüzden erkeğin durumunun erkeğin gizli seçeneğini etkilediğini belirtmişlerdir. Sadece yetersiz durumdaki erkeklerin gizlice seçim yaptıklarını ve bunların çiftleşmede doğurganlık oranı yüksek olan dişilerle çiftleşirken daha çok salya kütlesi ürettiklerini bulmuşlardır.

Engqvist ve Sauer (2002)'in *Panorpa cognata* (Mecoptera: Panorpidae) türü erkeklerinde yaptıkları çalışmada erkeğin çiftleşmeler boyunca eşeysel yatırımını nasıl dağıttığını, erkeğin yaşına bağlı olarak nasıl bir strateji geliştirdiğini incelemişlerdir. Erkeklerin yüksek çiftleşme çabası içerisinde olduğu türlerde, güncel bir çiftleşmede harcanan çiftleşme çabası ile gelecekteki çiftleşmeler için ayrılan kaynaklar arasında bağlantı olduğunu bu nedenle erkek bireylerin yeniden üreme başarılarını maksimize etmek için, stratejik olarak yatırım yapmak zorunda olduklarını belirtmişlerdir. Gelecek için düşük üreme kazancı olan çiftleşmelerde kaynaklarını daha değerli çiftleşmeler için korumaları gerektiğini vurgulamışlardır. Erkeklerdeki yaş artışının, gelecekte beklenen üreme başarısını sürekli olarak azaltacağını, böylece kaynak tahsisinin öneminin bir ömür boyu büyük ölçüde değişiklik gösterebileceğini belirtmişlerdir. *P. cognata*'da erkekler çiftleşme fonksiyonu olan dişilere çiftleşme öncesi oldukça yüksek maliyetli bir hediye sunmaktadırlar ve bu hediyelerin üretiminin, erkek için yetersiz besin kaynaklarının olduğu koşullarda büyük oranda sınırlı olduğunu belirtmişlerdir. Erkeklerin çiftleşme sırasında yüksek nitelikteki dişilere, düşük nitelikteki dişilerden daha fazla yatırım yaptıklarını bulmuşlardır. Ancak, yaşlandıkça ayırım yapmaktan vazgeçtiklerini ve yaşlı erkeklerin, göreceli olarak gelecekte az sayıda çiftleşme beklentisiyle, yüksek nitelikli ve düşük nitelikli ayırımı yapmadan yatırım yaptıklarını belirtmişlerdir. Düşük nitelikli dişilerle çiftleşirken, erkeklerin sondaki çiftleşmelerinde baştakine göre daha çok yatırım yaptıklarını bulmuşlardır. Bu sonuçlarla, erkeklerin kendi kaynak dağılım değişikliklerini uyarlamalı bir şekilde yaptıklarını belirtmişlerdir. Önceki çiftleşmelerin erkeğin sağduyusunu karakterize ediyor gibi görüldüğünü, daha sonraki çiftleşmelerde, erkek daha yararlı bir çiftleşme stratejisi izliyormuş gibi görüldüğünü vurgulamışlardır.

Wedell and Ritchie (2004) uzunantenneli çekirgelerden *Ephippiger ephippiger* (Orthoptera: Tettigoniidae) erkeklerinde yaş ve çiftleşme geçmişinin erkeğin eşeysel yatırımına etkisini araştırmışlardır. Dördüncü çiftleşmede erkeklerin çok az sayıda sperm içeren ve düşük nitrojen içeriği olan spermatofor ürettiklerini saptamışlardır. Bu durumu spermatofor üretiminin erkek için oldukça maliyetli olmasına ve çiftleşmeler arasındaki sürede erkeğin beslenmesine bağlamışlardır. Yaşlı bakır

erkeklerin besin değeri yüksek ve çok sayıda sperm içeren büyük spermatofor ürettiklerini tespit etmişlerdir. Buna rağmen dişilerin yaşlı erkekler yerine genç erkekleri tercih ettiklerini saptamışlardır. Dişilerin genç erkekleri direk bir genetik kazanç sağladığı için tercih ettiklerini ortaya koymuşlardır.

Sevgili and Reinhold (2007) barbitistin çalıçekirgelerinden *P. jonicus jonicus* erkeklerinin sperm transferinin dişinin vücut ağırlığına göre mi belirlendiği veya diğer faktörler mi bunda etkilidir? sorusuna cevap aramışlardır. Erkeğin dişinin virgin veya nonvirgin, vücut büyüklüğü parametrelerine göre bir strateji belirlemediğini, yaş ve çiftleşme sayısının artmasına bağlı olarak sperm sayısının da arttığını bulmuşlardır.

Lehmann and Lehmann (2009) *Poecilimon zimmeri* (Orthoptera: Phaneropteridae) erkeklerinin yaşa bağlı olarak spermatofor büyüklüğünün artıp artmadığını araştırmışlardır. Erkeklerdeki bu eşeyssel yatırımın ilk çiftleşmede erkeğin yaşına bağlı olduğunu, bakir yaşlı bireylerin bakir gençlere göre daha büyük spermatofor transfer ettiğini saptamışlardır. Bakir olmayan erkeklerde spermatofor büyüklüğünün yaşa bağlı olmadığını, vücut ağırlığı fazla olan erkeğin daha büyük spermatofor transfer ettiği ama erkek vücut ağırlığının iyi bir belirleyici olmadığını belirtmişlerdir.

3. MATERYAL ve YÖNTEM

3.1. Materyal

Yapılan çalışmada model organizma olarak *Isophya sikorai* (Orthoptera: Tettigoniidae: Phaneropterinae) kullanılmıştır. *Isophya sikorai*'nin beslenmesinde Şanlıurfa civarında yaygın olarak yetişen bitkilerden *Arthemis hyalina*, *Trifolium stellatum var. stellatum*, *Trifolium speciosum*, *Trifolium tamentasum*, *Trifolium purpureum var. purpureum*, *Trigonella spruneriana var. spruneriana*, *Valerianella vesicaria* kullanılmıştır (Kaya ve Ertekin, 2009). *Isophya sikorai*'lerin araziden taşınıp laboratuvara getirilmesi için 25-30 cm ebatlarında kafesler kullanılmıştır. Laboratuvarında 15-30 cm ebatlarında kafesler ve plastik kavanozlar kullanılmıştır (Şekil 3.2). Dişi ve erkek bireylerin çiftleşme öncesi ve sonrasındaki ağırlıklarının, çiftleşmeden sonra dişiden alınan spermatoforum, spermatoflax ve ampullanın tartılması için 0.001 mg hassas terazi kullanılmıştır. Dişiden spermatoforum alınması için ince uçlu pens, ampullanın sulandırılıp karıştırılması için cam kaplar ve enjektör, spermlerin sayılması için Neubauer lamı (Haemocytometer) ve ışık mikroskobu (Olympus CX 120) kullanılmıştır. Spermatoflaxların saklanması için ependorf tüpler, spermatoflaxların kurutulması için liyofilize cihazı (Telstor Cryodos) ve örneklerin saklanması için %98'lik alkol kullanılmıştır.

3.1.1. Model organizma *Isophya sikorai*

Isophya sikorai Güneydoğu Anadolu'nun kısmen doğusunda (Şanlıurfa, Siirt, Diyarbakır), Doğu Anadolu'nun güney kesimlerinde (Malatya, Elazığ, Bitlis) yayılış gösteren endemik bir türdür. Deney için gerekli örnekler Şanlıurfa'ya bağlı Tektek platosu üzerinden toplanmıştır. Yaptığımız gözlemlere göre bu endemik tür mart başında yumurtadan çıkmakta ve nisan ayı başlarında da erginlerine rastlanmaktadır. Erkek ve dişilerin kanatları kısadır (Şekil 3.1), uçmazlar ve dispersalleri oldukça azdır. Erkeklerin kanatları ses oluşturma organına dönüşmüştür. Çiftleşme dönemi dişilere mesaj amaçlı olarak, türe özgü ses sinyalleri gönderilir. Dişilerin kanatları

erkeklere göre çok daha kısa ve basit yapılıdır. Bu tür diğer çalıçekirgeleri gibi çiftleşme sırasında dişilerine yenilebilen ve sperm taşıyan bir ampulla içeren bir spermatofor (düğün hediyesi) nakleler. Diğer birçok *Poecilimon* cinsi türleri gibi *Isophya*'lar da eşleşme davranışlarını çalışmak için iyi bir model organizma grubudur.



Şekil 3.1. Erkek ve Dişi *Isophya sikorai* ergin bireyleri

3.2. Yöntem

I. sikorai popülasyonunun yayılış gösterdiği Tektok platosu üzerinden 30-31 Mart 2010 ve 1 Nisan 2010 tarihlerinde 55 dişi 55 erkek olmak üzere toplam 110 adet nimf toplanmıştır. Toplanan bireyler 25-30 cm ebatlarındaki kafeslerle laboratuvara taşınmıştır (Şekil 3.2). Toplanan dişi ve erkek bireyler birbirinden ayrılarak ayrı kafeslere konulmuştur (Şekil 3.3). Beslenmeleri için materyalde adı geçen bitkileri toplanmış ve kurumamaları için içinde su bulunan plastik bardaklarla kafeslere konulmuştur. Kafesler her gün kontrol edilerek ergin olan bireyler alınıp ayrı kafeslere konulmuştur ve yaşlarının tespiti için ergin olma tarihleri not edilmiştir. Ayrılan her bir ergin bireye ayrı bir numara verilmiştir.

Erkeklerin ses çıkarmaları baz alınarak ergin olduktan beş gün sonra çiftleştirilmeye başlanmıştır. Çiftleşme öncesinde rastgele seçilen erkek ve dişi hassas terazide tartılıp ağırlıkları not edilmiştir. Tartılan erkek ve dişi aynı kavanoza konulup çiftleşmeleri için bir saat süre tutulmuştur (çiftleşme sırasındaki kilo kayıp ve artışındaki değişimler olabileceği için bir saat tutulmuştur). Çiftleşme sona erince öncelikle dişi alınıp spermatoforuyla tartılmıştır, daha sonra spermatofor dişiden ince bir pens yardımıyla alınıp tartılmıştır. Tartılan spermatofordan ampulla ve spermatoflaks ayrılmış, ampulla ve spermatoflaks ayrı ayrı tartılmıştır. Erkek spermatofor kaybının ölçümü için yeniden tartılmıştır. Ampullalar daha önceden hazırlanan cam kap içerisinde pens yardımıyla dikkatli bir şekilde kırılmıştır. Ampulla çiftleşme statüsüne göre 0.2; 0.3; 0.4 ve 0.5 ml su içerisine konulmuş (çiftleşme sayısı arttıkça sperm sayısında da artma meydana gelmektedir, spermlerin daha sağlıklı sayılması için çiftleşme sayısına bağlı olarak sulandırma oranları da artırılmıştır) ve enjektör yardımıyla en az 15 defa çekilip bırakılarak iyice homojenize edilmiştir. Daha sonra spermler ışık mikroskopunda X10'luk objektifte Neubauer lamında sayılmıştır. Neubauer lamında 1ml'lik hacimlerde 8 adet kare sayılmıştır. Her bireye ait sperm sayımı için en az beş kez sayım tekrarlanmıştır. Bu beş sayımın ortalaması alınıp aşağıdaki formül ile sperm sayıları hesaplanmıştır.

$$HS = \frac{SHS \times SO \times 10\,000}{SKS}$$

Spermatoflakslar kuru ağırlıklarının tespit edilmesi için ependorf tüplere konulmuş ve daha sonra liyofilize cihazında kurutulmak üzere -18 derecede buzdolabında saklanmıştır.

Çiftleşen dişi ve erkek bireyler kafeslerine alınıp çiftleşme tarihleri not edilmiştir. Çiftleşme tarihlerinden üç gün sonra erkekler aynı dişilerle olmayacak şekilde tekrardan çiftleştirilmişlerdir. Spermatofor erkek için oldukça masraflı bir yatırımdır. Erkeğin tekrardan spermatofor oluşturması için çiftleştirmeye üç gün ara verilmiştir). Denemeler 29 erkeğin sağlıklı bir şekilde 6 çiftleşme yapmasına kadar aynı şekilde yürütülmüştür. Çiftleştirmeler bittikten sonra tüpler dolaptan çıkartılıp oda sıcaklığına gelinceye kadar bekletilmiştir. Daha sonra tüpler erlenler içinde

liyofilize cihazına konulup kurutulmuşlardır. Kurutulan spermatoflakslar hassas terazide tartılmışlardır.



Şekil 3.2. Arazide kullanılan 25- 30 cm ebatlarındaki kafesler



Şekil 3.3. Deney de kullanılan kafes ve plastik kutular

3.2.1. Sonuçların değerlendirilmesi

Tüm çiftleşmelerden elde edilen çiftleşme öncesi erkek ve dişi vücut ağırlıklarının, çiftleşme sonrası spermatofor, yaş ve kuru spermatoflaks ve ampulla ağırlıklarının, % spermatofor ve spermatoflaks ve sperm sayısının ortalama ve standart sapmalarının hesaplanması için Tanımlayıcı İstatistik programı kullanılmıştır.

Spermatofor, spermatoflaks, ampulla, dişi ve erkek vücut ağırlıkları ile % spermatoforun 6 çiftleşme içerisinde her bir çiftleşmede elde edilen verilerinin ortancaya göre yayılışlarını ve hangi değerler arasında yer aldıklarını göstermek için Kutu Grafiği (Boxplot) kullanılmıştır.

Sperm sayısı ve ampulla ağırlığı, ampulla ağırlığı ile spermatofor ağırlığı, ampulla ağırlığı ile spermatoflaks ağırlığı, spermatofor ağırlığı ile erkek vücut ağırlığı ve spermatoflaks ağırlığı ile erkek vücut ağırlığı arasındaki ilişkinin yönünü, tipini büyüklüğünü belirlemek için İlişki Grafiği (Scatterplot) kullanılmıştır.

Erkek ve dişi vücut ağırlıkları, spermatofor, spermatoflaks ve ampulla ağırlıkları ile % spermatofor ve sperm sayısı gibi tüm değişkenlerin ikili olarak aralarındaki ilişki düzeyini, yönünü ve ilişkinin önemini belirlemek için Korelasyon analizi yapılmıştır.

Erkek ve dişi vücut ağırlıkları, spermatofor, spermatoflaks ve ampulla ağırlıkları ile % spermatofor ve sperm sayısının 6 çiftleşme sonucunda her bir çiftleşmede elde edilen verilerinin grup ortalamalarının farklılığını test etmek amacıyla Tek Yönlü Varyans analizi (ANOVA) kullanılmıştır.

4. ARAŞTIRMA BULGULARI ve TARTIŞMA

4.1.Çiftleşme davranışı

Çalıçekirgelerinde çiftleşme dişinin erkeğin abdomeni boyunca üzerine çıkmasıyla başlar, dişi metanotal bezin salgısıyla beslenirken erkeğin serkuslarıyla dişinin ovipositor kaidesinden yakalamasının ardından spermatoforun dişiye transferi ile son bulur. Ardından dişi bu spermatoforu yavaş yavaş yer. Bu sırada sperm ampulladan spermatekaya transfer edilir (Şekil 4.1).



Şekil 4.1. *Isophya sikorai*'de çiftleşme davranışı

4.2. Spermatofor yatırımı ve içeriği

Dişi, erkek, spermatofor, yaş spermatoflaks, kuru spermatoflaks ve ampulla ağırlıkları ile sperm sayısı, % spermatofor, % spermatoflaksın ortalama ve standart sapmaları Çizelge 4.1 de verilmiştir.

Çizelge 4.1. *Isophya sikorai*'de dişi, erkek, spermatofor, yaş spermatoflaks, kuru spermatoflaks ve ampulla ağırlıkları ile sperm sayısı, % spermatofor, % spermatoflaks

Değişken	N	Ortalama	SS
Erkek ağırlığı (mg)	46	643	73
Dişi Ağırlığı (mg)	50	1212	148
Spermatofor ağırlığı (mg)	234	91	20
Yüzde Spermatofor (%)	234	15	3
Spermatoflaks ağırlığı (mg)	234	80	18
Kuru spermatoflaks ağırlığı (mg)	234	1	0,3
Kuru spermatoflaks (%)	234	11.47	1.72
Ampulla ağırlığı (mg)	234	11	6
Sperm sayısı x10 ³	234	723	503

Çizelge 4.1 incelendiğinde, tüm çiftleşme öncesi ölçümlerde dişi ağırlığı ortalama 1212 mg, erkek ağırlığı 643 mg olarak belirlenmiştir. Erkek her bir çiftleşme sonrasında ortalama 91 mg spermatofor meydana getirmektedir. Buda erkek vücut ağırlığının spermatofor meydana getirirken her bir çiftleşmede ortalama % 15'lik bir kayba uğradığını göstermektedir. Tüm çiftleşmelerde spermatoflaks ağırlığı ortalama 80 mg, ampulla ağırlığı ortalama 11 mg olarak bulunmuştur. Spermatoflaks kurutulurken katı madde ve su içerikleri hesaplanmıştır. Kuru spermatoflaks ağırlığı ortalama 1 mg bulunurken, spermatoflaksın ortalama % 11'nin kuru madde olduğu geri kalan % 89'nun da su olduğu belirlenmiştir. *Ancistrura*, *Barbitistes*, *Metaplastes*, *Poecilimon* gibi çalıçekirgesi cinslerinde yapılan çalışmada, kuru spermatoflaksın yapısında su ile birlikte protein, yağ, karbonhidrat ve çok az miktarda üre ve ürik asit olduğu bildirilmiştir (Heller et al., 1998). Sperm sayısı tüm çiftleşmelerde ortalama 723 bin olarak bulunmuştur.

Çiftleşme öncesi dişi *I. sikorai*'de vücut ağırlıkları 876 mg ile 1427 mg arasında, erkek *I. sikorai*'de ise 413 mg ile 768 mg arasında değişmektedir. Aynı bireylerdeki ağırlık değişimleri yaşa bağlı olarak farklılık göstermektedir. İlk beş çiftleşmede ağırlıklar artarken altıncı çiftleşmede ağırlıkların azaldığı gözlenmektedir. *Isophya sikorai* erkekleri çiftleşme sonrasında 46 mg ile 134 mg

arasında değişen ağırlıklarda spermatofor, 26 mg ile 128 mg arasında değişen aralıklarda spermatoflaks ve 3 mg ile 14 mg arasında değişen aralıklarda ampulla meydana getirmektedirler. Her bir çiftleşmede erkeğin spermatofor oluşturmasına bağlı olarak vücut ağırlığında % 9 ile % 21 arasında değişen miktarlarda azalmalar meydana gelmektedir. Sperm sayısı erkeğin yaşına ve çiftleşme sayısına göre 20 bin ile 2.2 milyon arasında değişmektedir.

Spermatofor içeriğinde, yaşa ve çiftleşme sayısına bağlı olarak meydana gelen değişimleri incelemek için özellikle *Poecilimon* cinsine ait türler ve birçok alığekirgesi model organizma olarak kullanılmıştır. Yapılan alışmalarda *Poecilimon* cinsine ait türlerin spermatoforlarının genellikle büyük olduğu ve en küçük spermatoforun bile erkek vücut ağırlığının % 6.1'i olduğu belirtilmiştir (*P. laevissimus*). Bununla beraber birçok alığekirgesinde spermatofor çok küçük olabilmektedir. Örneğin *Mecopoda elongata* ve *Meconema thalassinum* türlerinde spermatofor erkek vücudunun zar zor % 1'i kadar ya da hiç olmamaktadır (McCartney et. al., 2008). *Poecilimon*'lar nispeten daha büyük spermatofor ve her zaman ampulladan çok daha büyük bir spermatoflaks yapmaktadırlar (*Poecilimon mytilenensis*, McCartney et. al., 2008). Ancak istisnai durumlarda büyük spermatofor (vücut ağırlığının % 14.7'si) ve nispeten küçük spermatoflaks (vücut ağırlığının % 8.2'si) meydana getirmektedirler (Heller et al., 2004). Spermatofor ağırlığındaki üst limit *Poecilimon* ve diğer alığekirgelerde benzerlik göstermektedir. Örneğin *P. thessalicus*, *P. ornatus*, *P. pergamicus* ve *Steropleurus stali*'de spermatofor erkek vücut ağırlığının % 25 ile % 28'i arasında değişmektedir (McCartney et. al., 2008). *Decticus verrucivorus* alığekirgesinde erkekler vücut ağırlıklarının ortalama % 9.45'ini spermatofor yaparak kaybetmektedirler (Wedell ve Arak, 1989). *Poecilimon zimmeri* alığekirgelerinde ise bu oran % 11.4 ile % 24.9 arasında değişmektedir (Lehmann ve Lehmann, 2009). *Poecilimon jonicus jonicus*'da ortalama spermatofor ağırlığı 72.35 mg olduğu ve erkek vücut ağırlığının ortalama % 13.6'sını spermatofor meydana getirerek kaybettiği bildirilmiştir (Sevgili ve Reinhold, 2007).

Poecilimon türleri çok fazla sayıda sperm meydana getirmektedirler. *Poecilimon*'larda sperm sayısı her bir spermatoforda 200 bin (*P. hamatus*, *P. ikariensis*, *P. jonicus* ve *P. wernerii*) ile 28 milyon (*P. zimmeri*) arasında değişmektedir (McCartney et. al., 2008). Bununla beraber *Poecilimon thessalicus*'ta

sperm üretimi çok fazla olup 38 milyonu bulmaktadır. *Phanerptera nana*'da sperm sayısı ortalama 38 bin, *Pycnogaster inermis*'de ise ortalama 10 milyondur (McCartney et. al., 2008). *Poecilimon jonicus jonicus*'da da sperm sayısı ortalama 361 bin olarak bildirilmiştir (Sevgili ve Reinhold, 2007). *Poecilimon schmidtii*'de sperm sayısı ortalama 845 bin, *Poecilimon affinis*'te ise sperm sayısı 4 milyonu geçmektedir (Vahed ve Gilbert, 1996).

Dişi, erkek, spermatofor, yaş spermatoflaks, kuru spermatoflaks ve ampulla ağırlıkları ile sperm sayısı ve % spermatofor ortalama ve standart sapmalarının 6 çiftleşme boyunca nasıl değiştiği Çizelge 4.2 de verilmiştir.

Çizelge 4.2. *Isophya sikorai*'de her bir çiftleşmede dişi, erkek, spermatofor, yaş spermatoflaks ve ampulla ağırlıkları ile sperm sayısı ve % spermatofor, (SS= standart sapma, Ç= çiftleşme)

DEĞİŞKENLER	N	Ç1	Ç2	Ç3	Ç4	Ç5	Ç6
Erkek vücut ağırlığı	29	603±58	650±57	663±68	671±65	653±82	615±94
Dişi vücut ağırlığı	29	1086±115	1223±115	1257±112	1284±127	1285±130	1165±132
Spermatofor	174	67±15	92±15	98±13	105±13	97±15	86±19
% Spermatofor	174	10±4	16±3	16±2	17±2	15±3	15±3
Yaş spermatoflaks	174	59±14	82±14	86±12	92±12	84±15	74±18
Ampulla	174	8±3	10±2	12±2	12±2	12±2	12±1
Sperm sayısı x 10 ³	174	149±185	520±375	893±447	1015±491	1046±507	849±347

Çizelge 4.2 incelendiğinde erkek vücut ağırlık ortalamalarının beşinci çiftleşmeye kadar arttığı beş ve altıncı çiftleşmelerde azaldığı, dişi ağırlık ortalamasının da altıncı çiftleşmeye kadar arttığı altıncı çiftleşmede azaldığı görülmektedir. Dişi ve erkek bireylerdeki bu ağırlık değişimleri yaş artışına bağlanmıştır. Spermatofor ağırlık ortalaması beşinci çiftleşmeye kadar artmış, beş ve altıncı çiftleşmede azalmıştır. Aynı şekilde spermatoflaksta beşinci çiftleşmeye kadar artmış, beş ve altıncı çiftleşmede azalmıştır. Her bir çiftleşmedeki sperm sayısı ortalamaları altıncı çiftleşmeye kadar artmış altıncı çiftleşmede azalmıştır.

4.3. Çiftleşme sayısına ve yaşa bağlı spermatofor yatırımındaki içeriğin değişimi

Altı çiftleşme içerisinde dişi ve erkek ağırlıkları ile spermatofor içeriğinde meydana gelen değişimler Çizelge 4.3 te verilmiştir.

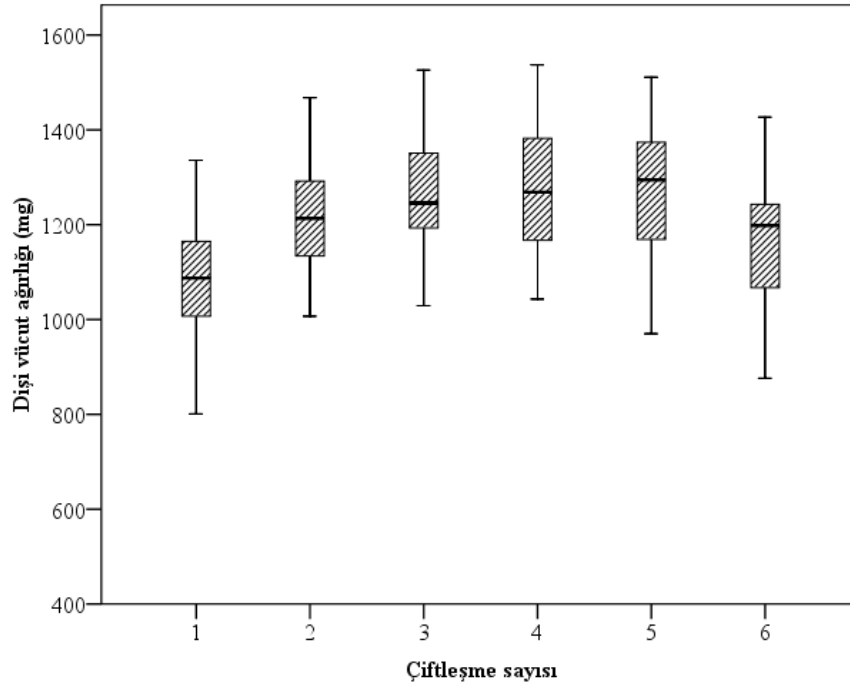
Çizelge 4.3 incelendiğinde dişi ağırlığı, çiftleşmeler arasında önemli derecede farklılık göstermiştir (ANOVA: $F = 11.834$, $p < 0.001$). Altıncı çiftleşmeye kadar her bir çiftleşmede dişi ağırlığı artarken altıncı çiftleşmede azalmıştır (Şekil 4.2).

Çizelge 4.3. Altı çiftleşme içerisinde dişi ve erkek ağırlıkları ile spermatofor içeriğinde meydana gelen değişimler (tekrarlı ölçümler ANOVA)

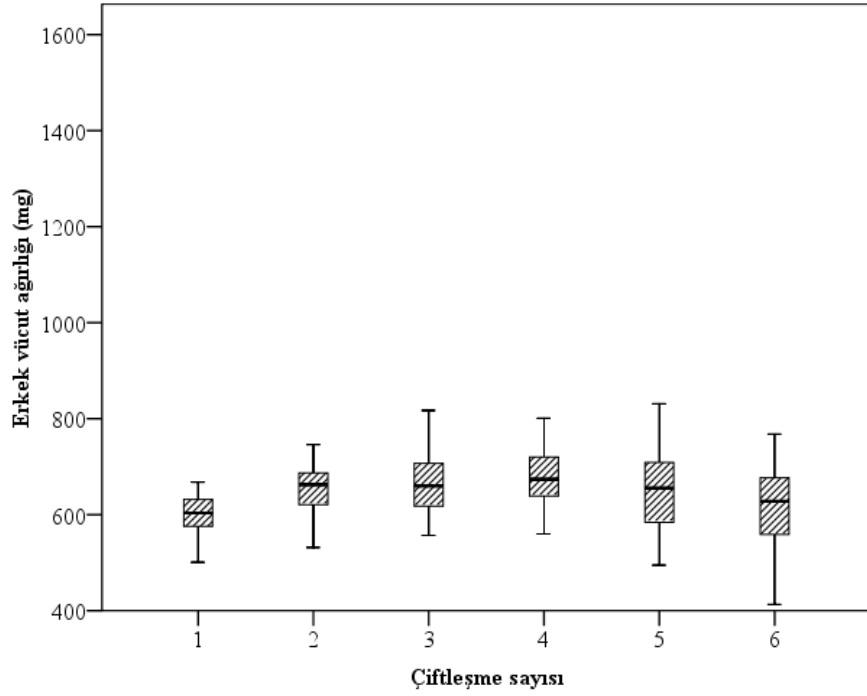
Değişken	Çiftleşmeler arasında			
	N	Ortalamanın karesi	F	p
Erkek ağırlığı (mg)	29	21596.30	4.193	0.001
Dişi Ağırlığı (mg)	29	176921.19	11.834	0.000
Spermatofor ağırlığı (mg)	174	5014.80	22.219	0.000
Yüzde Spermatofor (%)	174	153.99	19.457	0.000
Spermatoflaks ağırlığı (mg)	174	4047.87	20.165	0.000
Ampulla ağırlığı (mg)	174	82.05	22.662	0.000
Sperm sayısı x10 ³	174	3494321.54	21.130	0.000

($p < 0.001$, ANOVA)

Aynı durum erkek ağırlığında da görülmektedir (ANOVA: $F = 4.193$, $p < 0.001$). İlk dört çiftleşmede erkek ağırlığı artarken beş ve altıncı çiftleşmelerde azalmıştır (Şekil 4.3). Dişi ve erkeğin zamanla ağırlıklarında meydana gelen bu azalmaların yaşa bağlı olduğu düşünülmektedir.



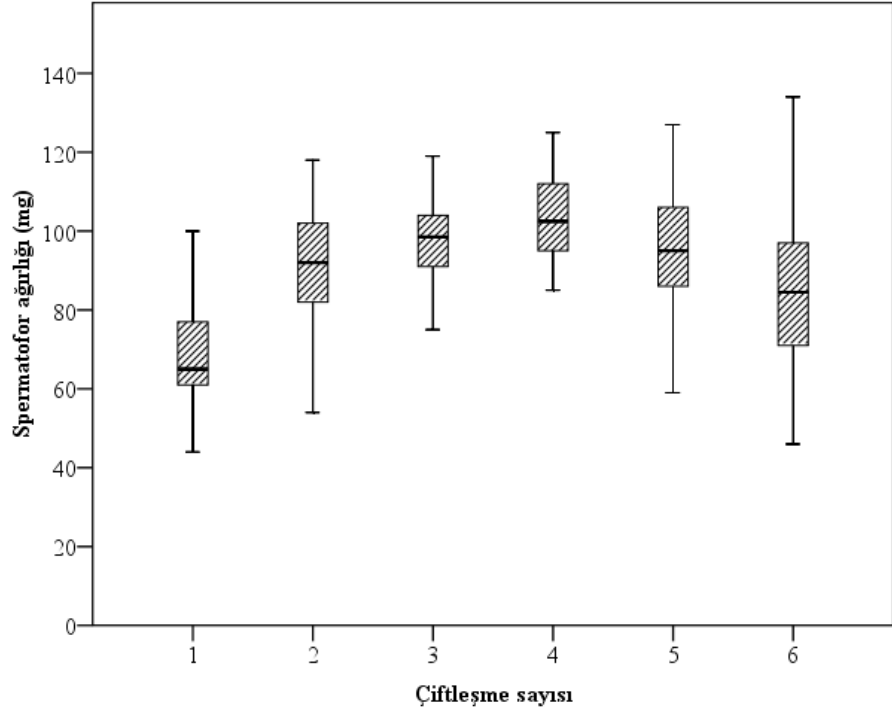
Şekil 4.2. Çiftleşme sayısının dişi ağırlığına etkisi



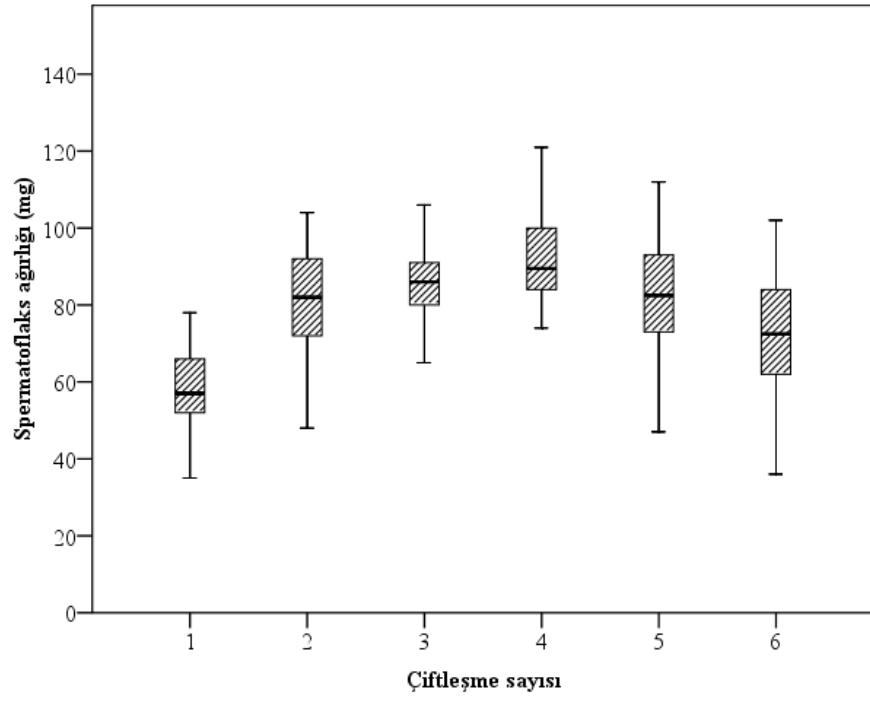
Şekil 4.3. Çiftleşme sayısının erkek ağırlığına etkisi

Benzer şekilde spermatozor, spermatozoflaks, ampulla ağırlıkları ile % spermatozor ve sperm sayısı da çiftleşmeler arasında önemli derecede farklılık göstermektedir (Çizelge 4.3). Çiftleşme sayısının spermatozor, spermatozoflaks, ampulla ağırlıkları ile % spermatozor ve sperm sayısını önemli derecede etkilediği gözlenmiştir. Spermatozor ağırlığı ilk dört çiftleşmede artmış, beş ve altıncı çiftleşmede azalmıştır (Şekil 4.4). Aynı şekilde spermatozoflaksta ilk dört çiftleşmede artmış, beş ve altıncı çiftleşmede azalmıştır (Şekil 4.5). % spermatozor ilk dört çiftleşmede artmış, beş ve altıncı çiftleşmede azalmıştır (Şekil 4.6). Ampulla ağırlığı ilk beş çiftleşmede artmış, altıncı çiftleşmede beşinci çiftleşmeye göre önemli bir değişiklik olmamıştır (Şekil 4.7). Sperm sayısı ilk çiftleşmede yok denecek kadar azken sonraki dört çiftleşmede artmış, altıncı çiftleşmede tekrardan azalmaya başlamıştır (Şekil 4.8). *Poecilimon jonicus jonicus* çalıçekirgesinde yapılan çalışmada sperm sayısının beş çiftleşme boyunca arttığı bildirilmiştir (Sevgili ve Reinhold, 2007). *Ephippiger ephippiger*'de ise sperm sayısının ilk üç çiftleşmede arttığı, dördüncü çiftleşmede ise azaldığı belirtilmiştir (Wedell ve Ritchie, 2004).

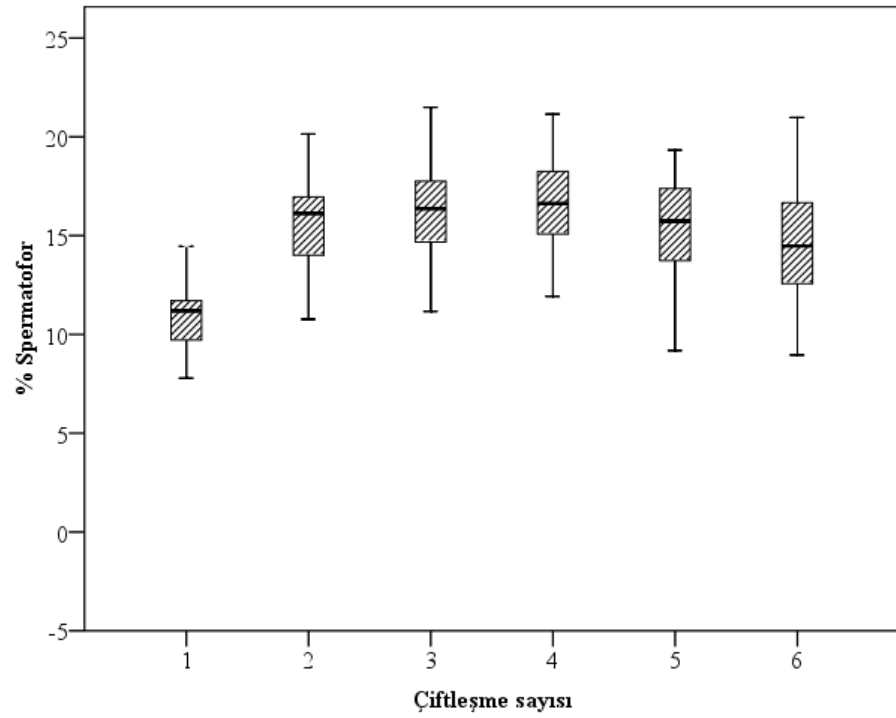
Çiftleşme sayısının erkeğin spermatofor üretimine etkisinin yaşa göre daha etkin olduğu varsayılmıştır. Çünkü bakir yaşlı erkeklerin, bakir olmayan yaşlı erkeklere göre daha büyük miktarlarda spermatofor ürettiği tespit edilmiştir (Wedell ve Ritchie, 2004).



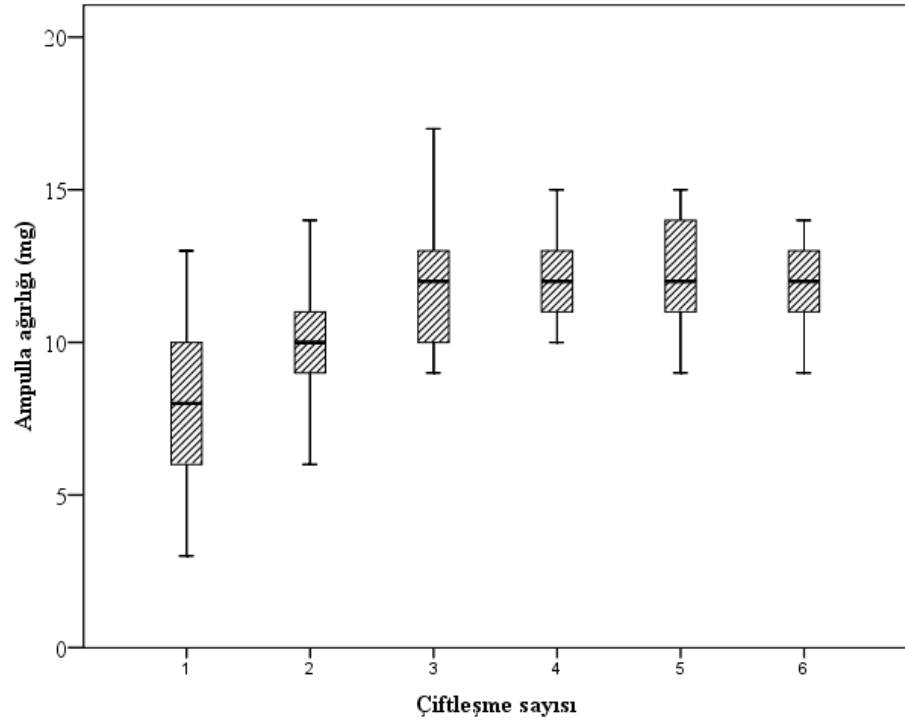
Şekil 4.4. Çiftleşme sayısının spermatofor ağırlığına etkisi



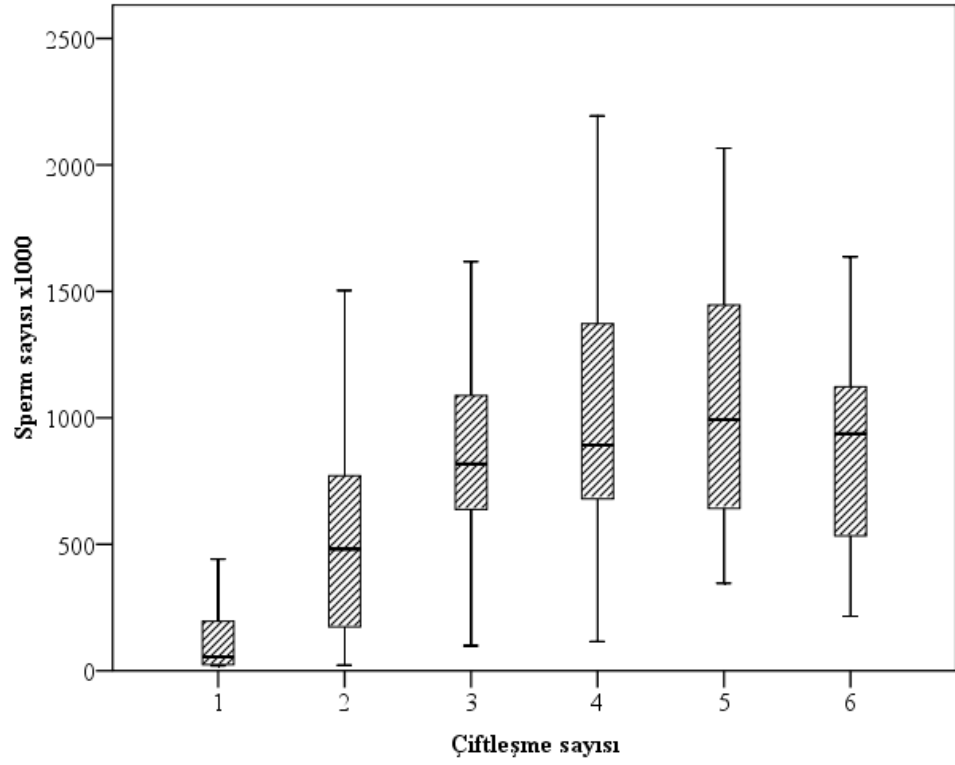
Şekil 4.5. Çiftleşme sayısının spermatoflaks ağırlığına etkisi



Şekil 4.6. Çiftleşme sayısının % spermatofora etkisi



Şekil 4.7. Çiftleşme sayısının ampulla ağırlığına etkisi



Şekil 4.8. Çiftleşme sayısının sperm sayısına etkisi

4.4. Erkek ağırlığı ile spermatofor içeriği arasındaki ilişkiler ve erkeğin stratejik davranışı

Spermatofor, % spermatofor, spermatoflaks, ampulla, dişi ağırlığı, erkek ağırlığı ve sperm sayısının birbirleriyle olan ilişkileri Çizelge 4.4'te verilmiştir.

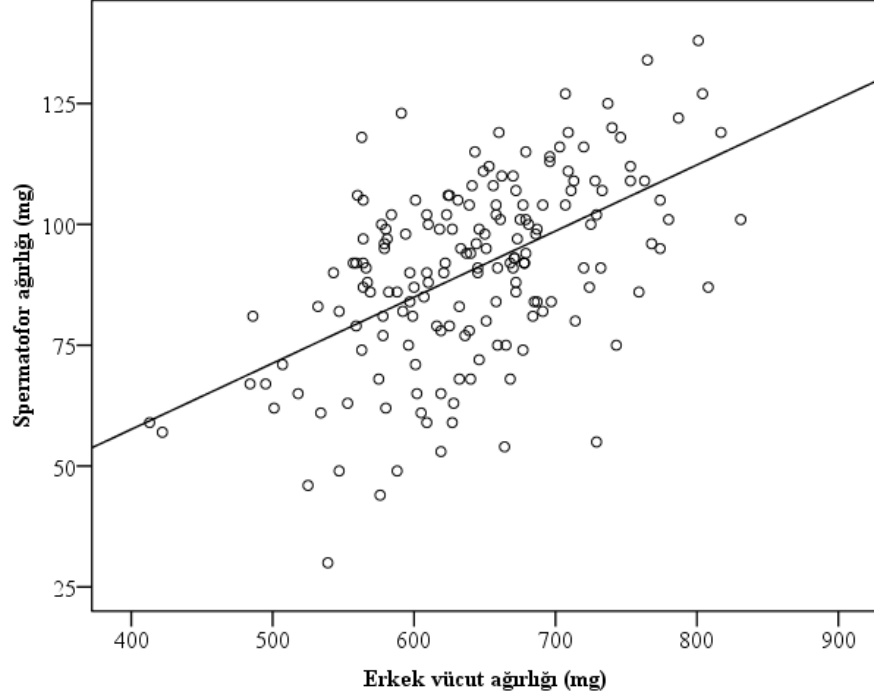
Çizelge 4.4. Altı çiftleşme içerisinde dişi ve erkek ağırlıkları ile spermatofor içeriği arasındaki ilişkiler (Korelasyon analizi, N= 29 dişi, 29 erkek)

	Spermatofor			Ampulla	Dişi vücut ağırlığı	Erkek vücut ağırlığı	Sperm sayısı x10 ³
	Spermatofor	(%)	Spermatoflax				
Spermatofor		0.716**	0.994**	0.654**	0.346**	0.537**	0.416**
Spermatofor (%)	0.716**		0.703**	0.573**	0.306**	0.107	0.380**
Spermatoflax	0.994**	0.703**		0.594**	0.341**	0.547**	0.381**
Ampulla	0.654**	0.573**	0.594**		0.289**	0.162*	0.585**
Dişi vücut ağırlığı	0.346**	0.306**	0.341**	0.289**		0.110	0.312**
Erkek vücut ağırlığı	0.537**	0.107	0.547**	0.162*	0.110		0.068
Sperm sayısı x10 ³	0.416**	0.380**	0.381**	0.585**	0.312**	0.068	

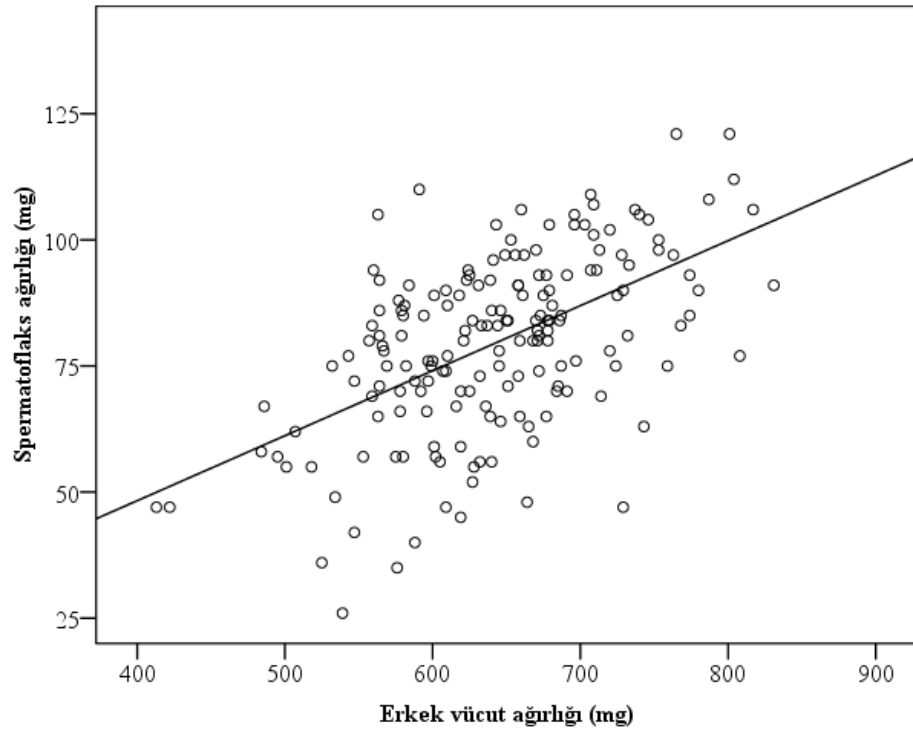
(** p<0.01 , * p<0.05, Korelasyon analizi)

Çizelge 4.4 incelendiğinde spermatofor kütlesi ile erkek vücut ağırlığı arasında pozitif bir ilişki görülmektedir ($F=0.537$, $p<0.01$, $r^2=0.289$). Daha büyük erkekler daha ağır spermatofor meydana getirmektedirler (Şekil 4.9). Aynı şekilde spermatoflaks ağırlığı da erkek ağırlığıyla önemli derecede ilişkili bulunmuştur ($F=0.341$, $p<0.01$, $r^2=0.30$). Daha ağır erkek daha ağır spermatoflaks üretmektedir (Şekil 4.10.) Ampulla ağırlığı ile erkek ağırlığı arasında zayıf bir ilişki tespit edilmiştir ($F=0.162$, $p<0.05$). Sperm sayısı ve erkek ağırlığı arasında herhangi bir ilişkiye rastlanılmamıştır. Erkeğin vücut ağırlığının sperm yapımına bir etkisi bulunmamaktadır ($F=0.068$, $p>0.01$). Spermatofor ağırlığı ile spermatoflaks ağırlığı arasında güçlü bir ilişki tespit edilmiştir ($F=0.994$, $p<0.01$). Benzer ilişki ampulla ve spermatofor ağırlıkları arasında da görülmüştür ($F=0.654$, $p<0.01$, $r^2=0.428$). Spermatofor ağırlığı arttıkça ampulla ağırlığı da artmaktadır. Spermatoflaks ağırlığı ve ampulla ağırlığı arasında önemli bir ilişki tespit edilmiştir ($F=0.594$, $p<0.01$, $r^2=0.353$). Her bir çiftleşmede spermatoflaks kütlesinin artışına paralel olarak ampulla kütleside artmaktadır (Şekil 4.11). Ampulla ağırlığı ve sperm sayısı arasındada pozitif bir ilişki bulunmaktadır ($F=0.585$, $p<0.01$, $r^2=0.343$). Sperm sayısı

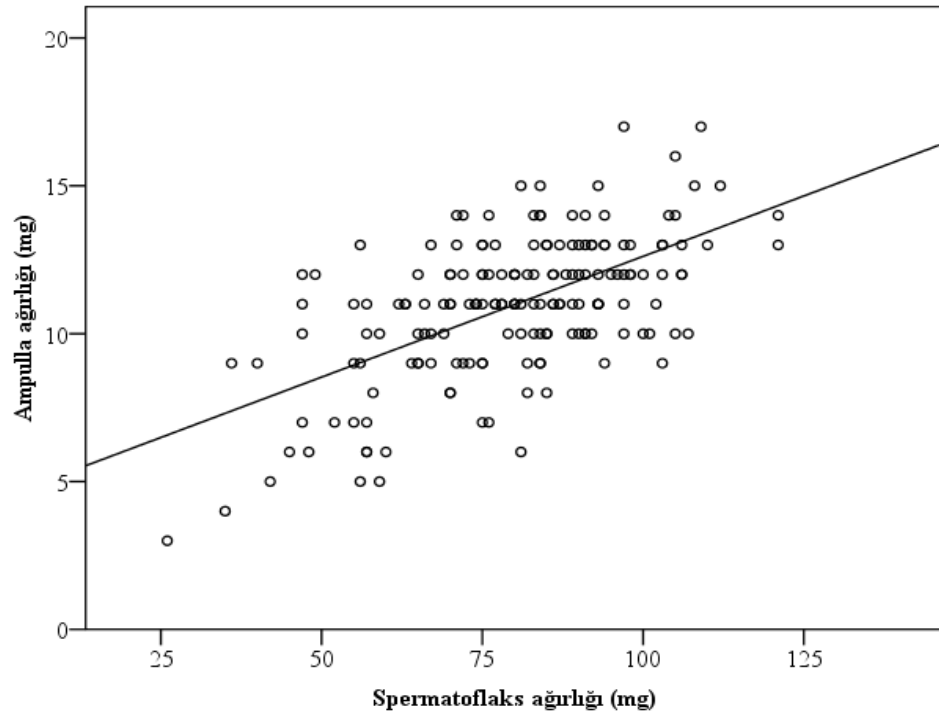
arttikça sperm i içinde bulunduran ampulla kütlesinde de artış olmaktadır (Şekil 4.12). Dişi ağırlığının spermatofor ve içeriği ile bir ilişkisi tespit edilememiştir.



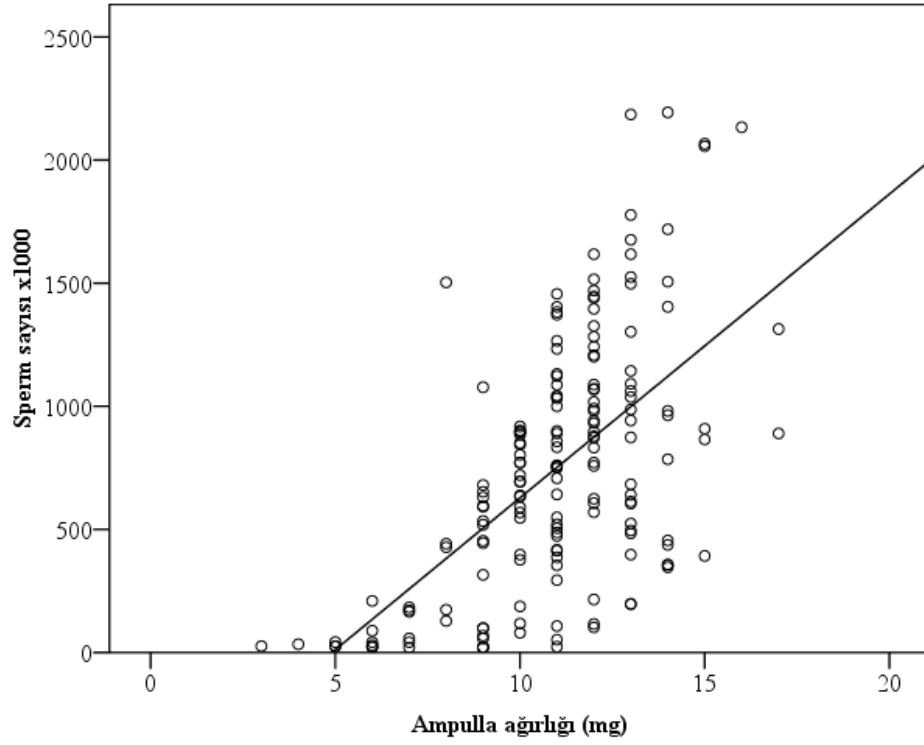
Şekil 4.9. Erkek vücut ağırlığı ile spermatofor ağırlığı arasında bulunan ilişki ($r^2=0.289$, $p<0.01$, Regresyon)



Şekil 4.10. Erkek vücut ağırlığı ile spermatoflaks ağırlığı arasında bulunan ilişki ($r^2=0.30$, $p<0.01$, Regresyon)



Şekil 4.11. Spermatoflaks ağırlığı ile ampulla ağırlığı arasında bulunan ilişki ($r^2=0.353$, $p<0.01$, Regresyon)



Şekil 4.12. Ampulla ağırlığı ile sperm sayısı arasında bulunan ilişki
($r^2=0.343$, $p<0.01$, Regresyon)

Yaptığımız çalışmada spermatofor, spermatoflaks ve ampulla ağırlıkları ile erkek ağırlığı arasında pozitif bir ilişki bulunmuştur. Bu durum erkek ağırlığı ve sperm sayısı arasında belirlenememiştir. Daha büyük erkek daha büyük spermatofor, spermatoflaks ve ampulla meydana getirirken sperm sayısını etkilememektedir. Benzer ilişki birçok çalıçekirgeside de görölmektedir. Birçok *Poecilimon* cinsine ait türde erkek ağırlığı ile spermatofor içeriği önemli derecede ilişkilidir (McCartney et al., 2008). *Ephippiger ephippiger*'de de büyük erkekler daha büyük spermatofor, spermatoflaks ve ampulla meydana getirmektedir (Wedell ve Ritchie, 2004). Aynı durum *Poecilimon zimmeri*'de de bildirilmiştir (Lehmann ve Lehmann, 2009). *Poecilimon v. minor* ve *Poecilimon v. veluchianus*'da da erkek vücut büyüklüğü ile spermatofor ağırlığı arasında pozitif bir ilişki belirtilmiştir (Heller ve Reinhold, 1994). *Acheta domesticus*'ta büyük erkek daha büyük ampulla ve daha fazla sayıda sperm transfer ederken, *Grylloides supplicans*'ta ise böyle bir ilişki gözlenmemiştir. *Grylloides supplicans*'ta erkek ağırlığı ve spermatoflaks arasında önemli bir ilişki tespit edilememiştir (Gage ve Barnard, 1996). *Decticus verrucivorus*'da da erkek

ağırlığı ile spermatofor içeriği (spermatoflaks ve ampulla) arasında pozitif bir ilişki tespit edilmiştir (Wedell ve Arak, 1989).

Erkeğin ağırlığı sahip olduğu gen yapısı ve bulunduğu çevreyle ilişkilidir. Besin açısından elverişli bir ortamda yaşayan erkeğin vücut kütlesi hem daha fazladır hem de kendisi için oldukça maliyetli olan spermatoforu üretmek için daha kısa bir süreye ihtiyacı vardır. Böyle bir ortamda yaşamak erkek için her zaman avantajlıdır. Erkeğin iyi beslenmesi vücut ağırlığının artmasına paralel olarak spermatofor ve içeriğinin de artmasına neden olmaktadır (Lehmann ve Lehmann, 2009). Artan spermatofor kütlesi dişinin bir sonraki çiftleşmeye geçme süresini uzatarak erkek için olası sperm rekabet riskini azaltmaktadır. Ayrıca yeme süresi uzadıkça ampulla içerisinden dişinin spermatekasına daha fazla sayıda sperm transfer edilmektedir (McCartney et. al., 2008). Böylelikle erkek çok daha fazla yumurtayı döllemeyi garanti altına almış olmaktadır.

Yaptığımız bu çalışmada spermatoflaks ağırlığı ile ampulla ağırlığı arasında pozitif bir ilişki belirledik. Artan spermatoflaks ağırlığına paralel olarak ampulla ağırlığında da artış meydana gelmektedir. 43 tane Avrupa çalıçekirgesi türlerinde yapılan çalışmada da spermatoflaks ağırlığı ile ampulla ağırlığı arasında pozitif bir ilişki tespit edilmiştir (Vahed ve Gilbert, 1996). Benzer olarak Avusturya çalıçekirgelerine ait 19 cinste de aynı ilişki bulunmuştur (Wedell, 1993a, 1994b).

5. SONUÇLAR ve ÖNERİLER

Birçok böcek türünde erkek çiftleşme öncesinde, sonrasında veya çiftleşme sırasında dişiye yenilebilir bir hediye sunmaktadır. Bu hediye bazen bir av olabileceği gibi bazen de erkeğin kendisi de olabilmektedir. Bununla beraber çoğu türde bu hediye erkeğin kendi vücudundan salgıladığı bir madde de olabilmektedir. Örneğin, tükürük ve ürik asit gibi artık maddeler veya erkeğin çiftleşme sırasında dişiye aktarmak için özel olarak meydana getirdiği spermatozor. Spermatozor çiftleşme sırasında erkekten dişiye transfer edilir ve hemen çiftleşme sonrasında dişi tarafından yenilmektedir. Bu sırada ampulla içerisinde bulunan spermler dişiye transfer edilmektedir.

Erkeklerin neden spermatozor yatırımı yaptığına dair iki farklı hipotez bulunmaktadır. Bunlardan birincisi; sperm transferini korumaya yönelik bir hipotez olduğu (ejaculate protection, Wedel, 1993; McCartney ve arkadaşları, 2008; Vahed,1998; Reinhold, 1999;), ikincisi ise erkeğin ebeveyn yatırımı hipotezidir (paternal investment, Wedell ve Arak, 1989; Gwynne 1988; Gwynne, 2008; Simmons ve arkadaşları, 1999).

Birçok böcek türünde dişiler birden fazla erkekle çiftleşmektedir. Bu durum dişinin spermetakasında aynı anda birden fazla erkeğe ait spermin olmasına yol açmaktadır. Buda erkek için sperm rekabet riskini doğurmaktadır ve her zaman en son çiftleşen erkek yumurtayı dölleme konusunda daha şanslıdır. Erkek bu durumu ortadan kaldırmak için birçok strateji geliştirmiştir. Artan spermatozor ve ampulla miktarı bunun bir göstergesidir. Daha büyük spermatozor dişi için daha uzun bir yeme zamanı sağlar ve böylelikle dişinin sonraki çiftleşmeye geçiş süresini uzatır. Ayrıca daha uzun bir sürede ampullaya ulaşmasını sağlayarak daha fazla sayıda spermin dişiye transferini sağlar. Böylelikle sperm transferi güvence altına alınmış olur.

Spermatofor yatırımının birçok türde dişinin yumurta verimliliğini, yumurta ağırlığını ve döllenme sonrasında larvanın hayatta kalma şansını artırdığı ileri sürülmüştür (Wedell ve Arak, 1989; Gwynne 1988; Gwynne, 2008; Simmons ve arkadaşları, 1999; Reinhold, 1999). Dişinin spermatoforu direk besin olarak görmemesi ve yumurta sayısı ve verimliliğinde spermatoflaks büyüklüğünün direk bir etkisi olmaması, spermatoflaks ağırlığı ile ampulla arasındaki pozitif ilişki spermatofor yatırımının birincil fonksiyonunun sperm transferini korumaya yönelik olduğunu göstermektedir (McCartney et. al., 2008).

5.1. Sonuçlar

Yaptığımız bu çalışmada erkek ağırlığı ile spermatofor içeriği (spermatoflaks ve ampulla) arasında pozitif bir ilişki tespit edilmiştir. Daha büyük erkekler daha fazla miktarlarda spermatofor ve içeriği meydana getirmektedir (McCartney et. al., 2008; Wedell ve Ritchie, 2004; Lehmann ve Lehmann, 2009). Fakat erkek vücut ağırlığı ile sperm sayısı arasında bir ilişki bulunamamıştır.

Bu çalışmada çiftleşme sayısı ve erkeğin yaşının spermatofor büyüklüğünü etkilediğini, ilk çiftleşmelerde yaşa bağlı olarak spermatofor, spermatoflaks ve ampulla ağırlıklarının ve sperm sayısının çok az olduğu, çiftleşme sayısı ve yaşın artmasıyla bu değerlerin arttığı ve son olarak yaşa bağlı olarak tekrardan azaldığı belirlenmiştir. Spermatofor, spermatoflaks ağırlıkları dördüncü çiftleşmeden sonra azalmaya başlarken ampulla ağırlığı ve sperm sayısının beşinci çiftleşmeden sonra azalmaya başladığı bulunmuştur. Buda erkeğin yaşa bağlı olarak, spermatoflaks yapımında kısıtlamaya giderek mevcut olan sınırlı kaynağının büyük bir kısmını sperm meydana getirmek için kullandığını göstermektedir.

Bu çalışmada spermatoflaks ve ampulla ağırlıkları arasında pozitif bir ilişki belirlenmiştir. Artan spermatoflaks kütlesine paralel olarak ampulla kütlesi de artmıştır. Bu pozitif ilişki benzer çalışmalarda olduğu gibi spermatoforun sperm transferini korumaya yönelik bir fonksiyonu olduğu hipotezini desteklemektedir (Reinhold ve Heller, 1993; Wedell, 1993a, 1994b; Heller ve Reinhold, 1994; Vahed ve Gilbert, 1996; McCartney et. al., 2008).

5.2. Öneriler

Ülkemizde yayılış gösteren çalıçekirgeleri türlerine ilişkin bu tür davranışsal mekanizmaları konu alan, spermatofor yatırımlarının nasıl olduğunu araştıran bir çalışma yoktur. Bu tür çalışmalar yaygınlaştırarak erkeklerin hayatta kalabilmek ve nesillerini devam ettirebilmek için nasıl stratejiler geliştirdikleri hakkında bilgi sahibi olunabilir. Ayrıca benzer bir çalışma yapılarak dışının çiftleşme davranışındaki rolü de belirlenebilir. Aynı zamanda yakın tür grupları ve cinsler arasında karşılaştırmalı çalışmalar yapılarak davranışsal benzerlikler ve farklılıklar ortaya konulabilir.

6. KAYNAKLAR

- ALCOCK, J. 1981a. Notes on the reproductive behaviour of some Australian thynnine wasps (Hymenoptera: Tiphidae). *Journal of the Kansas Entomological Society* 54, 681-693.
- ALCOCK, J. 1981b. Seduction on the wing. *Natural History* 90, 36-41.
- ALCOCK, J. and GWYNNE, D.T. 1987. Courtship feeding and mate choice in Thynnine wasps (Hymenoptera: Tiphidae). *Australian Journal of Zoology* 35, 451-458.
- ALEXANDER, R. D. and OTTE, D. 1967a. Cannibalism during copulation in the brown bush cricket, *Hapithus agitator* (Gryllidae). *Florida Entomologist* 50, 79-87.
- AUSTAD, S. N. and THORNHILL, R. 1986. Female reproductive variation in a nuptial-feeding spider, *Pisaura mirabilis*. *Bulletin of the British Arachnological Society* 7, 48-52.
- BAKER, R. R., and BELLIS, M. A. 1993. Human sperm competition: ejaculate manipulation by females and the function of the female orgasm. *Animal Behaviour*, 46, 887-909.
- BERG, C. O. and VALLEY, K. 1985. Nuptial feeding in *sepedon spp.* (Diptera: Sciomyzidae). *Proceedings of the Entomological Society of Washington* 87, 622-633.
- BISSOONDATH, C. J., and WIKLUND, C. 1997. Effect of male body size on sperm prece dence in the polyandrous butterfly *Pieris napi* L. (Lepidoptera: Pieridae). *Behavioral Ecology* 8, 518-523.
- BOGGS, C. L. 1995. Male nuptial gifts: phenotypic consequences and evolutionary implications. In *Insects Reproduction* (eds S. R. Leather and J. Hardie), 215-242
- BOLDYREV, B. T. 1915. Contributions à létude de la structure des spermatophores et des particuliérés de la copulation chez Locustodea et Gryllodea. *Horae Society of Entomological Rossicae* 41, 1-245.

- BURR, M., CAMPBELL, B. P. and UVAROV, B. P. 1923. A contribution to our knowledge of the orthoptera of macedonia. Transactions of the Entomological Society of London 110-169.
- BYERS, G. W. and THORNHILL, R. 1983. Biology of the Mecoptera. Annual Review of Entomology 28, 203-228.
- CARAYON, J. 1964. Un cas d'offrande nuptiale chez les Heteropteres. Comptes Rendus Hebdomadaires des Seances de l'Academie des Sciences, Paris 259, 4815-4818.
- COCHRAN, D.G. 1985. Nitrogen excretion in cockroaches. Annual Review of Entomology 30, 29-49.
- COOK, P. A., and GAGE, M. J. G. 1995, Effects of risks of sperm competition on the numbers of eupyrene and apyrene sperm ejaculated by the male moth *Plodia interpunctella* (Lepidoptera: Pyralidae). Behavioral Ecology Sociobiology 36, 261-268.
- COOK, P. A. and WEDELL, N. 1996. Ejaculate dynamics in butterflies: A strategy for maximizing fertilization success? Proceedings of the Royal Society of London, B 263, 1047-1051.
- CUMMING, J. M. 1994. Sexual selection and the evolution of dance fly mating systems (Diptera: Empididae; Empidinae). Canadian Entomologist 126, 907-920.
- DEWSBURY, D. A. 1982. Ejaculate cost and male choice. American Naturalist 119, 601-610.
- DOWNES, J. A. 1978. Feeding and mating in the insectivorous Ceratopogoninae (Diptera). Memoirs of the Entomological Society of Canada 104.
- ELGAR, M. A. 1992. Sexual cannibalism in spiders and other invertebrates. In Cannibalism. Ecology and Evolution Amongst Diverse Taxa 128-155.
- EISHER, T., SMEDLEY, S. R., YOUNG, D.K., EISHER, M., ROACH, B. and MEINWALD, J. 1996a. Chemical basis of courtship in a beetle (*Neopyrochroa flabellata*): cantharidin as precopulatory 'enticing' agency. Proceedings of the National Academy of Sciences, U.S.A. 93, 6494-6498.
- ENGELMANN, F. 1970. The Physiology of Insect Reproduction. Pergamon Press, Oxford.

- ENGQVIST, L. and SAUER, K. P. 2000. Strategic male mating effort and cryptic male choice in a scorpionfly. *The Royal Society* 268, 729-735.
- ENGQVIST, L. and SAUER, K. P. 2002. A life-history perspective on strategic mating effort in male scorpionflies. *Behavioral Ecology* Volume 13 No. 5, 632-636.
- ENGQVIST, L. and REINHOLD, K. 2006. Theoretical influence of female mating status and remating propensity on male sperm allocation patterns. *Journal of Evolutionary Biology* 19, 1448-1458.
- FABRE, J. H. 1910. *Souvenirs Entomologiques*, volume 10. DeLagrave, Paris.
- FIELD, L. H. and SANDLANT, G. 1983. Aggression and mating behaviour in the Stenopelmatidae (Orthoptera: Ensifera) with reference to New Zealand Wetas 120-146.
- FRIEDBERG, A. 1982. Courtship and post-mating behaviour of the fleabane gall fly, *Spathulina Tristis* (Diptera: Tephritidae). *Entomologia Generalis* 7, 273-285.
- GAGE, M. J. G. 1991. Risk of sperm competition directly affects ejaculate size in the Mediterranean fruit fly. *Animal Behaviour* 42, 1036-1037.
- GAGE, M. J. G. 1998. Influences of sex, size, and symmetry on ejaculate expenditure in a moth. *Behavioral Ecology* 9, 592-597
- GAGE, M. J. G., and BAKER, R. R. 1991. Ejaculate size varies with socio-sexual situation in an insect. *Ecological Entomology* 16, 331-337
- GAGE, A. R., and BARNARD, C, J. 1996. Male crickets increase sperm number in relation to competition and female size. *Behavioral Ecology and Sociobiology* 38, 349-353.
- GIVEN, B. 1954. Evolutionary trends in the Thynninae (Hymenoptera: Tiphiidae) with special reference to feeding habits of Australian species. *Transactions of the Royal Entomological Society of London* 105, 1-10.
- GWYNNE, D. T. 1981. Sexual difference theory: Mormon crickets show role reversal in mate choice. *Science*, 213, 779-780.
- GWYNNE, D.T. 1983a. Male nutritional investment and the evolution of sexual differences in the Tettigoniidae and other Orthoptera. In *Orthopteran*

- Mating Systems: Sexual Competition in Diverse Group of Insects (eds D.T. Gwynne and G. K. Morris), 337-366.
- GWYNNE, D. T. 1985. Role-reversal in katydids-habitat influences reproductive behaviour (Orthoptera, Tettigoniidae, *Metaballus* sp.). Behavioral Ecology and Sociobiology 16, 355-361.
- GWYNNE, D.T. 1988. Courtship feeding and the fitness of female katydids (Orthoptera: Tettigoniidae). Evolution 42(3), 545-555.
- GWYNNE, D.T. 1997. The evolution of edible 'sperm sacs' and other forms of courtship feeding in crickets, katydids and their kin (Orthoptera: Ensifera) In The Evolution of Mating Systems in Insects and Arachnids (eds J. Chose and B. Crespi), 110-129.
- GWYNNE, D. T. 2001. Katydids and Bushcrickets: Reproductive Behaviour and Evolution of the Tettigoniidae. Cornell University Press, Ithaca.
- GWYNNE, D. T. 2008. Sexual conflict over nuptial gifts in insects. Annual Review Entomology 53, 83-101.
- HELLER, K. G. and VON HELVERSEN, O. 1990. Survival of a phaneropterid bushcricket studied by a new marking technique (Orthoptera: Phaneropteridae). Entomologia Generalis 15, 203-208.
- HELLER, K. G. and 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, 153-163.
- HELLER, K. G., FALTIN, S., FLEISCHMANN, P. and HELVERSEN, O. v. 1998. The chemical composition of the spermatophore in some species of phaneropterid bushcrickets (Orthoptera: Tettigonioidae). Journal of Insect Physiology 44, 1001-1008.
- HELLER, K. G., FALTIN, S., FLEISCHMANN, P. and HELVERSEN, O. v. 1999. The chemical composition of the spermatophore in some species of phaneropterid katydids (Orthoptera: Tettigonioidae). Journal of Insect Physiology 44, 1001-1008.
- HELLER, K. G., WILLEMSE, F. and SEVGİLİ, 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, 221-230.
- HURD, L. E., EISENBERG, R. M., FAGAN, W. F., TILMON, K. J., SNYDER, W. E., VANDERSALL, K. S., DATZ, S. G. and WELCH, D. 1994. Cannibalism reverses male-biased sex ratio in adult mantids: female strategy against food limitation? *Oikos* 69, 193-198.
- IWASAKI, Y. 1996. Hunting and mating behaviour in the Japanese hangingfly *Bittacus mastrilli* (Mecoptera: Bittacidae). *Annals of the Entomological Society of America* 89, 869-874.
- JOHNS, P. M., MAXWELL, M.R. 1997. Sexual cannibalism: who benefit? *Trends in Ecology and Evolution* 12, 127-128.
- KAITALA, A., and C. WIKLUND. 1994. Polyandrous female butterflies forage for matings. *Behavioral Ecology and Sociobiology* 35, 385-388
- KESSEL, E. L. 1955. The mating activities of balloon flies. *Systematic Zoology* 4, 97-104.
- LANG, A. 1996. Silk investment in gifts by males of the nuptial feeding spider *Pisaura mirabilis* (Araneae, Pisauridae). *Behaviour* 133, 697-716.
- LEHMANN, G. U. C., and LEHMANN, A. W. 2000. Spermatophore characteristics in bushcrickets vary with parasitism and remating interval. *Behavioral Ecology and Sociobiology* 47, 393-399.
- LEHMANN, G. U. C. and LEHMANN, A. W. 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.
- LAVRENCE, S. E. 1992. Sexual cannibalism in the praying mantid, *Mantis religiosa*: a field study. *Animal Behaviour* 43, 569-583.
- MATTHES, D. 1962. Excitoren and Paarungsverhalten mitteleuropaischer Malachiiden (Coleoptera, Malacodermata). *Zeitschrift für Morphologie und Ökologie der Tiere* 51, 375-546.
- MCALPINE, K. D. 1973. Observations on sexual behaviour in some Australian Platystomatidae (Diptera, Schizophora). *Records of the Australian Museum* 29, 1-10.

- MCCARTNEY, J., POTTER, M. A., ROBERTSON, A. W., TELSCHER, K., LEHMANN, G., LEHMANN, A., VON HELVERSEN, D., REINHOLD, K., ACHMANN, R. and HELLER, K. G. 2008. Understanding nuptial gift size in bush-crickets: an analysis of the genus *Poecilimon* (Tettigoniidae: Orthoptera). *Journal of Orthopaedic Research* 17, 231-242.
- MOOK, L. J. and DAVIES, D. M. 1966. The European praying mantis (*Mantis religiosa* L) as a predator of the red-legged grasshopper (*Melanoplus femurrubrum* DeGeer). *Canadian Entomologist* 98, 913-918.
- MULLINS, D. E. and KEIL, C. B. 1980. Paternal investment of urates in cockroaches. *Nature* 283, 567-569.
- MULLINS, D. E., KEIL, C. B. and WHITE, R. H. 1992. Maternal and paternal nitrogen investment in *Blatella germanica* (L) (Dictyoptera; Blattellidae). *Journal of Experimental Biology* 162, 55-72.
- OBERHAUSER, K. S. 1989. Effects of spermatophores on male and female reproductive success. *Behavioral Ecology and Sociobiology* 25: 237-246.
- KAYA, Ö. F. ve ERTEKİN, A. S. 2009. Flora oft the area at the Tektek dağları, Ot Sistemik Botanik Dergisi 16, 2,79-96.
- PARKER, G. A. 1990. Sperm competition games-affles and roles. *Proceedings of the Royal Society of London, B* 242, 120-126.
- PARKER, G. A., BALL., M. A., STOCKLEY, P. AND GAGE, M.J.G. 1997. Sperm competition games: a prospective analysis of risk assesment. *Proceedings of the Royal Society of London, B* 264, 1793-1802.
- PIERSOL, W. H. 1907. The curious mating habits of the fly *Rivellia boscii*. *American Naturalist* 41, 465.
- PRESTON-MAFHAM, R. and PRESTON-MAFHAM, K. 1993. *The Encyclopaedia of Land Invertebrate Behaviour*. Blamford, London.
- PRETE, F. R. and WOLFE, M. M. 1992. Religious supplicant, seductive cannibal, or reflex machine? In search of the praying mantis. *Journal of the History of Biology* 25, 91-136.
- REINHOLD, K. 1999. Paternal investment in *Poecilimon veluchiaus* bushccrickets: beneficial effects of nuptial feeding on offspring viability. *Behavioral Ecology and Sociobiology* 45, 293-299.

- REINHOLD, K. and HELLER K. G. 1993. The ultimate function of nuptial feeding in the bushcricket *Poecilimon veluchianus* (Orthoptera: Tettigoniidae: Phaneropterinae). Behavioral Ecology and Sociobiology 32, 55-60.
- ROTH, L. M. 1967. Uricose glands in the accessory sex gland complex of male Blatteria. Annals of the Entomological society of America 60, 1203-1211.
- ROTH, L. M. and DATEO, G. B. JR 1964. Uric acid in the reproductive system of the cockroach *Blattella germanica*. Science 146, 782-784.
- QUINN, J. S. and SAKALUK, S. K. 1986. Pre-zygotik male reproductive effort in insects: why do males provide more than sperm? Florida Entomologist 69, 84-94.
- SCHAL, G. A. and BELL, W. J. 1982. Ecological correlates of paternal investment of urates in a tropical cockroach. Science 218, 170-172.
- SCHUTZ, C. and DETTNER, K. 1992. Cantharidin secretion by elytral notches of male anthicid species (Coleoptera: Anthicidae). Zeitschrift für Naturforschung 47, 290-299.
- SEVGİLİ, H. and REINHOLD, K. 2007. No evidence for strategic male mating effort in response to female weight in a bushcricket. Behaviour, 144, 1179-1192.
- SIMMONS, L. W. and PARKER, G. A. 1989. Nuptial feeding in insects: mating effort versus paternal investment. Ethology 81, 332-343.
- SIMMONS, L. W. and BAILEY, W. J. 1990. Resource influenced sex roles of zaprochiline tettigoniids (Orthoptera: Tettigoniidae). Evolution 44 (7), 1853-1868.
- SIMMONS, L. W., LLORENS, T., SCHINZIG, M., HOSKEN, D. and CRAIG, M. 1994. Sperm competition selects for mate choice and protandry in the bushcricket *Requena verticalis* (Orthoptera: Tettigoniidae). Animal Behaviour, 47, 117-122.
- SIMMONS, L. W., BEESLEY, L., LINDHJEM, P., NEWBOUND, D., NORRIS, J. and WAYNE, A. 1999. Nuptial feeding by male bushcrickets: an indicator of male quality? Behavioral Ecology Volume 10 No. 3, 263-269.

- SOLENSKY, M. J. and OBERHAUSER, K. S. 2009. Male monarch butterflies, *Danaus plexippus*, adjust ejaculates in response to intensity of sperm competition. *Animal. Behavioral* 77, 465-472.
- THORNHILL, R. 1976a. Sexual selection and paternal investment in insects. *American Naturalist* 110, 153-163.
- THORNHILL, R. 1977. The comparative predatory and sexual behaviour of hangingflies (Mecoptera: Bittacidae). *Occasional Papers of the Museum of Zoology, University of Michigan* 677, 1-43.
- THORNHILL, R. and ALCOCK, J. 1983. *The Evolution of Insect Mating Systems*. Harvard University Press, Cambridge, Ma.
- VAHED, K. 1997. Copulation and spermatophores in the Ehippigerinae (Orthoptera: Tettigoniidae): prolonged copulation is associated with a smaller nuptial gift in *Uromenus rugosicollis* Serv. *Journal of Orthoptera Research*.
- VAHED, K. and GILBERT, F. S. 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 of London, B* 263, 1257-1265.
- VAHED, K. 1998. The function of nuptial feeding in insects: a review of empirical studies. *Biology Reviews* 73, 43-78.
- VOIGT, C. C., MICHENER, R., KUNZ, T. H. 2005. The energetics of trading nuptial gifts for copulations in katydids. *Physiological and Biochemical Zoology* 78 (3), 417-423
- WALKER, T. J. 1978. Post-copulatory behavior of the two-spotted tree cricket, *Neoxabea bipunctata*. *Florida Entomologist* 61, 39-40.
- WATANABE, M., WIKLUND, C. and BON'NO, M. 1998. The effect of repeated matings on sperm numbers in successive ejaculates of the cabbage white butterfly *Pieris rapae* (Lepidoptera: Pieridae). *Journal of Insect Behaviour* 11, 559-569.
- WEDELL, N. 1992. Protandry and mate assessment in the warbiter *Decticus verrucivorus* (Orthoptera: Tettigoniidae). *Behavioral Ecology and Sociobiology* 31, 301-308

- WEDWILL, N. 1993a. Spermatophore size in bushcrickets: comparative evidence for nuptial gifts as a sperm protection device. *Evolution* 47, 1203-1212.
- WEDELL, N. 1994b. Dual function of the bushcricket spermatophore. *Proceedings of the Royal Society of London B* 258, 181-185.
- WEDELL, N. 1994. Dual function of the bushcricket spermatophore. *Proceedings of the Royal Society of London B* 258, 181-185.
- WEDELL, N. 1998. Sperm protection and mate assessment in the bushcricket *Coptaspis* sp. 2. *Animal Behaviour* 56, 357-363.
- WEDELL, N. and ARAK, A. 1989. The warbiter spermatophore and its effect on female reproductive output (Orthoptera: Tettigoniidae, *Decticus verrucivorus*). *Behavioral Ecology and Sociobiology* 24, 117-125.
- WEDELL, N., and COOK, P. A. 1999a. Butterflies tailor their ejaculate in response to sperm competition risk and intensity. *Proceedings of the Royal Society of London B* 266, 1033-1039.
- WEDELL, N., and COOK, P. A. 1999b. Strategic sperm allocation in the small white butterfly, *Pieris rapae* (Lepidoptera: Pieridae). *Function Ecology* 13, 85-93.
- WEDELL, N. and RITCHIE, M. G. 2004. Male age, mating status and nuptial gift quality in a bushcricket. *Animal Behaviour* 67, 1059-1065.
- ZEH, D. W. and SMITH, R.L. 1985. Paternal investment by terrestrial arthropods. *American Zoologist* 25, 785-805.

ÖZGEÇMİŞ

1983 yılında Siirt'te doğdu. İlk, orta öğrenimini Antalya'da, lise öğrenimini İstanbul'da tamamladı. Harran Üniversitesi Fen/Edebiyat Fakültesi Biyoloji Bölümünde 2004 yılında başladığı lisans eğitimini 2008 yılında tamamladı. Aynı yıl Fen Bilimleri Enstitüsü Biyoloji Anabilim Dalında yüksek lisans eğitimine başladı.

ÖZET

Bu çalışmada *Isophya sikorai*'nin eşleşme davranışının bazı parametreleri çalışılmıştır. Yapılan 6 çiftleşme boyunca spermatofor, spermatoflaks, ampulla, erkek ve dişi ağırlıklarının çiftleşmeler arasında nasıl şekillendiği, erkek ağırlığı ile spermatoflaks, ampulla ve sperm sayısı arasındaki ilişkilere bakılarak spermatofor yatırımının hangi hipotezi desteklediğini göstermek tezin amacını oluşturmaktadır.

Çalışmada model organizma olarak *I. sikorai* kullanılmıştır. Erkek ve dişi bireyler ayrı kafeslere konularak ayrı numaralar verilmiştir. Kafes üzerine yaşlarının tespit edilebilmesi için ergin oldukları tarih not edilmiştir. Erkeklerin ses çıkarmaları baz alınarak ergin olduktan beş gün sonra çiftleştirilmeye başlanmıştır. Çiftleşme öncesinde rastgele seçilen erkek ve dişi hassas terazide tartılıp ağırlıkları not edilmiştir. Tartılan erkek ve dişi aynı kavanoza konulup çiftleşmeleri için bir saat süre tutulmuştur. Çiftleşme sona erince öncelikle dişi alınıp spermatoforuyla tartılmıştır, daha sonra spermatofor dişiden ince bir pens yardımıyla alınıp tartılmıştır. Tartılan spermatofordan ampulla ve spermatoflaks ayrılmış, ampulla ve spermatoflaks ayrı ayrı tartılmıştır. Erkek spermatofor kaybının ölçümü için yeniden tartılmıştır. Ampullalar daha önceden hazırlanan cam kap içerisinde pens yardımıyla dikkatli bir şekilde kırılmıştır. Ampulla içeriği çiftleşme statüsüne göre 0,2; 0,3; 0,4 ve 0,5 ml su içerisine konulmuş ve enjektör yardımıyla en az 15 defa çekilip bırakılarak iyice homojenize edilmiştir. Daha sonra spermler ışık mikroskopunda X10'luk objektifte Neubauer lamında sayılmıştır. Neubauer lamında 1ml'lik hacimlerde 8 adet kare sayılmıştır. Her bireye ait sperm sayımı için en az beş kez sayım tekrarlanmıştır. Spermatoflakslar kuru ağırlıklarının tespit edilmesi için ependorf tüplere konulmuş ve daha sonra liyofilize cihazında kurutulmak üzere -18 derecede buzdolabında saklanmıştır.

Çiftleşen dişi ve erkek bireyler kafeslerine alınıp çiftleşme tarihleri not edilmiştir. Çiftleşme tarihlerinden üç gün sonra erkekler aynı dişilerle olmayacak şekilde tekrardan çiftleştirilmişlerdir. Denemeler 29 erkeğin sağlıklı bir şekilde 6 çiftleşme yapmasına kadar aynı şekilde yürütülmüştür.

Çiftleştirmeler bittikten sonra tüpler dolaptan çıkartılıp oda sıcaklığına gelinceye kadar bekletilmiştir. Daha sonra tüpler erlenler içinde liyofilize cihazına

konulup kurutulmuşlardır. Kurutulan spermatoflakslar hassas terazide tartılmışlardır. Tüm veriler istatistiksel olarak analiz edilmiştir.

Erkek ağırlığının spermatofor ağırlığına etkisi olduğu belirlenmiştir. Ağırlığı fazla olan erkeklerin spermatoforlarının daha ağır olduğu görülmüştür. Spermatofor, spermatoflaks ve ampulla ağırlıkları ve sperm sayısının çiftleşme sayısı ve zamanla arttığı tespit edilmiştir. Spermatoflaks ve ampulla arasında pozitif bir ilişki tespit edilmiştir. Bu pozitif ilişki spermatofor yapımının sperm transferini korumaya yönelik bir fonksiyon olduğunu hipotezini desteklemektedir.

SUMMARY

In this study, some mating behaviour parameters of *Isophya sikorai* have been studied. During 6 matings, proving spermatophore's investment support which thesis by observing weight figures of spermatophore, spermatophylax, ampulla, male and female and by looking relations between male weight and quantity of spermatophylax, ampulla and sperm composes the aim of the thesis.

In the study, *I. sikorai* has been used as model organism. Male and female individuals have been labeled with numbers and placed into different cages. On the cage, dates of one's becoming adult has been noted in order to determination of their ages. By taking sounding of males as basis of becoming adult, it has started to make mating after 5 days from becoming adult. Before mating, male and female has been weighed on sensitive scale and their weights marked down. Weighed male and female has put into the same jar and has timed one hour. Once mating finished, first female has weighed with her spermatophore and then its spermatophore has weighed by taking it out by means of a pliers. Ampulla and spermatophylax have been removed from the weighed and they also have weighed one by one. For measuring of loss of spermatophore, male has weighed again. Ampullas have been broken carefully with a pliers in a glass holder prepared before. Ampulla content has settled into 0,2; 0,3; 0,4; 0,5 ml water according to mating status and it finely homogenized by dropping in and out at least 15 times. Later, sperms have counted under X10 objective Neubauer slide of light microscope's. it has counted 8 pieces square in 1 ml volumes of Neubauer slide. Counting of sperm has repeated at least five times for each individual. For determination of their dry weight, spermatophylaxes have put into open-door tubes and they have kept into fridge at -18 degree centigrade for the purpose of drying them later at lyophilized device.

By taking those female and male individuals into their cages and mating datum has marked down. After 3 days of their mating, in such a way that males not mating with same females, they (males) have been mated again. Trials have been executed in same way until 29 males doing 6 healthy mating.

After matings, tubes have been taken out from fridges and those have been kept waiting till coming normal room temperature. Then, tubes have been dried by

settling them into lyophilize device in Erlenmeyer. Dried spermatoflakses weighed at sensitive scales. All datas have analyzed statistically.

Effect of male weight towards spermatophore weight has been determined. It has been observed that spermatophores of males whose weights are more are heavier. It has been detected that, weights of spermatophores, spermatophylax and ampulla are increasing by quantity of mating and time duration. A positive relation between spermatophylax and ampulla has been determined. This positive relevance support the hypothesis of spermatophore`s formation being a sperm transfer protection oriented function (being for protection of sperm transfer).